

(科技部 GRB 編號)

PG10401-0532

建築物節能外牆之應用研究

受委託者：財團法人成大研究發展基金會

研究主持人：陳嘉懿

協同主持人：鄭泰昇

研究員：潘晨安、馬瑜嬪

研究助理：黃紹筑、陳思吟

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 104 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)

目次

目次.....	I
表次.....	IV
圖次.....	VII
摘要.....	XIII
ABSTRACT.....	XVII
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究內容與工作項目	4
第三節 預期成果.....	7
第二章 文獻回顧	9
第一節 節能外牆之相關用語定義	9
第二節 我國外牆節能相關法規及標章	16
第三節 國際外牆節能推動內容	22
第四節 外牆節能設計準則	26
第三章 案例分析	31
第一節 複合通風型外牆設計案例	31

第二節 全空調型外牆設計案例	44
第三節 主動式創新節能外牆設計案例	56
第四節 小結.....	66
第四章 專家訪談與座談	71
第一節 第一階段專家訪談	71
第二節 第一次專家座談會議	72
第三節 第二階段專家訪談	77
第四節 第二次專家座談會議	79
第五節 專家意見彙整	82
第五章 整合式節能外牆之應用實證	85
第一節 整合式節能外牆設計流程	85
第二節 外牆節能技術指南之研擬	86
第三節 應用指南模擬案例之實證流程	93
第四節 整合式節能外牆設計模型開發	100
第六章 結論與建議	109
第一節 計畫執行成果	109
第二節 結論.....	112
第三節 建議.....	114

附錄一之一	期初執行單位審查意見回覆表	115
附錄一之二	期中審查意見回覆表	117
附錄一之三	期末審查意見回覆表	119
附錄二	工作會議記錄	121
附錄三	我國外殼節能法規相關條文	133
附錄四	專家訪談會議紀錄	149
附錄五	外牆節能技術指南草案 (20151215)	181
參考書目	189

表次

表 2-1 建築物強化外殼部位熱性能節約能源設計技術規範之定義	10
表 2-2 建築外殼耗能量(EnvLoad)規範相關術語	11
表 2-3 國際能源署之外牆用語.....	13
表 2-4 國內相關節能法規整理.....	16
表 2-5 EEWB-BC 日常節能指標之得分配比	18
表 2-6 EEWB-BC 日常節能指標之計算公式	18
表 2-7 EEWB-BC 建築外殼耗能指標、基準與得分權重係數.....	18
表 2-8 EEWB-RS 日常節能指標之得分配比.....	19
表 2-9 EEWB-RS 日常節能指標之計算公式.....	19
表 2-10 2011 版智慧建築標章節能管理指標評估項目	21
表 2-11 主被動設計策略分析.....	23
表 2-12 國際常見之立面外牆系統計算之節能標準	24
表 2-13 外殼節能簡易查核表.....	26
表 3-1 複合通風型外牆設計案例	31
表 3-2 全空調型外牆設計案例.....	44
表 3-3 複合通風型案例設計特點歸納表	66
表 3-4 全空調型案例設計特點歸納表	67

表 3-5 主動式創新類型案例設計特點歸納表	68
表 3-6 節能外牆設計重點整理.....	69
表 4-1 第一階段專家訪談摘要表	71
表 4-2 第一次專家座談會議程.....	72
表 4-3 第一次專家座談會意見摘要表	73
表 4-4 第二階段專家訪談摘要表	77
表 5-1 外牆節能技術指南之架構	88
表 5-2 外牆節能技術指南篇幅安排示意表	88
表 5-3 立面節能策略與設計重點	89
表 5-4 2014 年台北氣候溫度.....	89
表 5-5 複合通風型與全空調型建築室內使用空調與照明之需求 標準	89
表 5-6 各種建築類型之平均熱傳率、開窗率、遮陽係數參考基 準	90
表 5-7 各種建築類型之外牆節能相關法規參考基準	91
表 5-8 適用計算公式.....	91
表 5-9 案例模擬操作 Envload 查表之相關數據	96
表 5-10 南向立面 Envload 關鍵計算值比較-1.....	96
表 5-11 南向立面 Envload 關鍵計算值比較-2.....	98

表 5-12 立面型式開發單元設計整理	103
表 5-13 (A)翻展式立面	104
表 5-14 (B1) 直立式可動遮陽板	104
表 5-15 (B2) 水平開合式可動遮陽板	104
表 5-16 (B3)(B4) 水平式可動遮陽板	104
表 5-17 (C) 漸變開口模組	104
表 5-18 動態立面的機構變動方案模擬	106
表 6-1 服務建議書之進度規劃	111

圖次

圖 1-1 外牆的節能角色.....	4
圖 1-2 本計畫之執行流程與進度	6
圖 2-1 整合式節能外牆組成之示意圖	9
圖 2-2 EEWB 日常節能指標中之主要評估項目	10
圖 2-3 IEA 的先進整合式外牆分類階層圖	15
圖 2-4 綠建築標章創新設計升級評估申請案例	20
圖 2-5 IEA ECBCS 出版之整合式節能外牆相關技術文件及探討 內容	22
圖 2-6 IEA ECBCS 所建議之整合式立面開發流程	23
圖 2-7 建築立面與建築全系統之關聯	26
圖 2-8 由岩棉隔熱材和陶粒輕隔間幕牆板所構成的外牆	29
圖 2-9 外牆外保溫系統構造組成	30
圖 3-1 Ellipse 360 住宅大樓	32
圖 3-2 陽台與內牆關係平面圖說	32
圖 3-3 帷幕牆節能概念剖面圖說	32
圖 3-4 萬華段集合住宅遮陽形式分析模擬	33
圖 3-5 餘山住宅大樓	34
圖 3-6 標準層平面圖	34

圖 3-7 外牆綠化現況照片	34
圖 3-8 新北市土城國民運動中心	35
圖 3-9 縱向剖面圖	35
圖 3-10 國立台灣科技大學台灣建築科技中心	36
圖 3-11 材料斷面構成	36
圖 3-12 外牆剖面圖	36
圖 3-13 南台科技大學能源工程館	37
圖 3-14 廊道側格柵之透視效果	37
圖 3-15 外牆剖面圖	37
圖 3-16 嘉義產業創新研發中心	38
圖 3-17 全區平面圖	38
圖 3-18 外牆剖面圖	38
圖 3-19 嘉義縣溪口鄉文化生活館	39
圖 3-20 材料斷面構成	39
圖 3-21 外牆剖面圖	39
圖 3-22 Erroor 住宅開發案及熱性能模擬	40
圖 3-23 兼顧遮陽、吸熱、視野及美觀效果之 Terracotta 陶管 百葉	41
圖 3-24 The Aqua Tower 透視圖與陽台局部透視圖	42

圖 3-25 SHADERADE 參數化遮陽設計手法	43
圖 3-26 AQUA TOWER 標準層平面圖	43
圖 3-27 具感知功能之智慧型建築外層	45
圖 3-28 中台灣創新園區鳥瞰圖	46
圖 3-29 中台灣創新園區造型遮陽細部	46
圖 3-30 台南縣政府立面更新.....	47
圖 3-31 宜蘭地政大樓整體造型	48
圖 3-32 牆體材料與構造隔熱設計	48
圖 3-33 台北華南銀行總部大樓	49
圖 3-34 西側空中花園剖面詳圖	49
圖 3-35 結構框架與帷幕細部剖面圖	49
圖 3-36 台積電中科十五廠.....	50
圖 3-37 外牆植生網.....	50
圖 3-38 外牆綠化現況照片.....	50
圖 3-39 EGWW Federal Building 透視圖與遮陽形式模擬.....	51
圖 3-40 EGWW Federal Building 外遮陽單元設計與實驗.....	52
圖 3-41 建築整體透視圖.....	53
圖 3-42 可開啟窗單元構件.....	53
圖 3-43 外部自動遮陽.....	53

圖 3-44 GSW Headquarters 整體透視	54
圖 3-45 GSW Headquarters 立面造型效果	54
圖 3-46 GSW Headquarters 細部構造圖	54
圖 3-47 GSW Headquarters 通風示意圖	54
圖 3-48 北歐五國大使館立面與細部	55
圖 3-49 阿布達比投資公司總部設計說明	57
圖 3-50 Helio Trace 可動立面之設計說明	59
圖 3-51 巴塞隆納自來水公司總部大樓 Torre Agbar 設計說明 ..	61
圖 3-52 ZVK Building 可調式立面之設計說明	63
圖 3-53 德國 Expo-Tower 動態太陽能立面 Wesertal 之設計說明	65
圖 3-54 外牆系統之分類架構.....	70
圖 4-1 第一次專家座談會活動照片 1	76
圖 4-2 第一次專家座談會活動照片 2	76
圖 4-3 第二次專家座談會活動照片 1	81
圖 4-4 第二次專家座談會活動照片 2	81
圖 4-5 第二次專家座談會活動照片 4	81
圖 4-6 專家訪談結論：外牆節能發展需求	83
圖 5-1 整合式節能外牆之設計流程	85
圖 5-2 外牆節能設計指南之架構內容	86

圖 5-3 外牆節能技術指南之排版設計	87
圖 5-4 節能外牆技術指南應用流程	93
圖 5-5 舊台南縣政府關鍵立面更新模型圖	95
圖 5-6 初步概念採光分析示意圖(Light Analysis)	95
圖 5-7 BC-WR01 開口率參數化設計模型之參數設定示意圖	97
圖 5-8 開口率資訊擷取示意圖.....	97
圖 5-9 既有方案與五種方案之 Envload 比較圖表	99
圖 5-10 既有方案和五種方案之 EEV 與 Baseline 比較圖表.....	99
圖 5-11 框架模型照片	100
圖 5-12 框架體的細部構造 3D 圖與模型照片	101
圖 5-13 框架體材料與界面構造 3D 圖.....	101
圖 5-14 可抽換立面端的界面構造 3D 圖與模型照片	102
圖 5-15 可抽換立面的組裝置換方法示意圖	102
圖 5-16 光感測器配置圖.....	102
圖 5-17 溫度感測器配置圖.....	102
圖 5-18 組合方案 1 透視與頂視圖	105
圖 5-19 組合方案 2 透視與頂視圖	105
圖 5-20 組合方案 3 透視與頂視圖	105
圖 5-21 立面測試平台流程規劃圖	107

圖 6-1 計畫執行成果說明圖.....110

摘要

關鍵詞：智慧綠建築、建築外牆設計、能耗分析

一、研究緣起

隨著氣候變遷，建築物永續設計的需求日益增加，都市建築朝向高層化發展；外牆所占建築外殼表面積比例與日俱增，較屋頂所占面積為大；若外牆熱性能未加以妥善考慮，相對的，外牆總傳透熱量亦會較屋頂總傳透熱量為大。根據熱傳導理論公式： $Q_w = U_w A_w \Delta t_{ew} = U_w A_w (t_{ew} - t_i)$ ，降低構造體、外牆熱傳透率 U 值、降低外牆表面相當溫度 t_{ew} 均是基本常用之節能對策手法。此外，雙層外牆立面亦成為近年來受到關注的設計主題，在熱性能方面，夏季時具有減少外牆收受直接日射熱，降低外牆表面相當溫度之隔熱功能，並具有溫差浮力通風散熱之效果，同時其構造可以提供作立面植生綠美化運用以降低建築外牆得熱，有助於建築節能；此外就都市景觀而言，雙層牆立面設計可增加開口、採光、綠化、遮陽等構件之組合彈性，帶來立面設計的豐富與多樣性，同時使構件設計朝向參數化、系統化與模組化。然而上列被動式節能手法，選擇性相當多元。如何運用已成熟的設計樣式，形成設計資料庫，兼顧外牆隔熱材料導入，及其相關細部構件發展，在設計前期階段，即導入建築節能設計決策最佳化分析，需要建立整體化的評估架構，再針對個案特性進行外牆節能策略之探討與模擬。

現階段，基於地球生態永續平衡的需求，以及全球所倡導的綠色新政與零能(正能)建築願景，建築物外殼設計除了透過被動手法產生節能效益之外，亦應積極尋求創能、蓄能之機會，因此環境感應式立面外層、太陽光電 BIPV、風力發電導入外牆設計等案例應運而生。上述類型均有待進行更深入的應用研究並取得技術顧問的協助，以太陽光發電在建築上應用為例，由於臺灣地區夏季水平面收受日射量較垂直立面為大；因此光電板安裝於遮陽裝置之發電效益，較安裝於垂直外牆立面時為佳，並能提供開口部之遮陽功能；此外，為能更切合季節、基地微氣候、太陽角度等因時因地制宜之狀態變化加以調適，並呼應臺灣在外遮陽創新單元開發方面的需求，環境感應式立面的開發趨勢亦有助於降低建築外殼日射得熱，兼具發電與遮陽功能。就建築外牆而言，如何整合複式帷幕、感應式立面、隔熱通風散熱之調控利用、太陽光發電遮陽、風力發電等主動式設計手法，成為新一代邁向智慧綠建築重要之創新設計選項。

基於上述需求，本計畫擬結合被動與主動節能之面向進行外牆節能策略之應用研究。

二、研究方法及內容

本計畫將先透過 Top-down 角度，歸納整理可運用之主被動設計手法，再以示範案例進行外牆節能設計整合應用方式之模擬與評估。研究內容如下：

1. 針對建築外殼，匯整及分析有關遮陽、隔熱、通風散熱之相關文獻。
2. 分析建築外殼遮陽、隔熱、通風理論及太陽光發電推估理論。
3. 收集分析國內外有關建築外殼節能與能資源利用之創新設計概念及案例資料。
4. 感應式智慧立面元件應用之開發：探討外遮陽模組導入智慧化(感測、運算、控制等)自主調適機制後，對立面設計所帶來的影響。
5. 分析太陽光發電遮陽裝置與複式帷幕外牆結合構造方式之設計與較佳化模式分析，探討其相關應用技術事項。
6. 運用電腦模擬軟體評估太陽光發電遮陽裝置與複式帷幕外牆結合之節能效益，包括:發電性能、遮陽性能、隔熱與通風散熱性能。

建立太陽光發電遮陽與複式帷幕外牆整合構造實驗案例單元模型，並進行效能綜合評估與量測方法之研究，研擬發電、隔熱、遮陽系統之整合節能效益實測方法。

三、重要發現

1. 節能設計應用工具的整合：根據我國綠建築 EEWB 評估系統，「建築日常節能」考量的面向主要包含「外殼節能」、「空調節能」、「照明節能」三大部分。而「外殼節能」又可包含「外牆節能」、「屋頂節能」兩大部分。本研究之範疇僅先聚焦於「外牆節能」，依座談會專家建議，應延伸到屋頂節能，未來並進一步就此體系架構，整合整體節能評估之需求，發展配合 BIM 模型之 GREEN BIM 模擬評估工具。因應未來的設計工具將逐步由 2D 圖說進入 3D 與 BIM 模型整合，節能計算中，許多牽涉空間與材料面積量測、數量估算、角度檢討等工作，均可透過程式化工具加以處理，以加快設計檢核流程。
2. 實測驗證相關技術、認證平台、獎勵機制的研擬：根據文獻研究及訪談結論，太陽光電遮陽與複式帷幕外牆等創新整合式外牆之模擬相當複雜，目前尚未有具公信力之軟體或實測方法，建議建研所未來可以整合外牆相關業者，研擬外牆單元之足尺離型檢驗平台或節能效果用後實測認證獎勵機制。累積本地相關數據整合於節能技術指南中，供業界作為設計之參考，俾便於作為與國內外其他評估認證系統接軌之依據，以方便一般設計及營造單位，能大量採用節能設計，助於整體低碳建築環境品質之提昇。

3. 節能外牆建材投資報酬率(ROI)之計算基準：根據專家訪談結論，整合式節能外牆之造價及 ROI 評估，節能效果佳又造價不高之設計並非不可能。但隨著太陽能及玻璃等建材之價格逐年降低、發電效率或隔熱性能等技術逐漸提昇，台電電價及躉購電價之波動等因素，節能建材或系統之相關計算基準亦逐年變動，建議政府相關單位或民間產業公會能有提供相關之調查數據作為之參考，提供設計者或發包採購單位作為設計決策之參考。
4. 節能外牆設計與使用流程：本研究初步歸納出設計階段外牆節能建議之設計流程(如圖 5-1)，若能經過實務單位透過設計實例操作，進行過程中相關模擬方法之驗證，同時延伸到使用階段，使用管理單位對於節能外牆使用之維護流程追蹤，未來形成標準作業程序，導入建築物整體設計使用之生命週期，應能在綠建築法規與標章查核、驗證工作上，能更有系統地執行並取得相關績效之數據。
5. 法令規範之調整：未來應持續透過國內外綠建築規範的比較分析，配合全球趨勢逐步調高節能基準，檢討我國外牆節能基準之未來發展藍圖及創新材料與工法對於節能之影響。法令上應定義整合式外牆(主動式遮陽、雙層牆...等)在應用上之相關評估規範。

四、主要建議事項

根據上節研究成果發現，本研究提出下列具體建議：

建議一

基於綠建築法令執行角度，賡續辦理節能外殼(含屋頂)單元設計之應用研究：
立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：臺灣建築學會

延伸本研究之成果，持續透過案例研究與法規適應性檢討，進行外殼單元創新材料或特色設計之細部模組化模擬，進而透過參數化分析方法，萃取細部數據，針對本地常用之外殼構材單元，進行熱性能比較分析，並將節能具體手法，整理成為技術指南或參考手冊，以提供各界觀摩引用，使節能外殼設計概念得以推廣。

建議二

發展對應本地綠建築法令之 BIM 節能設計應用工具：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：財團法人台灣建築中心

隨著中央地方營建主管單位與營建產業各界對於 BIM 工具的關注，結合節能分析檢討的 GREEN BIM 工具發展，已成為全球各地所重視的議題，然而現有

外來工具無法直接滿足本地綠建築法規檢討與智慧綠建築標章之需求，因此因應本地法令與評估系統，發展適合的對應工具已成為現階段重要的工作。

建議三

發展外牆構造單元節能效實測驗證平台與獎勵機制：中長期建議

主辦機關：經濟部能源局

協辦機關：中華民國全國建築師公會、工業技術研究院綠能與環境研究所

本研究中發現，太陽光電遮陽與複式帷幕外牆等創新整合式外牆之模擬相當複雜，目前尚未有具公信力之軟體或實測方法，建議整合外牆相關構材業者，籌組外牆單元之足尺雛型檢驗平台提供實測驗證服務，並由主管機關就節能實測認證結果研擬獎勵機制。藉此累積本地相關數據供業界作為設計參考，且透過明確認證數據與國內外評估認證系統接軌，有利國內產品、技術之輸出。

ABSTRACT

Keywords: Smart-Green Building, Building Facade Design, Energy Performance

I · Introduction

The impacts of climate change evoke the needs for building sustainable design and in the meanwhile, the increase of high-rise buildings in Taiwan's cities also greatly increase the proportion of façade areas in total building envelopes. Therefore, the heat performances of façades (or building walls) become more important than of roofs. Based on the heat transfer theory and equation, ie. $Q_w = U_w A_w \Delta t_{ew} = U_w A_w (t_{ew} - t_i)$, building envelop design strategies of lower building mass, lower U value and lower surface temperature (t_{ew}) are normally the basic approaches in green building design. Advanced building skins, including double skin façade, (DSF) have also become a popular design issue. Concerning the energy performance of DSF as exterior walls, it prevents direct solar heat in the summer and enhances the performance of wall in insulation, surface temperature control, stack ventilation, etc. Also, it provides available structures for possibly integrating with vegetation-bearing green walls for better energy effect. For various climate conditions, DSF provides various combinations of façade elements for opening, daylighting, planting, sun-shading, etc. and improves the aesthetic effect for urban landscape. Those elements also allow chances for building industry in developing versatile façade components in parametric, systematic and modularized design methods. The above categories reveal many passive green design options. However, how to achieve the optimized strategy in early design phase requires further studies in: mature façade design patterns, component libraries covering with related materials, and detail design. In this project, we propose to develop a holistic design and evaluation framework for energy efficient façade as a basis for demonstrating façade design and simulation.

Currently, under the needs of ecological sustainability, and the global thoughts of Green New Policies, zero-energy (or plus-energy) buildings, smart-green building design should not only conducted by passive approach for energy-saving, but also by active strategies in seeking more opportunities in energy production and energy storage. Therefore, many innovative technologies are integrated into the façade design, e.g., Responsive Façade (RF), kinetic façade, BIPV, wind turbine, etc. Each of the above technologies has to be studied independently and supported by professional consultants. For example, installing PV panels on the horizontal surface of sunshades is possibly a better design strategy than on the vertical façade surface, because summers in Taiwan,

insolation on the horizontal surfaces are much greater than on the vertical ones. For subtly adaptive to the context of locational and temporal situation, e.g. building site, season, microclimate, sun-angle, etc., Responsive Façade (RF) is also an innovative direction for buildings in Taiwan. RF integrates the functions of heat prevention, power generation and sun shading. For total solutions of building façade design, DSF, RF, PV shading, wind turbine, heat insulation and emission, and adaptive ventilation control are all new alternatives for smart-green buildings.

Based on the above concerns, this project focusd on the application of hybrid (i.e. passive and active together) green design strategies for achieving energy efficient building facades.

II. Research Topics

From the top-down approach, this project will firstly review passive and active façade design methods. And then from the bottom-up approach, this project will demonstrate the integrated design outcomes and corresponded energy performance evaluations of facade projects. The research contents include:

- Literature review: for building envelope design factors, including sun shading, heat reduction, and ventilated heat emission, etc.
- Theory background analysis: for building envelope related theories, including sun shading, heat reduction, ventilated heat emission, and photovoltaic power generation estimation, etc.
- Innovative design patterns and case studies: domestic and foreign examples of energy-efficient building envelope design and energy/resource recycle and reuse.
- Developing applications of RF components: by introducing self-adaptable intelligence (sense, processing, and control) into sun-shading components and evaluating the effects to building facades.
- Integrated façade detail study and optimization analysis in combining PV sunshade device and DSF, including related technical issues for building applications.
- Computational performance simulations: energy efficiency in integrating PV sunshade device into DSF, including performance of PV power generation, sun shading, heat reduction, ventilated heat emission.

- Test model for integrating PV sunshade device and DSF: total performance evaluation and assessment method survey, including PV power generation, sun shading, heat reduction, ventilated heat emission.

III. Conclusions

Based on ABRI's FY2015 main policy axis of "Innovative low-carbon green building environmental design technology and science development", the project has achieved conclusions on:

1. Overview and analysis of building envelope design factors, including sun shading, heat reduction, and ventilated heat emission, etc.
2. Integrated design guidelines for innovative façade design patterns and case studies, including design strategies for power generation.
3. Optimized detail design patterns and technical instructions for RF-PV-DSF integrated design based on the conclusion of empirical study from panel discussions and expert interviews.
4. Computer simulation for energy performance and components' interactive mechanism of the RF-PV-DSF integrated model, in order to establish a design and evaluation process for energy-efficient building envelopes.

Based on the above results, this project concluded with a real project demonstration for The City Hall Building of Tainan County. According to the research conclusions, the following directions are suggested for future development:

1. The Integration of Energy Modeling Design Tools;
2. Site Assessment Technology, Validation Platform and Incentive Mechanism for Façade Energy Performance;
3. Standards for the Estimation Analysis of ROI (Return of Investment) for Energy-Saving Façade Materials;
4. Design and Operation Process for Energy Saving Façade;
5. The Adjustment for Building Regulations.

IV. Major Suggestions

This project comes to the immediate and long-term strategies.

For immediate strategies:

1. Based on the local green building regulations, the research efforts for energy-saving envelope applications should be extended to the applications of roofing.

For long-term strategies:

1. Complying with the local green building regulations, BIM-based energy-saving design tools are suggested to be developed.
2. Site Assessment Technology, Validation Platform and Incentive Mechanism for improving the energy performance of façade construction modules are suggested to be developed.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

本計畫根據內政部建築研究所 104-107 年度『創新低碳綠建築環境科技計畫』計畫架構下之『建築節能減碳科技』分項加以執行。

有鑑於國際能源署（IEA, International Energy Agency）近年來對於建築物外牆節能設計議題之重視，於 2004-2011 年透過建築與社區節能（ECBCS, Energy Conservation in Buildings and Community Systems）執行委員會，集結全球各區域 28 參與國專家透過節約能源、替代能源和能源研究、開發和示範（RD&D）的發展提高能源安全。所提出之附件 43(ANNEX 43)、附件 44 (ANNEX 44)等報告書，可作為世界各國探討外牆節能設計之參考。

其中「附件 43：測試與建築能耗模擬工具的驗證」，主要探討雙層牆立面 (Double Skin Façade, DSF) 之分類及特性；而附件 44 則是從節能角度，針對「環境感應式建築元件」（Responsive Building Elements, RBE）加以探討，期透過先進的運算與控制設備，使建築節能、創能、蓄能各方面設計選擇更精進與多樣化，並帶動資通訊與材料技術的大量運用。RBE 可分為立面系統、基礎、蓄熱體、屋頂系統等四大領域分類。立面系統涵蓋通風、雙層牆、可調適性立面、動態絕熱等議題。

然而，本團隊於先期研究中在探討智慧綠建築如何「系統化」與「模組化」(Modularization)的過程中發現：

一、台灣在外牆創新單元開發方面的需求：

建築物外殼，尤其是立面與外遮陽整體設計，是最容易展示智慧綠模組的面向，可與建築外觀細部設計有極大的結合潛力，並且易於重複再現於不同的建築物，形成智慧綠建材的創新產品單元。台灣地處亞熱帶溼熱氣候，在夏季時節為了改善建築物室內環境的舒適度，必須大量使用空調設備及通風機械進行冷房空調，因此建築物之外牆隔熱性能、外遮陽之太陽直射熱遮蔽性非常重要。然而國內目前多使用既有的水平、垂直、格柵等遮陽設計方式進行熱性能概算檢討，對於創新立面設計模組之效能評估仍較缺乏。若要模擬由創新材料或新的構築工法所組成的節能外牆立面模組，不論在單元的 3D 幾何模型及相關參數的定義上，

都需要就模組的設計手法、材料、配置方式進行測試，以定義其資訊模型，並植入其適合應用的涵構範圍加以模擬，包含對於基地微氣候、建築物座向、立面構造方式等條件的考量。

二、缺乏雙層外牆立面模組的應用檢討：

雙層外牆立面亦成為近年來受到關注的設計主題，在熱性能方面，夏季時具有減少外牆收受直接日射熱，降低外牆表面相當溫度之隔熱功能，並具有溫差浮力通風散熱之效果，同時其構造可以提供作立面植生綠美化運用以降低建築外牆得熱，有助於建築節能；就都市景觀而言，雙層牆立面設計可增加開口、採光、綠化、遮陽等構件之組合彈性，帶來立面設計的豐富與多樣性，同時使構件設計朝向參數化、系統化與模組化。然而上列被動式節能手法，選擇性相當多元。如何運用已成熟的設計樣式，形成設計資料庫，兼顧外牆隔熱材料導入，及其相關細部構件發展，在設計前期階段，即導入建築節能設計決策最佳化分析，需要建立整體化的評估架構，再針對個案特性進行外牆節能策略之探討與模擬。

三、全球在主動式立面模組的開發趨勢：

現階段，基於地球生態永續平衡的需求，以及全球所倡導的綠色新政與零能(正能)建築願景，建築物外殼設計除了透過被動手法產生節能效益之外，亦應積極尋求創能、蓄能之機會，因此環境感應式立面外層、太陽光電 BIPV、風力發電導入外牆設計等案例應運而生。國外許多大學研究單位，如：美國哈佛大學及麻省理工學院媒體實驗室、英國雷汀大學智慧建築實驗室等，從 2005 年開始，即開始對於創新智慧材料及環境感應式立面展開許多研究。

近年來，由於材料科學的進展，製造工具、方法與流程的多樣化，加上電子設備的微型化，使我們所建造的環境及其中的各樣構件也產生了極大的變化 (Coelho and Maes, 2008)，無法再用傳統的建材組構方式來加以描述與運用。材料所展現的微機電特性將感測與致動裝置無縫地整合到環境之中，擴增了運算裝置所涵括的領域，也重塑了人們互動及溝通的方式。上述類型均有待進行更深入的應用研究並取得技術顧問的協助，以太陽光發電在建築上應用為例，由於臺灣地區夏季水平面收受日射量較垂直立面為大；因此光電板安裝於遮陽裝置之發電效益，較安裝於垂直外牆立面時為佳，並能提供開口部之遮陽功能；此外，為能更切合季節、基地微氣候、太陽角度等因時因地制宜之狀態變化加以調適，並呼應臺灣在外遮陽創新單元開發方面的需求，環境感應式立面的開發趨勢亦有助於降低建築外殼日射得熱，兼具發電與遮陽功能。就建築外牆而言，如何整合複式帷幕、感應式立面、隔熱通風散熱之調控利用、太陽光發電遮陽、風力發電等主動式設計手法，成為新一代邁向智慧綠建築重要之創新設計選項。

基於以上研究背景與現況發現，本研究將聚焦於整合式節能外牆立面元件開發，以合乎當前的研究趨勢並我國居住環境需求，因此本計畫擬結合被動與主動節能之面向進行外牆節能策略之應用研究。

第二節 研究內容與工作項目

為配合行政院推動「智慧綠建築推動方案」，並強化重點領域之跨領域研發創新，以「智慧」連結「健康、節能、環境及永續」，延伸智慧建築與綠建築環境科技整合。本研究以探討建築物外牆之節能設計為主題，如圖 1-1，說明了『人-建築外牆-外界氣候環境』之關連，外界氣候取決於建築物座落地點位置、內部需求則取決於建築物用途所對應之舒適環境，而建築外殼，尤其是外牆作為室內外能源交換的中介角色，並對於建築物能源消耗扮演著關鍵性的影響，主要影響層面包含：冷房、暖房、照明及相關建築設備等。本研究期藉由整合式之設計策略與輔助工具，提供設計者擬定初期之外牆設計方案，可同時兼顧外觀造型、節能表現及其相關影響因子，提供相關設計指南及建議手法，進而推廣外牆節能設計在建築實務上之運用。

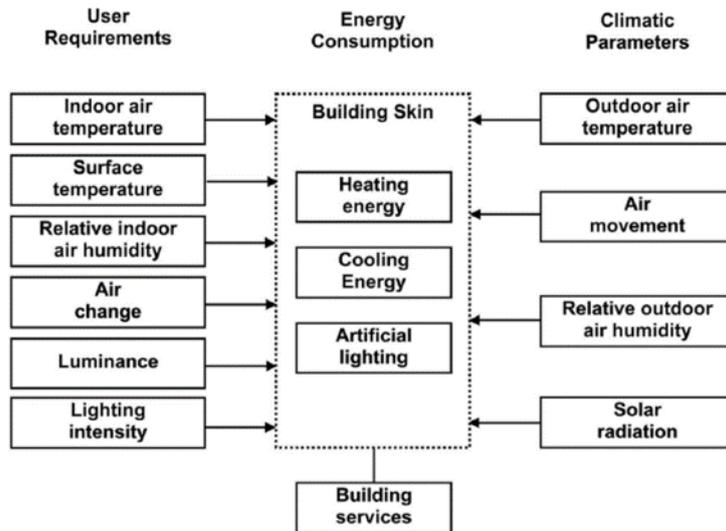


圖 1-1 外牆的節能角色

(IEA, 2008)

因應建築物節能外牆之研究課題，擬定本計畫之工作項目如下：

一、文獻回顧

將針對建築外殼，匯整及分析有關遮陽、隔熱、通風散熱之相關文獻，並針對下列領域，進行更完整的文獻探討 - (A) 整合式外牆之相關定義及理論、(B) 台灣地區外牆節能相關法規、(C) 台灣地區外牆節能標準、(D) 外牆節能設計準則；

二、案例調查分析

收集分析國內外有關建築外殼節能之創新設計概念及案例，並聚焦於以下幾項分析重點-(A) 建築物基本資料、(B) 節能設計手法、(C) 外牆單元構件之設計特色與應用方式。

三、專家學者訪談與座談

先進行個別訪談，歸納節能外牆設計施作之各面向議題，再邀請各方面專家於計畫執行前期及後期，舉行兩次專家座談會，邀請單位包含委託單位、產業界(外牆廠商、建築師事務所、營造公司)、學術界、公法人機構代表...等。期藉由專家經驗及意見提供本計畫案方向之修正。

四、節能設計指南

依辦公、住宅等建築物用途歸納整理適用於台灣地區之節能外牆類型及技術，提供設計者作為外牆方案選用之依據。

五、整合式立面元件開發設計模擬實驗

模擬外遮陽等整合式立面模組導入智慧化自主調適機制後，對立面設計所帶來的影響。假設幾處建築物基地及量體型式，進行整合式立面單元之導入與設計模擬，並評估其效能與美學觀感。運用電腦模擬軟體評估太陽光發電遮陽裝置與複式帷幕外牆結合之節能效益，包括:發電性能、遮陽性能、隔熱與通風散熱性能。如:Revit Architecture 相容之效能模擬軟體(如:Ecotect、Energy Plus、Green Building Studio 等) 建構整合式立面單元模組能耗模擬平台，並透過參數化測試進行模組之基礎資料評估。分析複式帷幕外牆結合構造方式之設計與較佳化模式分析，探討其相關應用技術事項。

六、雛型實作實驗

期能形成一省能之立面單元構築模組。雛型設計將考量如何展現發電、隔熱、遮陽、採光等功能模式對應於環境狀態變化的調適。

七、結論歸納與檢討

整合上列研究結果，進行建築物節能外牆技術應用、設計方法與流程之歸納，形成本計畫結論。

基於應用研究屬性需求，應於先期快速進行既有成果之文獻分析、結論摘要作為應用研究之基礎。並由既有基礎上，探索目前國際趨勢，由目前國內技術水平、設備材料技術工法等之可及性與可負擔性，評估切入所適合之外牆節能應用技術，並透過專家經驗與模擬，進行整合性設計與評估。本計畫之執行流程與進度如圖 1-2。

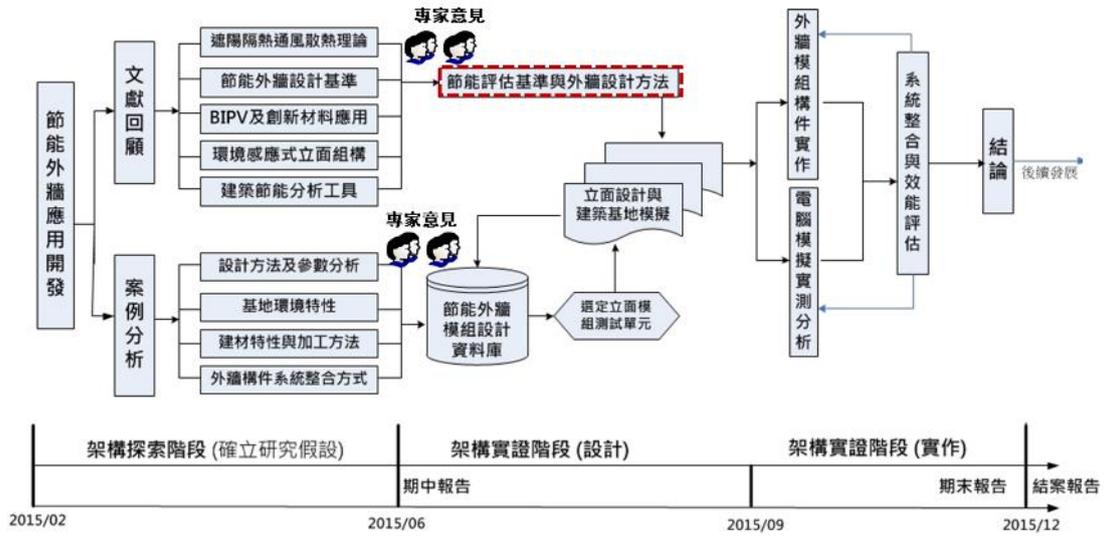


圖 1-2 本計畫之執行流程與進度
(本研究繪製)

第三節 預期成果

以內政部建築研究所 104 年度『創新低碳綠建築環境設計技術與科技研發』為主軸，透過第二節中所列之工作項目，期達成之預期成果如下：

一、節能外牆設計指南

匯整及分析有關整合式節能外牆元件之設計方法、遮陽、隔熱、通風散熱及發電效益之相關文獻結論。擬提涵蓋環境感應式立面、太陽光發電遮陽裝置與複式帷幕等整合性外牆節能手法之較佳化構造設計模式與相關應用技術事項。

二、節能外牆案例資料庫

匯整國內外有關建築外牆節能設計概念及案例資料；形成智慧元件資料圖庫及內建相關設計參數樣板，便利設計者作為設計發想之整合運用。

三、外牆案例模擬及範型建置

透過示範案例、設計指南及案例資料庫，擬提建築節能外牆整合應用對策之設計操作流程。期藉由涵蓋環境感應式建築外殼、太陽光電遮陽與複式帷幕之整合設計示範案例，進行節能效益電腦模擬與構件機構離型模擬，建立可行之節能外牆單元開發設計與評估流程。

第二章 文獻回顧

第一節 節能外牆之相關用語定義

本研究所探討之整合式節能外牆是指於現有國內外牆節能相關規範基礎上，延伸整合複式帷幕(DSF)、環境感應式立面(RBE) 或太陽光電(PV)等主動節能之創新型外牆設計。本研究嘗試透過文獻整理歸納整合式外牆組成如下：

「整合式外牆」的組成，牆+ 開口部+ 遮陽+ PV板 或 牆+ 牆(雙層牆 DSF)

其中，

牆 = 主牆材料 + 面磚或空氣層等(剖面)；

開口部 = 窗框 + 玻璃；

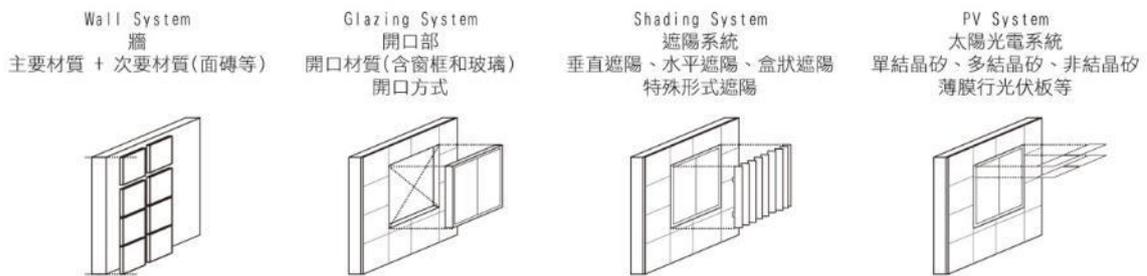


圖 2-1 整合式節能外牆組成之示意圖

(本研究繪製)

為能更清楚釐清報告中所牽涉之節能外牆相關用語，以下將參考文獻定義加以表列：

一、國內節能法規之外牆相關用語定義

「建築節能」與「節能外牆」之差異如圖 2-2 所示，根據我國綠建築 EEWB 評估系統，「建築日常節能」考量的面向主要包含「外殼節能」、「空調節能」、「照

明節能」三大部分。而「外殼節能」又可包含「外牆節能」、「屋頂節能」兩大部分。本研究之範疇將聚焦於「外牆節能」之議題加以深入探討。

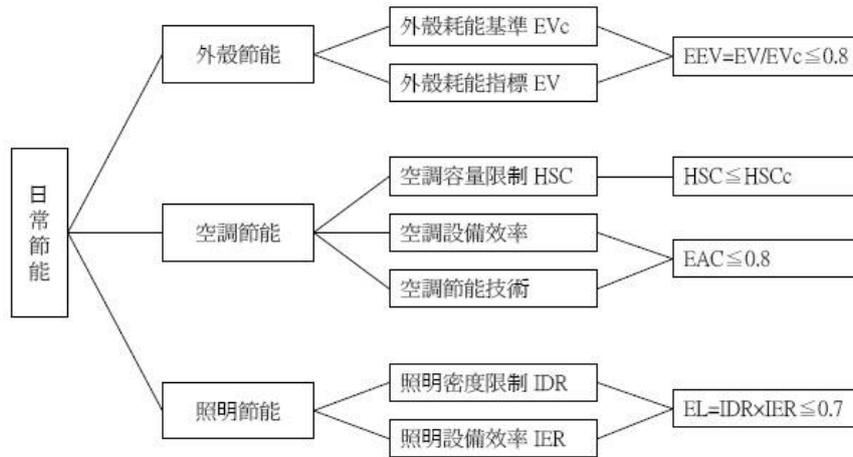


圖 2-2 EEWH 日常節能指標中之主要評估項目

(資料來源：2015 年版之綠建築評估手冊)

根據國內「建築物強化外殼部位熱性能節約能源設計技術規範」，將建築物外殼分為建築物外牆與屋頂，本研究限於計畫主題界定，暫排除屋頂部分之探討，以建築物外牆為主要研究範疇。以下將「建築物強化外殼部位熱性能節約能源設計技術規範」、「學校類大型空間類及其他類建築物節約能源設計技術規範」等法規中之相關用語整理如下表。

表 2-1 建築物強化外殼部位熱性能節約能源設計技術規範之定義

(本研究整理自建築物強化外殼部位熱性能節約能源設計技術規範)

用語	定義
建築立面	建築外殼位於地面層以上且為室內空間臨接外氣之部位。但不包括屋頂版、女兒牆、不與室內空間接鄰之構造物及屋頂突出物部位。
開窗面部位	在建築立面中容許光線與日射直接穿透的部位，包括玻璃、壓克力、玻璃磚之開口部位以及支撐其構造的窗框部位，其面積包括開口部位以及窗框部位。
外牆部位	除了開窗部位、不透光的門扇部位及活動式捲門捲窗部位以外，其他建築立面面對戶外之所有不透光部位。
熱傳透率 U_i [W/(m ² .k)]	建築物外殼構造當室內外溫差在 1 k 時，單位建築物外殼面積在單位時間內之傳透熱量。
外牆平均熱傳透率 U_{aw}	Average Outside Wall U Value，即所有建築立面不透光之外牆部分之平均熱傳透率
窗平均熱傳透率 U_{af}	Average Fenestration U Value，即所有建築立面開窗部位熱傳透率之平均值
熱傳導係數 k_i [W/(m.k)]	在單位時間、單位溫差之條件下，垂直通過單位面積材質之傳導熱量。
立面開窗率 WR [無單位]	所有開窗部位總面積對總建築立面面積之比值。
平均立面開窗率 AWR	除屋頂以外，所有建築外殼的平均透光開口比例。(用於學校類大型空間之節約能源設計規範)

可開啟窗	可開啟且容許自然通風進出之開窗部位。
可開啟窗面積比 OWR	Openable Window Ratio, 某居室空間中容許自然通風之可開啟窗部位最大總面積對開窗總面積之比值
透光窗面部位	除了屋頂以外之外殼中, 容許光線與日射直接穿透的部位, 包括玻璃、壓克力、玻璃磚之開口
窗遮陽係數 [無單位]	日射量穿透進開窗部位之比例, 包括外遮陽以及玻璃材質對日射量的折減比例。
窗平均遮陽係數 SF	Shading Factor, 日射量穿透進所有建築立面開窗部位之比例
等價開窗率 Req	係指建築物各方位外殼透光部位, 經標準化之日射、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。
窗面平均日射取得量 AWSG [kWh/(m ² .a)]	Average Window Solar Gain, 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。
窗面平均日射取得量基準值 AWSGs	建築技術規則建築設計施工編第三百十一條及第三百十二條所定之窗面平均日射取得量基準值。
玻璃可見光反射率基準值 [無單位]	玻璃對於太陽可見光之反射比例標準, 為本規則建築設計施工編第三百零八條之一所定之基準值 0.25。

另參考「辦公廳類建築物節約能源設計技術規範」, 歸納相關用語定義如下表:

表 2-2 建築外殼耗能量(EnvLoad)規範相關術語

(本研究整理自建築外殼耗能量規範)

用語	定義
建築物外殼	建築物直接暴露於外氣, 熱能可內外相互傳透之外圍構造, 包括屋頂、中庭之頂棚、天窗、牆壁、門窗、樓板等部位。外殼面積以牆中心線與樓地板面為起算基點, 並以實際包覆室內樓地板面積之外殼計算認定基準。但不包含戶外牆、屋頂、女兒牆及陽台女兒牆等不連接室內空間之部位。
外周區	受到外殼熱流進出影響之外圍空間區域, 本規範以外牆中心線起算 5m 深度內之所有室內空間為外周區。
內部區	不受外殼熱流進出影響之內部空間區域, 其範圍為除了外周區以外的室內空間。
建築物外殼耗能量 ENVLOAD [KWh/(m ² .a)]	為維持室內環境之舒適性, 建築物單位外周區空調樓地板面積全年冷房顯熱負荷量。
外殼耗能量基準值 ENVLOADs [KWh/(m ² .a)]	建築技術規則建築設計施工編第三百零九條所定之辦公廳類建築物外殼耗能量基準值。
冷房顯熱負荷	為維持室內低於某一設定溫度(本規範設定為 26°C), 在單位時間內所需排除之熱負荷, 包括下列四種熱量(水蒸氣潛熱不予計算): a.由室內外溫差引起之建築物外殼傳透之熱量。 b.由日射穿透建築物外殼傳入之熱量。 c.室內人員、照明器具等發散之熱量。 d.引入新鮮外氣量(每人 20m ³ /h)而產生之室內外顯熱熱量差。
空調	為“空氣調節”之簡稱, 係調節室內空氣之溫度、濕度、清淨度及氣流分佈在一定舒適條件下以滿足該空間之使用目的。
空調區	係指建築物中通常採用空調之空間, 包括居室、門廳、電梯廳、走道等。上述空間不論是否採用空調, 均以空調區計之。
非空調區	係指建築物中通常不採用空調之空間, 包括管道間、機械間、樓梯間、電梯坑道、浴室、廁所盥洗室、茶水間、儲藏室、車庫等。此部份之樓地板面積不計入空調樓地板面積 A _{fp} 。

全年室內發散熱量 $G[\text{Wh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})]$	建築物使用時段內，單位樓地板面積室內人體與照明及設備發散熱量之總值。人體與照明器具發散之熱量標準值，在辦公廳室內人員密度為 $0.15 \text{ 人}/\text{m}^2$ ，人體顯熱發熱為 $54\text{W}/\text{人}$ ，照明密度為 $25\text{W}/\text{m}^2$ 。
外殼熱損失係數 $L[\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})]$	建築物空調區與室外溫差在 1K 時，單位空調樓地板面積在單位時間內進出建築物外殼之熱量。此數值代表建築物外殼之隔熱性能。
熱傳導係數 $k[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$	通過某厚度之材質，在單位時間、單位溫差之條件下，垂直通過單位面積材質之傳導熱量。
冷房空調運轉時間 $A_c[\text{h}/\text{a}]$	建築物使用時段內之室內溫度高於某一冷房設定溫度（本規範設定為 26°C ），需實施空調之全年時間累算值。
外殼日射取得係數 M_k	建築物某方位空調區單位樓地板面積全年實際取得之日射量，與建築物毫無遮蔽時取得日射量之比值。此數值代表建築物外殼之遮陽性能。
建築物使用時段	建築物使用時段即使用空調時段。本規範設定辦公廳類建築物使用時段為週一至週五： $8:00\sim 18:00$ ，週六、週日及例假日不使用。
冷房度時 $DH[\text{K}\cdot\text{h}/\text{a}]$	建築物使用時段內之逐時外氣溫高於某一冷房基準溫度（本規範設定為 23°C ）之全年溫差累算值。此數值代表當地全年之炎熱程度。
冷房日射時 $I_{Hk}[\text{Wh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})]$	建築物使用時段內某方位之逐時外氣溫高於某一冷房基準溫度（本規範設定為 23°C ）時之全年總日射量累算值。此數值代表當地某方位全年總日射量之大小。
熱傳透率 $U_i[\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})]$	建築物外殼構造當室內外溫差在 1K 時，單位建築物外殼面積在單位時間內之傳透熱量。
平均室溫上升量 $T_u[\text{K}]$	建築物因室外氣候、外殼隔熱、室內人員與照明發熱等因素綜合影響所造成之室內溫度上升量之全年平均值。
平均晝光利用熄燈率 D_{rm}	一幢或連棟建築物之全部外周區範圍內，其全年晝光利用時所累計之熄燈時數，與該建築物全年白晝開燈總時數之比值。
屋頂平均熱傳透率基準值 $U_{ars} [\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})]$	本規則建築設計施工編第二百零八條之一所定之屋頂部位平均熱傳透率基準值。
屋頂透光天窗平均日射透過率基準值 HW_{sc} [無單位]	太陽輻射熱經屋頂透光天窗部位穿透進室內的比例標準，為本規則建築設計施工編第二百零八條之一所訂之基準值。

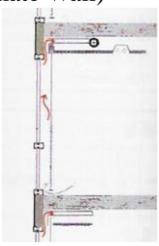
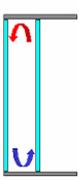
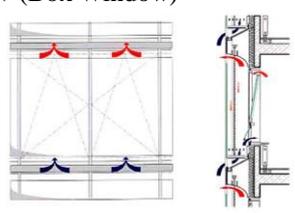
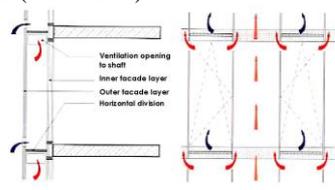
上述外牆相關用語乃因應外殼耗能計算公式之定義所衍生，對於立面組構型式較缺乏創新模組單元之整合描述方式，因此未能完全涵括本研究所探討之创新型主被動整合式節能外牆設計內容，因此以下亦爰用參考國外之相關用語定義加以翻譯解說。

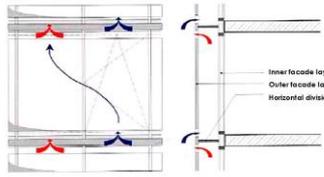
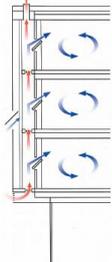
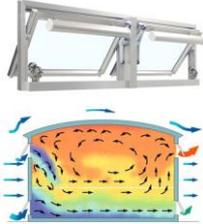
二、國際能源署相關用語定義

如下表列出國際能源署（IEA）建築與社區節能（ECBCS）執委會2004-2011年推動方案中，集結全球十七國，對於外牆類型與構件整合所採用之用語。IEA整合了比利時建築研究學會[BBRI, (2002)]及美國USA [Perino, M(2005)]的外牆立面型式分類法，如圖2-3，說明了先進整合式立面及各類型外牆立面構件之階層從屬關係。

表 2-3 國際能源署之外牆用語

(IEA, 2008)

英文用語及圖說	中文用語	定義
AIF (Advanced Integrated Façade)	先進整合式立面	運用先進可動式智慧構件整合於外牆的立面設計，以達到室內外環境調適、節能、通風、美觀、隱私等目標。如圖 2-1，根據國際能源署之定義，可分為 TVF, CW, DSF... 許多子項目。
DSF(Double Skin Façade)  (IEA, 2008)	複式帷幕 / 雙層立面	複式帷幕包含內、外雙層透光帷幕及介於中間的間隔或空氣層，內外層帷幕都可替換選用單層或雙層玻璃。實務上兩層之間的深度常介於 20-100 公分，並運用自然通風或機械排熱。雙層之間常設置遮陽及百葉以減少直射熱。把外牆當成室內外之間的“動態濾網”觀念取代了傳統上把外牆當成“靜態屏障”的模式
CW (Climate Wall)  (IEA, 2008)	氣候調節牆	複層立面室外側採雙層玻璃、室內側採單層玻璃或帷幕，兩層之間透過機械通風與建築物通風系統整合，內層玻璃下方留設 10mm 以下小縫隙，以供氣流進入空氣層
TVF(Transparent Ventilated Façade)	透光垂直通風立面	統稱具垂直通風設計之透光複式帷幕立面
BF (Buffer)  (IEA, 2008)	中空熱緩衝層複式帷幕	以雙層玻璃間的靜態空氣層作為熱緩衝區，外氣僅在平衡風壓時才會流入 [Haase, M (2005c)]
BW (Box Window)  (IEA, 2008)	盒狀通風窗複式帷幕	將複式帷幕分割成垂直及水平的盒狀窗，冷空氣可由盒狀窗下方進入，熱空氣從盒狀窗上方排出。傳導蓄熱牆(Trombe walls)亦可以嵌入盒中整體設計。[Haase, M (2005c), Oesterle, et al (2001)]
SB(Shaft Box)  (IEA, 2008)	豎井盒狀通風窗複式帷幕	複式帷幕的盒狀窗之間有垂直豎井，冷空氣自盒狀窗下方進入後，熱空氣在盒狀窗上方的側邊排到豎井帶出。[Haase, M (2005c), Oesterle, et al (2001)], Compagno, A (2002)].

<p>C (Corridor)</p>  <p>(IEA, 2008)</p>	<p>走道式複式帷幕</p>	<p>複式帷幕的內外層空間依樓層以走道水平分割，進氣及排氣氣流方向如圖示，以避免下層所排出廢氣成為上層的進氣。 [Haase, M (2005c), Oesterle, et al (2001)].</p>
<p>MS (Multi-story)</p>  <p>(IEA, 2008)</p>	<p>多樓層通風 複式帷幕</p>	<p>複式帷幕之間空氣層貫穿多個樓層，中空層外側可改用可動式百葉取代，當開啟狀態時，便不具有雙層牆效果。 [Haase, M (2005c), Oesterle, et al (2001)]. 美國的 Twin Façades 也屬於此一類型。[Perino, M (2005)]</p>
<p>OVF (Opaque Ventilated Façade)</p>	<p>不透光通風立面</p>	<p>以不透光的傳博蓄熱牆(Trombe walls) 應用及通風設計為主的立面</p>
<p>SW(Swindow)</p>  <p>(IEA, 2008)</p>	<p>智慧通風窗</p>	<p>為自然通風而設計，可連動整合空調系統，基本組構包含水平轉軸窗，藉由風壓平衡桿設計來調適進氣及排氣的控制。 [Takahashi, Y (2005)].</p>
<p>Light Shelf</p>  <p>(IEA, 2008)</p>	<p>導光板</p>	<p>導光板將窗戶分為上下兩個部分，上部窗戶比較小。對上下兩部分採取不同性能的玻璃，以取得最佳的採光效果。上部窗戶採用可見光透射率高、太陽能得熱係數適中或較低的玻璃，比如光譜選擇型 Low-E 玻璃，盡可能多的引入可見光，同時避免過多熱量進入室內。</p>
<p>Glazing</p>	<p>開口部</p>	<p>開窗面部位</p>
<p>fins</p>	<p>垂直遮陽</p>	
<p>Self-Shading</p>	<p>自體遮陽</p>	<p>透過建築物本身造型的遮陽方式，如量體堆疊或樓板延伸之陽台等等。</p>
<p>NV(Natural Ventilation)</p>	<p>自然通風</p>	<p>運用風力及浮力通風散熱</p>
<p>MV(Mechanical Ventilation)</p>	<p>機械通風</p>	<p>運用風扇排熱</p>
<p>HV(Hybrid Ventilation)</p>	<p>複合式通風</p>	<p>自然機械併用通風</p>

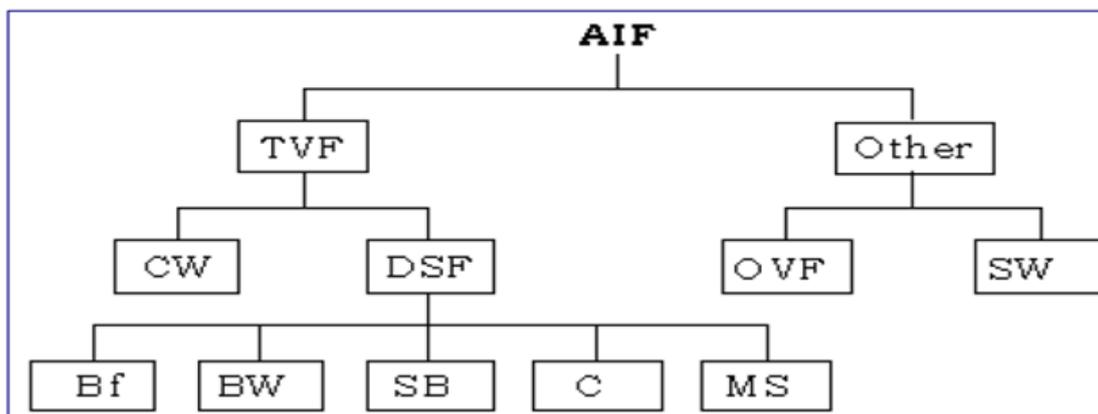


圖 2-3 IEA 的先進整合式外牆分類階層圖

(Perino, 2008)

第二節 我國外牆節能相關法規及標章

以下謹列出與本研究所探討之整合式節能外牆相關之法規及標章，作為應用之參考：

一、建築技術規則-綠建築基準：

表 2-4 國內相關節能法規整理

建築技術規則 建築設計施工編	規範重點
第三百零八條之二	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應低於下表所示之基準值。但符合本編第三百零九條、第三百十條、第三百十一條或第三百十二條規定者，不在此限。
第三百零九條	針對辦公廳類、百貨商場類、旅館餐飲類及醫院類建築物，為維持室內熱環境之舒適性，提供不同氣候分區外殼耗能量之基準值。但符合本編第三百零八條之二規定者，不在此限
第三百十條	住宿類建築物外殼不透光之外牆部分之平均熱傳透率應低於三點五瓦/（平方公尺·度），且其建築物外殼等價開窗率之計算值應低於不同氣候分區之基準值。但符合本編第三百零八條之二規定者，不在此限
第三百十一條	學校類建築物居室空間之窗面平均日射取得量應分別低於下表之基準值。但符合本編第三百零八條之二規定者，不在此限。
第三百十二條	大型空間類建築物居室空間之窗面平均日射取得量應分別低於下表公式所計算之基準值。但平均立面開窗率在百分之十以下，或符合本編第三百零八條之二規定者，不在此限。
第三百十五條第二項	建築物強化外殼部位熱性能節約能源設計技術規範 為適用所有建築類型之建築部位別熱性能之特殊規定，與 ENVLOAD、Req、AWSG 等綜合性能指標為二選一之規範，凡符合建築技術規則建築設計施工編第三百零九條、第三百十條、第三百十一條及第三百十二條之規範者，不在本規範適用範圍。（詳細內容請參考附錄三）

（資料來源：建築技術規則第十七章綠建築基準第四節建築物節約能源，

各基準數據查表請詳附錄三）

二、綠建築標章：建築外殼耗能量 ENVLOAD

1. 建築外殼耗能量及基準

所謂建築外殼耗能量 ENVLOAD 即 Envelope Load 的簡稱意旨為了維持健康、舒適的室內環境建築外周區空間在全年中的全年冷房顯熱負荷量。其計算方法為：

$$\text{ENVLOAD} = a_0 + a_1 * G + a_2 * L * \text{DH} + a_3 * [\sum \text{Mk} * \text{IHk}]$$

式中的 a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 與 DH (溫度差)、 IH (日射量)、與 G (室內熱)均為常數，由規範可輕易查得不必另行計算。只要依規定公式算出外殼隔熱變數 L 與日射遮蔽因素 M ，就可完成 ENVLOAD 的計算。公式中的兩項變數 $L * \text{DH}$ 、 $\text{Mk} * \text{IHk}$ 就是「內外溫差熱得」與「日射熱得」二項最基本的熱負荷變數。即建築外殼的節能設計只是在控制外殼的「隔熱性能(溫度差熱得)」和「遮陽性能(日射熱得)」。建築設計者依調整方位、開口、玻璃、隔熱、遮陽等外殼變數來滿足上式的要求。以辦公廳建築物外殼耗能量 ENVLOAD 為例，計算公式如下：

$$\text{ENVLOAD} = -20370 + 2.010 * G - 0.033 * L * \text{DH} + 1.079 * (\sum \text{Mk} * \text{IHk}) \dots \text{【精算法】}$$

ENVLOAD：建築物外殼耗能量
 G ：全年室內發散熱量
 L ：外殼熱損失係數
 Mk ： k 方位外殼面之日射取得係數
 DH ：當地之「冷房度時」
 IHk ：當地 k 方位外殼之「冷房日射時」
 k ：方位參數

$$\text{ENVLOAD} = a * \frac{\sum \text{Ai} * \text{ki} * \eta_i * \text{IHki}}{\text{Aen}} + b \dots \text{【簡算法】}$$

Ai ： i 窗面部位面積，包括屋頂天窗。
 ki ： i 部位開窗之外遮陽係數
 η_i ： i 部位玻璃日設透過率
 IHki ：當地 k 方位外殼之「冷房日射時」
 Aen ：辦公類建築物外殼總面積，包含外牆面積及屋頂面積

計算點氣候分區	a	b
1.北宜金馬地區	0.850	40,733
2.桃竹苗地區	0.857	42,026
3.中彰投雲地區	0.877	58,280
4.花蓮地區	0.857	54,893
5.嘉南澎地區	0.887	67,628
6.台東地區	0.876	68,884
7.高屏地區	0.890	75,899

目前建築技術規則第 17 章有建築物節約能源規定。有關辦公、百貨、旅館的 ENVLOAD 基準值 ENVLOAD_s 請參考法規第 308 條~第 315 條規定。(詳附件三)

2. 2015 年版綠建築標章之外殼節能基準

2015 年新版綠建築標章中「日常節能指標」的評估，更要求建築外殼耗能的合格基準比現行節能法規約嚴格 20%，由於空調與照明耗能佔建築物總耗能量中絕大部分，此項指標同時也加強對空調設備及照明系統的節能要求，對於建築的節能設計設定更高的目標。建築外殼節能效率 EEV，可採納「建築節約能源設計技術規範」所規定之精算法或簡算法計算值來評估。最新技術規則採用除了 ENVLOAD(建築外殼耗能量)、AWSG(窗面平均日射取得率)，EEV 採 Req(等價開窗率)、與 SF(窗平均遮陽係數)雙軌制，兩者擇一規範即可。另外，主機容量大於 50USRT 之中央空調型建築，為了檢討其空調超量設計(HSC)值，規定只能採精算法，而不得採用簡算法。EEWH-BC 為基本型的評估系統，可適用於空調型建築、學校、大型空間等建築類型。如表 2-5 建築外殼節能指標 EEV 在基本型的得分比重佔比為 14%，計算公式如下公式(a)及表 2-6，由建築外殼節能指標 EEV 可求得外殼部分之評分 RS4₁，其中 a 值之認定，如表 2-7：

$$RS4 = RS4_1 + RS4_2 + RS4_3$$

$$EEV = EV/EV_c < EEV_c = 0.8$$

$$RS4_1 = a \times ((0.8 - EEV)/0.8) + 2.0, \text{ 且 } 0.0 < RS4_1 < 14.0 \dots (a)$$

表 2-5 EEWH-BC 日常節能指標之得分配比

四.日常節 能指標	建築外殼節能指標EEV	14分	32分
	空調節能指標EAC	12分	
	照明節能指標EL	6分	

表 2-6 EEWH-BC 日常節能指標之計算公式

四.日常節 能指 標	外殼節能	EEV	0.80	$R4_1 = (0.80 - EEV)/0.80$	$RS4_1 = a \times R4_1 + 2.0$ a:參見表2-4.1	$0.0 \leq RS4_1 \leq 14.0$
	空調節能	EAC	0.80	$R4_2 = (0.80 - EAC)/0.80$	$RS4_2 = 18.6 \times R4_2 + 1.5$	$0.0 \leq RS4_2 \leq 12.0$
	照明節能	EL	0.80	$R4_3 = (0.80 - EL)/0.80$	$RS4_3 = 9.0 \times R4_3 + 1.5$	$0.0 \leq RS4_3 \leq 6.0$

表 2-7 EEWH-BC 建築外殼耗能指標、基準與得分權重係數

	外殼耗能指標EV*1	外殼耗能 基準EVc	以ENVLOAD、AWSG、 Uar為指標之權重係數a	以SF為指標 之權重係數a
辦公類	建築外殼耗能量ENVLOAD或窗平均遮陽係數 S F 兩者任選一項	*2	29.3	29.3
百貨商場類	建築外殼耗能量ENVLOAD或窗平均遮陽係數 S F 兩者任選一項	*2	19.3	19.3
醫院類	建築外殼耗能量ENVLOAD或窗平均遮陽係數 S F 兩者任選一項	*2	32.0	19.3
旅館類	建築外殼耗能量ENVLOAD或窗平均遮陽係數 S F 兩者任選一項	*2	29.3	19.3
學校類	窗面平均日射取得率AWSG或窗平均遮陽係數 S F 兩者任選一項	*2	29.3	29.3
使用分類B1、C1、C2之大型空間類	窗面平均日射取得率AWSG或窗平均遮陽係數 S F 兩者任選一項	*2	14.7	14.7
前項以外之大型空間類	窗面平均日射取得率AWSG或窗平均遮陽係數 S F 兩者任選一項	*2	29.3	29.3
其他類	屋頂熱傳透率Uar*3	*2	14.7	14.7

*1：依內政部營建署最新版「建築節約能源設計技術規範」計算
*2：依建築技術規則「綠建築專章」最新規定基準值(政府依能源政策需要，隨時有所調整)
*3：屋頂平均熱傳透率應依建築技術規則第308條之1辦理

(表 2-5 - 表 2-7 資料來源：2015 年版綠建築標章之 EEWH-BC 日常節能評估)

住宿類之 EEWH-RS 日常節能指標外殼節能部分相關規定則在於落實建築技術規則第三百零八條之二之相關規定，以強化外牆與窗的保溫性並達到節能舒適之需求。EEWH-RS 分級評估系統總得分 RS 中，RS4₁、RS4₂、RS4₃ 為外殼節能相關之三項得分，如下表對於住宿類建築節得分影響佔比 16%，如公式 a 當 EEV 值小於 0.8 則按級距取得優惠加分；當外牆平均熱傳透率 Uaw 達 3.0W/(m².K) 以下者，如公式 b 給予優惠加分；當窗平均熱傳透率 Uaf 達 5.5W/(m².K) 以下者，依公式 c 給予優惠加分。若 EEV 之計算採用「外殼耗能指標 Req_j」，則須採納「建築節約能源設計技術規範」所規定之精算法來評估。

$$RS4 = RS4_1 + RS4_2 + RS4_3 + RS4_4 + RS4_5 + RS4_6 \text{ (前三項為外殼節能得分)}$$

$$EEV = Req/Req_c \text{ 或 } SF/SF_c < EEV_c = 0.8$$

$$RS4_1 = e_i \times ((0.8 - EEV)/0.8) + 2.0, \text{ 且 } 0.0 < RS4_1 < 8.0 \dots (a)$$

$$RS4_2 = 4.0 \times (3.0 - U_{aw}), \text{ 且 } 0.0 < RS4_2 < 4.0 \dots (b)$$

$$RS4_3 = 2.0 \times (5.5 - U_{af}), \text{ 且 } 0.0 < RS4_3 < 4.0 \dots (c)$$

表 2-8 EEWH-RS 日常節能指標之得分配比

四.日常節能指標	外殼節能指標EEV	8分	33分
	外牆平均熱傳透率Uaw	4分	
	窗平均熱傳透率Uaf	4分	
	空調節能指標EAC	6分	
	照明節能指標EL	5分	
	固定耗能設備	6分	

表 2-9 EEWH-RS 日常節能指標之計算公式

四.日常節能指標	外殼節能一	EEV	0.80	$R4_1 = (0.80 - EEV)/0.80$	$RS4_1 = e_i \times R4_1 + 2.0$ 連棟住宅， $e_i = 10.0$ 其他住宿類， $e_i = 15.0$	$0.0 \leq RS4_1 \leq 8.0$
	外殼節能二	Uaw	3.0	$R4_2 = 3.0 - U_{aw}$	$RS4_2 = 4.0 \times R4_2$	$0.0 \leq RS4_2 \leq 4.0$
	外殼節能三	Uaf	5.5	$R4_3 = 5.5 - U_{af}$	$RS4_3 = 2.0 \times R4_3$	$0.0 \leq RS4_3 \leq 4.0$
	空調節能	EAC	0.80	$R4_4 = (0.80 - EAC)/0.80$	$RS4_4 = 10.0 \times R4_4 + 1.5$	$0.0 \leq RS4_4 \leq 6.0$
	照明節能	EL	0.80	$R4_5 = (0.80 - EL)/0.80$	$RS4_5 = 9.0 \times R4_5 + 1.5$	$0.0 \leq RS4_5 \leq 5.0$
	固定耗能設備	-----	-----	-----	$RS4_6 = \sum (Eq_i \times U_i)$	$0.0 \leq RS4_6 \leq 6.0$

(表 2-8, 表 2-9 資料來源：2015 版綠建築標章之 EEWH-RS 日常節能評估)

3. 綠建築標章創新設計升級認定原則

此外在綠建築評估手冊中亦指出，任何一種綠建築評估系統都可能有美中不足之處，應預留彈性以鼓勵良好之綠建築技術與創意，雙層牆除溼通風及誘導式通風設計等即是現行系統無法評估的範圍，但卻是亟待獎勵之設計案例。綠建築評估之得分項目中，目前增列創新設計升級評估項目(如圖 2-4)，必須符合以下之創新設計認定原則：(1) 必須是現有評估系統目前無法評估的內容；(2) 必須能凸顯綠建築技術之造型美學、文化風貌、環境調和、自然生態、再生能源之創意；(3) 僅適用於已取得建照之綠建築標章申請案件、不接受綠建築候選證書申請；(4) 必須由綠建築預審委員推薦及「綠建築升級評估認定委員會」認定，三分之二投票通過後始得晉升一級。

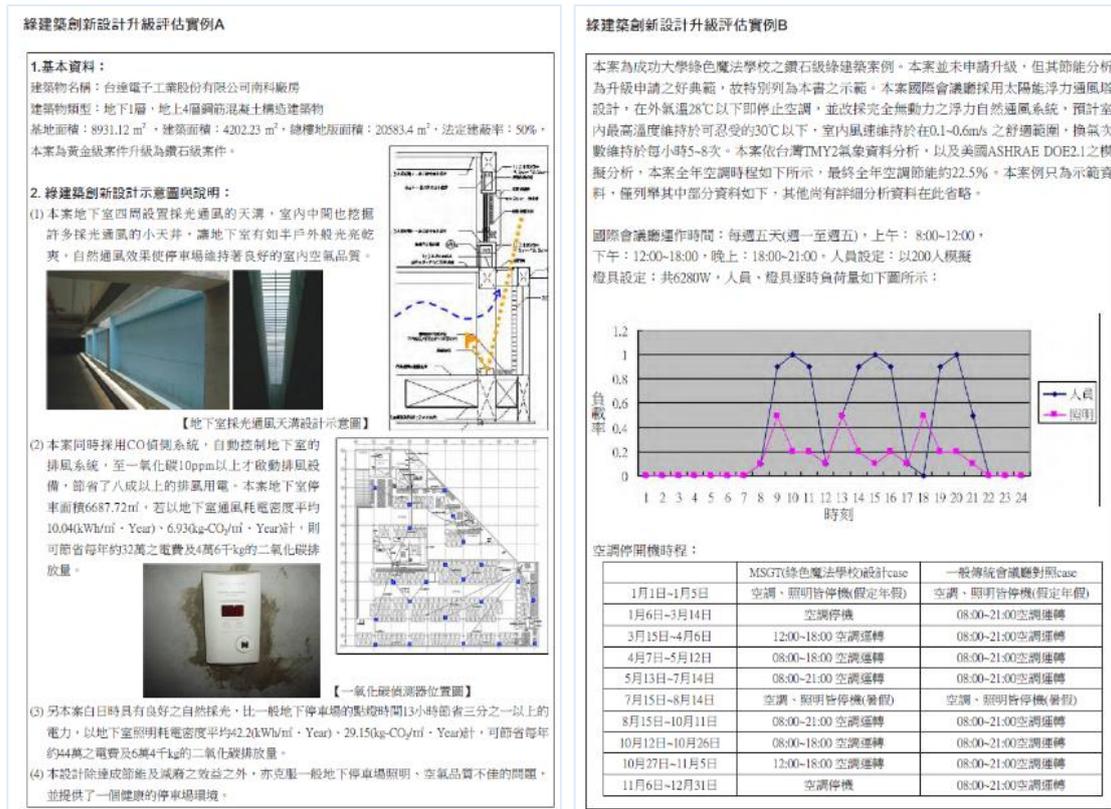


圖 2-4 綠建築標章創新設計升級評估申請案例

(資料來源：2015 版綠建築標章之 EEWB-BC 日常節能評估)

三、智慧建築標章：節能管理指標

2011 版智慧建築標章中，與節能外牆設計相關之部分為節能管理指標之第四項節能技術-智慧外層節能措施，評分辦法規定智慧外層節能措施，係指建築物外牆設置具有可適應環境自動調整之遮陽或窗戶等，達到降低室內耗能之功能，提出設置系統計畫且內容完整，再經由委員會審查認定最高可得 4 分，每項可得 4 分，本項最高得 8 分(8%)。2016 年版草案中，以 200 分為滿分之標章評分配比，其中節能管理指標中之鼓勵項目亦列出「建築外層智慧化節能」得分佔比為 2 分(建築外殼、屋頂、樓梯間、通風管道等設置具有可感知是內外環境，可以自動調整之遮陽、窗戶、通風管道等，達到降低室內耗能)。另外也鼓勵創新設計與應用佔比為 10 分，亦可運用整合式外牆節能設計加以發揮。

表 2-10 2011 版智慧建築標章節能管理指標評估項目

(資料來源：2011 版智慧建築解說與評估手冊)

項次	指標項目	評估項目	評估基準
一	能源監視系統	能源監視之功能	具有空調或動力或照明等設備之能源監視功能。
二	能源管理系統	能源管理之功能	具有空調或動力或照明等設備之能源監控或需量用電管理功能。
三	設備效率	採用高效率設備	冰水主機或冷氣機等空調設備符合能源局之標準或具有各國節能標章認證。
			螢光燈管或燈具等照明設備符合能源局之標準或具有各國節能標章認證。
			泵、電梯等動力設備具有高效率設備的說明資料。
四	節能技術	智慧外層節能措施	具有可適應環境、降低室內耗能而可以自動調整之遮陽或窗戶等。(各項節能措施最高得 4 分)。
		空調設備節能措施	設置主機運轉台數控制、全熱交換器、變冷媒量、熱回收等(各項節能措施最高得 4 分)。
		照明設備節能措施	採用晝光利用、初期照度調整、作業面照明等(各項節能措施最高得 4 分)
		動力設備節能措施	採用有諧波管理之變頻功能、最適契約容量等(各項節能措施最高得 4 分。)
五	再生能源設備	再生能源設備之功能	產生電力或熱能等替代能源(各項功能最高得 4 分)。

第三節 國際外牆節能推動內容

一、國際能源署 IEA 推動方案

2004-2011 國際能源署 (IEA) 建築與社區節能 (ECBCS) 執委會所推動之方案中，與外牆節能創新設計的相關議題包含：附件 43(ANNEX 43)-「複式帷幕」(Double Skin Façade, DSF)及附件 44 (ANNEX 44)-「環境感應式建築元件」(Responsive Building Elements, RBE)，期透過先進的運算與控制設備，使建築節能、創能、蓄能。附件 43 (ANNEX 44)以探討 DSF 型式分類及案例為主；附件 44 (ANNEX 44) 中，由丹麥 Aalborg 大學集結全球各區域 17 國專家，從節能角度，針對「環境感應式建築元件」(Responsive Building Elements, RBE) 加以探討，並蒐集 RBE 的最新應用資訊，將其設計概念與效能評估方法編製成手冊，大力加以推廣，期透過先進的運算與控制設備，使建築節能、創能、蓄能各方面設計選擇更精進與多樣化，並帶動資通訊與材料技術的大量運用。在附件 44 的報告中將 RBE 分為立面系統、基礎、蓄熱體、屋頂系統等四大領域分類。立面系統涵蓋通風、雙層牆、可調適性立面、動態絕熱等議題。



圖 2-5 IEA ECBCS 出版之整合式節能外牆相關技術文件及探討內容

(資料來源：IEA ECBCS)

二、建築外牆節能設計流程

如圖 2-6，IEA 之研究報告中指出，節能外牆設計應考量功能、構造、造型、生態環境等四大構面，整合業主需求及相關法規，考量氣候條件及都市涵構，依 IEA 建議，設計流程上應分為構想、系統、元件三階段加以進行：(1)概念設計階段 - 導入建築案例，透過基地及需求分析產生外牆設計概念及基本配置，使設計

具有整體性、創造性及可及性；(2) 系統設計階段 - 採用前段之概念設計繼續發展，參考先進整合式立面案例導入設計案中，使系統具有實現性、有效性與整合性；(3) 元件設計階段 - 符合法令、廠商生產規範，進行雛型開發及實際測試，使外牆單元具有明確細部設計，並可交付生產。設計流程中，可根據冷房、暖房、照明、通風之需求，如表 2-11 選擇從主被動之設計策略，先從基本建築設計手法入手，可逐步依空間使用需求加入主動及人為控制、甚至智慧控制的部分。

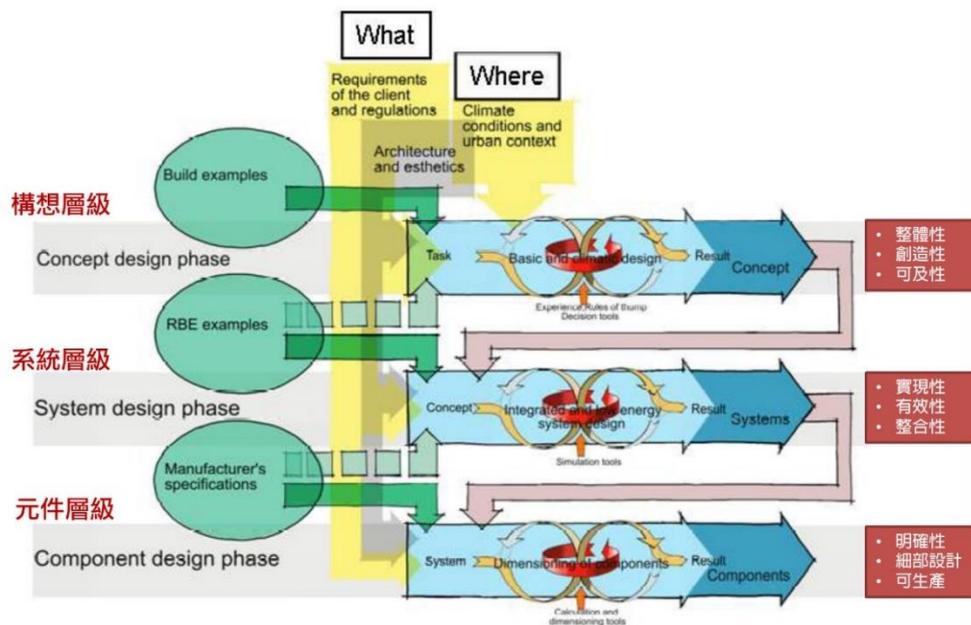


圖 2-6 IEA ECBCS 所建議之整合式立面開發流程

(IEA, 2012)

表 2-11 主被動設計策略分析

	暖房	冷房	照明	通風
	保溫	隔熱	自然採光	氣流來源控制
STEP 1. 基本建築設計	1. 面積體積比 2. 分區 3. 保溫 4. 隔隙風	1. 立面設計 2. 遮陽 3. 隔熱 4. 室內發熱控制 5. 蓄熱體	1. 空間高度/形狀 2. 照明分區 3. 座向	1. 表面材透氣性 2. 分區 3. 局部排氣 4. 進氣位置
STEP 2. 導入氣候條件設計	被動暖房 1. 直接熱得 2. 蓄熱牆 3. 太陽溫室	被動冷房 1. 外氣冷房 2. 夜間冷房 3. 地冷	採光最佳化 1. 開窗(類型與位置) 2. 玻璃選用 3. 天窗、採光井 4. 光棚(light shelf)	自然通風 1. 窗戶及開口 2. 挑空中庭、浮力通風 3. 氣流分佈
STEP 3. 整合式系統	環境感應式暖房元件 1. 智慧立面 2. 啟動蓄熱體 3. 地中管 4. 導入控制策略	環境感應式冷房元件 1. 智慧立面 2. 啟動蓄熱體 3. 地中管 4. 導入控制策略	環境感應式照明元件 1. 智慧立面 2. 室內粉刷 3. 採光控制策略	複合通風 1. 建築整合式風管 2. 正壓空間 3. 導入控制策略
STEP 4. 低能耗機械	低溫暖房系統 1. 再生能源應用 2. 地板/牆面加熱	高溫冷房系統 1. 再生能源應用 2. 地板/牆面冷卻	高效能人工光源 1. LED	低壓機械通風 1. 高效氣流分佈 2. 低壓風管、過濾及熱回收 3. 低壓風扇
STEP 5. 一般機械設計	暖房系統 1. 暖爐 2. 輻射版 3. 暖風系統	冷房系統 1. 輻射冷房 2. 冷風系統	人工照明 1. 燈泡 2. 照明器具 3. 燈光控制	機械通風 1. 高效氣流分佈 2. 機械排氣 3. 機械通風
STEP 6. 智慧控制	進階感測技術、調適控制運算模型、使用者介面			(資料來源：IEA)

(資料來源：IEA, 2012)

三、國際外殼節能標準整理

根據歐盟所發行的複式帷幕牆的最佳實踐操作準則 (EIE/04/135/S07.38652 “Best Practice for Double Skin Facades” WP5 Best Practice Guidelines) ，其中根據各國節能標準或準則，列出國際常見之立面外牆系統計算標準如下：

表 2-12 國際常見之立面外牆系統計算之節能標準

(本研究整理自各國節能標準)

節能標準	說明
Standard 189.1 : ANSI/ASHRAE/IES/USGBC Standard 189.1-2014	美國綠建築協會、冷凍空調協會、照明學會、國家標準局所通用之高性能綠建築設計標準
NFRC(美國國家玻璃窗分級評定委員會)	NFRC 認證並評定窗戶分級，標明 SHGC, U 值，氣密、抗結露性能。使用 NFRC 認證窗，在申請美國 Energy Star 認證時，可以得到獎勵得分。
Passivehaus Standard (被動式建築標準)	德國 90 年代初期所發展的住宅被動式節能標準。 詳見 http://www.passivhaus.org.uk/standard.jsp?id=122
DIN V 18599	建築能效計算標準(包含暖房、冷房、通風、家用熱水、照明等需求)。最新版本發布於 2011 年 12 月。分為住宅和非住宅建築，並分為新建建築和既有建築。 www.din.de / http://www.beuth.de .
ISO/FDIS 13789	以熱傳透及通風為主的建築物熱性能計算，熱傳遞係數計算方法尚未能考慮從雙層立面傳遞到室內的太陽輻射。
prEN/ISO 13790	以暖房為主的建築物熱性能計算，未能評估雙層立面。但此標準為 ISO 建築能源效率計算所採用。此一計算方法由 Platzer 修正，但仍在遮陽、窗框、大氣等折減計算上不盡完善。
Directive (EPBD) in Germany	新版歐盟建築性能 (EPBD) 指令於 2010 年 6 月正式生效，以增加在歐洲建築物的整體能源效率。EPBD，要求成員國創建：整體計算方法的建築物，包括二氧化碳排放量的評估；對於新建建築的能源需求限制；要求新建建築使用可再生能源；全面翻新建築物的能源需求限制；所有公共建築的節能認證，公共建築物發電機的有效性常規控制。
EU project WinDat	檢討在開窗部安裝可再生能源，並將開窗部發電資訊連結成為資料網路，其計算工具由 DG TREN 所贊助開發，稱為 WIS，可作為立面發電評估之簡算法。 http://www.windat.org
EN 13830	帷幕牆產品標準 (只包含定義，無計算方法)
EN/ISO 13947	檢討複式帷幕牆熱性能，計算複層之間包含通風及不通風的空氣層熱傳透降低效果，以檢討複式帷幕的熱緩衝效應，但未能考慮太陽熱得的影響。
ISO 15099	檢討門、窗、遮陽的熱性能，根據最新演算方法及構件材料熱性質資料，精確計算門窗細部以決定熱傳透及光傳透性質 (如：熱傳透率、日射透過率)。此為一複合標準，需要事先輸入許多預設資料才能執行計算。
ISO 18292	檢討開窗系統的熱性能計算，包含：門和天窗、窗框、玻璃、陰影的影響，評級開窗系統的節能性能。此標準可應用於雙層立面，但未詳述其計算方法。
WSchVO 德國建築物斷熱法規	自 1995 年 1 月所提出的建築物隔熱條例 (WSVO)，包含新建建築及舊樓改造，增加氣密性 30%，限制每年暖房耗能量，新建建物申請並需要提供暖房能耗證明。

EnEV 德國外殼節能條例	規定了住宅和商業建築隔熱標準。1977 年至今標準不斷提升，根據 2009 年節能條例，U 值[W/m ² K]標準，外牆須<0.24；窗戶<1.3；屋頂<0.24；地下樓層<0.3。
---------------	---

第四節 外牆節能設計準則

根據 2015 年綠建築解說評估手冊，除了建築專業者正式評估流程之外，也因應其複雜性之簡化，因此整理了綠建築評估簡易查核表，目的是希望提供設計者可以藉由其簡易查核表達到綠建築最簡要之重點項目。表 2-13 摘錄綠建築九大指標之「日常節能指標」中的「外殼節能」設計對策，作為初步設計準則之參考。圖 2-7 則引用自「建築節能技術手冊」，說明建築物立面與建築物全系統間之關聯，建築立面設計須考量通風系統、遮陽系統、隔熱保溫系統三部分。（資料來源：參考綠建築技術彙編、綠建築 84 技術：綠色建築設計指南、綠色魔法學校、2015 年綠建築解說評估手冊、節能技術手冊）

表 2-13 外殼節能簡易查核表

設計對策	
外殼 節 能	1 住宅類與辦公類建築物，應盡量設計成建築深度 14 米以下的平面，以便在涼爽季節採自然通風，並停止空調以節能。
	2 切忌採用全面玻璃造型設計，辦公建築開窗率最好在 35% 以下，住家開窗率最好在 25% 以下，其他建築在合理採光條件下，不宜採用太大開窗的設計。
	3 盡量少採用屋頂水平天窗設計，若有水平天窗設計必須採用低日射透過率的節能玻璃
	4 住宅類建築物避免採用全密閉式開窗，每居室應至少有四分之一以上可開窗面，以利通風，並避免日曬。
	5 開窗部位盡量設置外遮陽或陽台以遮陽
	6 大開窗面避免設置於東西日曬方位。
	7 住家採用清玻璃，空調型建築多採用 Low-E 玻璃
	8 做好屋頂隔熱措施(U 值在 1.2W/(m ² .K) 以下)

(資料來源：綠建築九大指標之「日常節能指標」中的「外殼節能」設計對策)

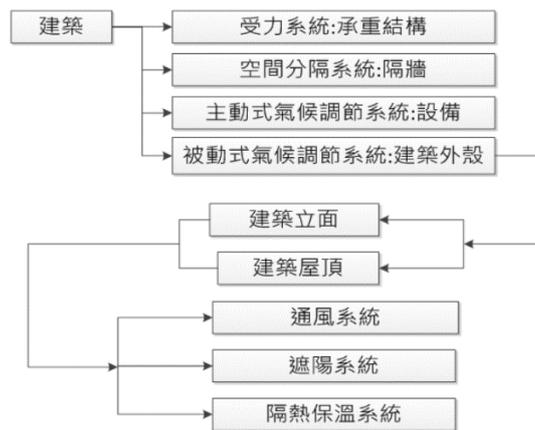


圖 2-7 建築立面與建築全系統之關聯

(資料來源：建築節能技術手冊)

然而，在建築物外牆節能考量中，表 2-13 之檢核表雖可以達到基本外殼節能之考量，但設計過程往往並非單純的考量單一因子，因此透過國內既有節能設計準則之整理，可以根據 (1)牆體座向、(2)開口率、(3)外遮陽、(4)開口部、(5)牆體構造與材料 來作為參考之設計準則項目。

一、牆體座向：建築配置的節能技術

- 量體配置：在亞熱帶氣候下，在基地計畫上作正確的節能配置，以辦公大樓為例，幾乎可節省三、四成左右的空調耗能量。
- 量體座向：以台灣地區而言，房屋的朝向以南北向最有利，而以東西向得熱量最多，係以日射量的多寡排列之優先順序。
- 量體外型：大規模全面空調的大型建築物，如醫院、辦公大樓、旅館、及大型展示中心，為降低空調負荷，可採用較集中的正方形，減少表面積也減少日射得熱。為顧及晝光分布以及通風考量，一般較適宜之長寬比以 1:2 或 1:3 之南北向建築為佳。小規模之一般住宅則以細長，表面積多的建築物型態為佳，使得各規劃空間兼具通風、採光之效果。

二、開口率：適當開口率的節能技術

在炎熱的台灣，過大的開窗面積是造成空調耗能的主因。開窗因素在台灣佔了所有耗能因素的六成，適當的開窗設計是建築節能的首要計畫。帷幕牆開口率都亦須特別注意，避免全面開口的玻璃帷幕，並在非開口部加以適當隔熱處理。一般辦公室建築的透明開口率設計宜降低在 40% 以下，並在玻璃、金屬表面背後加上中空層、隔熱材、內表材，使其隔熱能力優於 RC。住宅建築開口率：以現行節能法規來檢討住宅開口率的話，Req=0.16 的集合住宅的平均立面開窗，在無遮陽條件下，在台北可達 35%，在高雄可達 27%；假如加上一米深的陽台，在台北可達 50%，在高雄可達 40%，超過此開口即不合格。

- 辦公建築開口率：若依辦公建築現行 ENVLOAD 計算方法，以相同建築條件而言，在高雄所計算的 ENVLOAD 值約為在台北的 1.8 倍。因此在南部的建築必須要有較小的開窗、較深的遮陽才能合格。開窗率是影響 ENVLOAD 值最大的因素，以一般 15cm RC 外牆的辦公建築而言，在台北開口率 45% 以下，在高雄開窗率 30% 以下，即可通過標準。
- 等價開窗率：為了節能要求，一般住宅開口率為 25% 以下，辦公建築為 40% 以下為宜，並且在台度以下儘量不開窗。以一般住宅開口率而言，在相同的等價開窗率之下，台北的開口率可略大於高雄的開口率。

三、外遮陽：外遮陽的節能技術

熱濕氣候建築外殼遮陽效果比隔熱效果好。外遮陽設施有助於減輕日射負荷，其節能效果對於室內發熱量大的建築物更形明顯。一般人都認為帷幕牆設計只能平板化，無法設計外遮陽等遮陽設施，但是由國外的許多案例我們可以發現金屬玻璃帷幕均能以輕巧的金屬板設計優美的遮陽，並成為建築造型有趣的一部份。

四、開口部：開口部設計的節能技術

- 開口部的玻璃材料：玻璃的節能特性主要根源於兩個特性，一是玻璃的隔熱能力，亦是熱傳透率 U 值(可參考附錄三之常用玻璃熱傳透率表)；另一則是玻璃的遮陽能力，亦即日射透過率 η_i 值。然而，台灣地區室內外溫度差並非很大，而日射熱卻是很驚人。因此，阻絕溫差的熱傳透率 U 值比不上阻絕輻射傳透的 η_i 值重要；亦即，在台灣的玻璃節能對策首重玻璃的遮蔽性能。
- 開口部的隔熱與氣密性：有關開口部的氣密性及隔熱性相關原理分述如下：
 - 氣密性：指相對於指定壓力差下，每單位牆壁面積及單位時間內之通氣量。單位為 $m^3/m^2 \cdot h$ (固定窗)， $m^3/m \cdot h$ (活動窗)。氣密性不佳的開口部漏氣量(間隙風)增大，在空調空間中造成了能量的損失，在非空調空間中則由於難控制冬季風漏入而產生不快，氣密性差的窗戶，對於阻絕外界噪音的功效亦不佳。氣密性高的開口通常亦有良好的隔音性，有隔絕噪音之好處。帷幕牆氣密性性能值依照 CNS 13971 中所規定之氣密試驗求得。測試壓力差一般最低以 75 Pa 為準，但考量高層建築或更高之空氣品質及節能要求，得以 300 Pa 為準，相當於風速每秒 22 公尺之靜壓，一般固定窗或牆板之透氣量為 $1.09m^3/m^2 \cdot h$ ，活動窗則為 $1.39m^3/m \cdot h$ ，固定窗以單位面積計算，活動窗以開口周邊之單位長度計。
 - 隔熱性：金屬製門窗框如果沒有良好的斷熱處理，則會引起熱橋現象(Heat Bridge)，所謂熱橋現象為構造上厚度較薄之部位，或該部位所用材料不同，其熱傳導抵抗較小，熱損失大多經過此部位，此部位之溫度也較其他部位為低，因此易結露，此部位稱為熱橋。因而增加室內之熱負荷。
 - 緩衝空間：門因出入關係常須開啟，而引入更多的熱負荷，設置除風室或玄關可減少因出入而增加之室內空調負荷。

五、牆體構造及材料：外牆構造及材料的節能技術

不透明外殼之節能特性主要與壁體的熱傳透率（U 值）有關，因此節能上需增加隔熱性能與降低日射吸熱。外牆構造應以減少外熱侵入為必要條件，使用隔熱處理時，須配合建築物之使用型態，過份隔熱對於室內發熱量大之建築物反而會增加空調負擔，應配合合理的遮陽及良好的通風計畫以減輕外牆受熱量。外表面材應使用淺色明度較高之材料以增加反射率，白色牆體具 90% 反射率，一般紅磚混凝土則在 10% ~50% 之間。參考附錄三之常用外牆構造之熱傳透率(U 值)：12cm 厚 RC 外牆 U 值高達 3.78，而有良好隔熱層的鋁金屬帷幕牆可在 0.71 以下。輕量化的玻璃或金屬外殼，只要加強中間空氣層及隔熱處理，也可成為優良的外殼。下列兩種外牆構材可作為節能外牆構造之參考範型：

綠色魔法學校外牆材料（圖 2-8）：(1) 外牆岩棉節能隔熱工程-外牆熱傳導率 U 值可降至 0.6，有效降低建築耗能。(2) 鋁擠型嵌掛式帷幕工法：陶粒混凝土結構，防壁癌防火吸音，無甲醛，無致癌物污染。

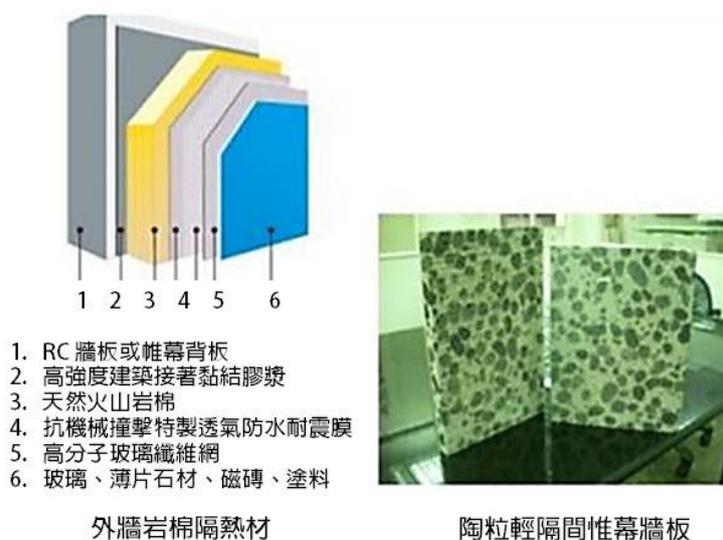


圖 2-8 由岩棉隔熱材和陶粒輕隔間帷幕牆板所構成的外牆

（資料來源：綠色魔法學校）

外牆外保溫及防水裝飾系統 EIFS（圖 2-9）：根據國際建築規範 ASTM 定義，外牆外保溫系統（Exterior Insulation and Finish System，EIFS）是一種非承重的外牆覆蓋系統，由美國能源部支持橡樹嶺國家實驗室進行研究，已證實相對於磚塊、灰泥及水泥纖維壁板，EIFS 是控制熱和濕度「表現最好的覆層」。其構造包含：

- 防水層（Water-resistive barrier / WRB）：覆蓋襯底
- 平面排水：在 WRB 與絕緣板之間，常用黏合劑塗在 WRB 上的垂直帶

- 絕緣板：通常由發泡聚苯乙烯（EPS），該固定用粘合劑或機構在基底
- 玻璃纖維：增強網埋置在底塗層
- 水性底塗層：施加在絕緣的頂部以用作耐候阻隔
- 表面塗層：常使用不褪色和抗裂丙烯酸共聚物技術。

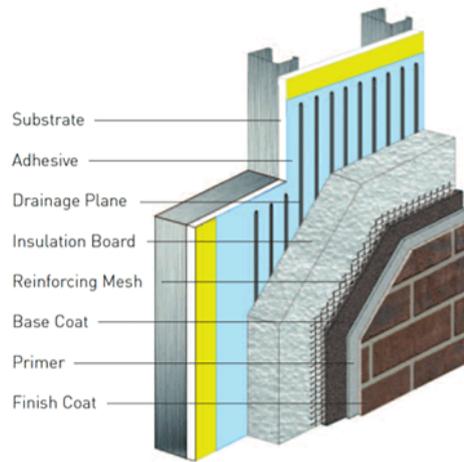


圖 2-9 外牆外保溫系統構造組成

（資料來源：EIMA 2015）

六、節能帷幕外牆之應用

隨著都市建築高層化，帷幕牆亦是外牆節能考量之重點項目。高層建築帷幕牆包含了預組化、輕量化、規格化、工業化、自動化、單元化等特性，為減少高空填縫作業的危險和困難，不必現場施作填縫的單元式帷幕牆(Unitized System)成為系統主流。金屬玻璃帷幕外牆可減少傳統 RC 外牆大量的鋼筋、混凝土等高耗能建材使用，且易於回收再生利用，達到的節約能資源目標。而帷幕牆的主要性能可以分為材料性能與物理性能(系統性能)。物理性能包含了耐風壓性能、層間變位吸收性能、水密性能、氣密性能等。一般帷幕牆設計僅根據 AAMA 及 CNS 規範達到基本性能之要求，氣密性、水密性透過試驗達到性能要求，至於隔音及隔熱則以計算來代替試驗。帷幕牆節能設計準則包含(1)開口率、(2)遮陽、(3)隔熱性與氣密性三部份。

第三章 案例分析

本章期透過案例分析，探討節能外牆設計手法，分為複合通風型、全空調型及主動式節能創新應用類型；並針對每一案例介紹 (1) 建築物基本資料、(2) 節能設計手法、(3) 外牆單元構件之設計特色與應用方式等三大構面，以凸顯出『節能外牆』的基本概念與未來研究課題。台灣屬於濕熱的環境，因此為了達到人體舒適度，夏季與雨季時仍應考量使用空調以達降低溫度與除溼的舒適需求，因此住宅類、學校類、大型空間類建築多屬於複合通風型，而辦公類、旅館類、百貨商場類、醫院類建築則多屬於全空調型。

第一節 複合通風型外牆設計案例

本章節案例分析依住宅類使用需求之複合通風型，針對通風、採光、以及夏季減少表面熱輻射等重點，廣泛蒐集國內外住宅、學校、運動中心大型空間等案例加以篩選，並選定案例如表 3-1：

表 3-1 複合通風型外牆設計案例

案例名稱	座落國家	施工時間	選定依據
台北淡水 ellipse 360	台灣,新北市		玻璃係數、遮陽
萬華段集合住宅	台灣,台北市		特殊遮陽設計
餘山住宅大樓	台灣,竹北市	2010-2013	垂直立體綠化錯層陽台
新北市土城國民運動中心	台灣,新北市	2012-2014	鋁沖孔外牆隔熱複合板研發
國立台灣科技大學台灣建築科技中心	台灣,台北市	2009-2010	雙層立面系統、三明治板外牆、斷熱門窗、自控式捲簾
南台科技大學能源工程館	台灣,台南市	2011	立面金屬隔柵及廊道深遮陽
嘉義產業創新研發中心	台灣,嘉義市	2009-2011	格柵雙層牆及植生牆遮陽 鑽石級綠建築
嘉義縣溪口鄉文化生活館	台灣,嘉義縣	2005-2008	中空雙層通風隔熱外牆 黃金級綠建築
印度 Erorr 住宅開發案	印度,柯枝市		IGBC Green Homes Rating system - 白金級標準
The Aqua Tower	Chicago,USA	2007-2009	外遮陽參數化設計模擬 Emporis Skyscraper Award 2009

(本研究整理)

一、台北淡水 Ellipse 360 Tower 住宅大樓



圖 3-1 Ellipse 360 住宅大樓

(資料來源：美港聯和)

1. 基本資料與使用需求

設計案位置：新北市淡水區

建築師：貝聿銘聯合建築師事務所(Pei Cobb Freed & Partner)

執行建築師：仲觀聯合建築師事務所 林洲民建築師

節能顧問：Energydesign-asia, Stuttgart, Germany

面積：4700 坪

規劃：38 層樓高的單層單戶住宅，每戶 256 坪，共 37 戶

2. 外牆節能策略及設計重點：

本案與節能顧問 energydesign-asia 合作，主要 Michael Flynn 在帷幕牆上針對其玻璃係數與特性達到節能基本要求。除此之外，陽台與延伸出的水平遮陽為第二層考量之設計重點。

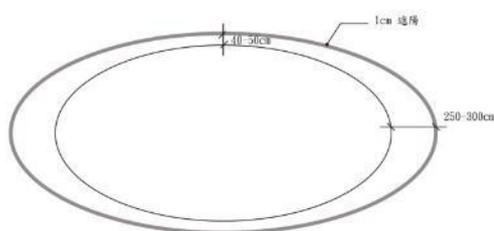


圖 3-2 陽台與內牆關係平面圖說

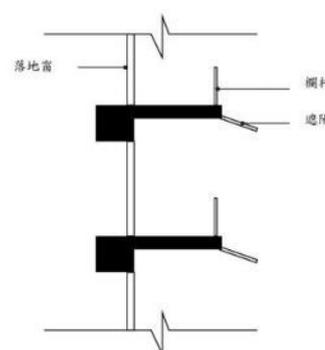


圖 3-3 帷幕牆節能概念剖面圖說

二、萬華段集合住宅



圖 3-4 萬華段集合住宅遮陽形式分析模擬

(圖片來源: 九典聯合建築師事務所)

一、基本資料與使用需求

設計單位: 九典聯合建築師事務所

設計案位置: 台北市萬華區青年段

面積: 4075 平方公尺

規劃: 使用分區為第三種、第三之一種及第三之二種住宅區, 容積率為 225%、300%及 400%, 建蔽率均為 45%, 興建完成後預計可提供公營出租住宅約 270 戶。

二、外牆節能策略及設計重點

1. 減少外殼熱損失: 考量建築物外殼使用隔熱材, 並透過厚度的選擇減少外牆構造熱容量。
2. 開窗位置及尺寸、開窗方式: 決定開口位置和建築配置後, 了解開口大小對室內通風的影響, 透過軟體分析及模擬風的流動情形以及對室內溫度的影響, 以準確決定開口尺寸。

三、外牆單元構件之設計特色與應用方式

在建築立面遮陽設計上, 針對外牆熱輻射加以模擬分析, 以透過蜂巢狀外遮陽設計阻擋立面熱輻射, 陽台作為洗曬衣用途, 本案採誘導式設計降低熱輻射, 以減少室內空調使用。針對不同日照率搭配不同遮蔽高度的遮陽, 不僅提高不同方位的居住空間照度彈性, 也使建築立面產生趣味性效果。

三、若山系列-餘山 住宅大樓



圖 3-5 餘山住宅大樓

(資料來源：建築師雜誌 2015 年 1 月)

1. 基本資料與使用需求

設計案位置：竹北市

建築師：張德昌、江文淵 建築師

建築面積：1311 m²；總樓地板面積 16028.94 m²

規劃：地下 3 層，地上 20 層，總高 86.7m

2. 外牆節能策略及設計重點：

本案外牆系統透過立體綠化之深遮陽錯層陽台栽種大樹，以降低都市熱島效應。綠覆率高達原基地之 150%，固碳量為位開發前之 5 倍。



圖 3-6 標準層平面圖

(資料來源：建築師雜誌 2015 年 1 月)



圖 3-7 外牆綠化現況照片

(資料來源：建築師雜誌 2015 年 1 月)

四、新北市土城國民運動中心



圖 3-8 新北市土城國民運動中心

(資料來源：建築師雜誌 2015 年 2 月)

1. 基本資料與使用需求

設計案位置：台北市信義區

建築師：曾永信建築師

執行建築師：曾永信建築師

建築面積：5015.76 m²；總樓地板面積 13791.82 m²

規劃：地下 1 層，地上 24 層，總高 20.97m

2. 外牆節能策略及設計重點：

本案外牆系統採用高性能的綜合性外牆系統：鋁沖孔複合板結合玻璃、隔熱棉、輕隔間牆。鋁複合單元大小為 150cm*50cm，外牆顏色深淺呼應外牆耗能軟體 Vasari 之分析結果，易受熱處為淺色。



圖 3-9 縱向剖面圖

(資料來源：建築師雜誌 2015 年 2 月)

五、國立台灣科技大學台灣建築科技中心

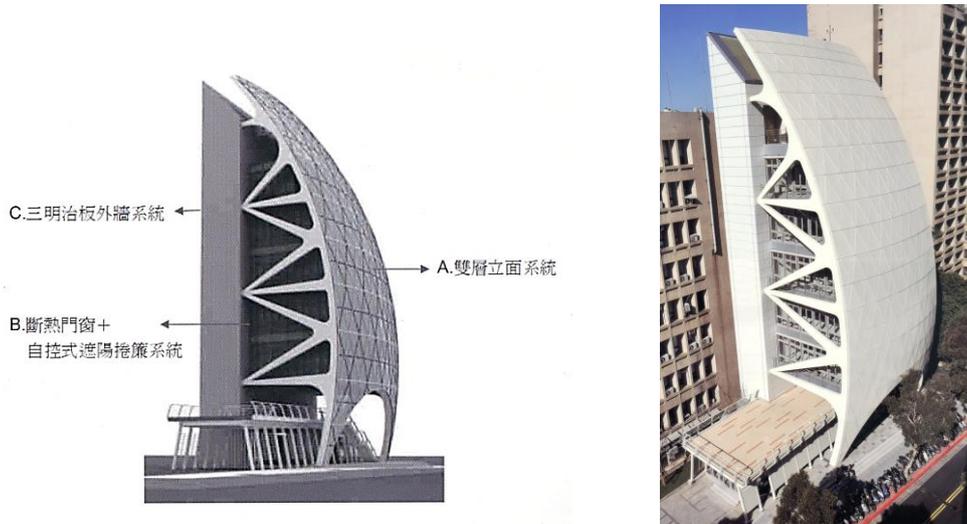


圖 3-10 國立台灣科技大學台灣建築科技中心

(資料來源：2011 綠建築在台灣)

1. 基本資料與使用需求

設計案位置：台北市

建築師：陳章安建築師事務所

建築面積：268.17m²；總樓地板面積 1400.25m²

規劃：地下 1 層，地上 7 層

2. 外牆節能策略及設計重點：

本案獲綠建築銅級標章，外牆有三種 (A)雙層立面系統，由帷幕牆系統及立面沖孔鋁板外遮陽組成，三角形排列之鋁板沖孔率由下而上分別為 32%、30%、28%、26%、24%，後側之陽台可通風散熱；(B)斷熱門窗+自控式外遮陽捲簾(設於東北及西南向開口)、(C)三明治外牆板(金屬板中間夾保溫隔熱材)+塑鋼節能窗。本案採開放建築填充體技術，提供學校空間各項實驗之彈性使用。利用北、東、南立面三段式節能窗，可供自然通風、機械通風實驗。

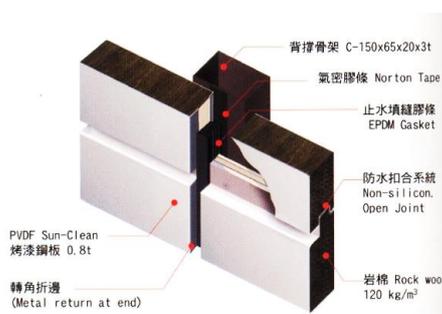


圖 3-11 材料斷面構成

(資料來源：2011 綠建築在台灣)



圖 3-12 外牆剖面圖

(資料來源：2011 綠建築在台灣)

六、南台科技大學能源工程館



圖 3-13 南台科技大學能源工程館

(資料來源：建築師雜誌 2012 年 5 月)

1. 基本資料與使用需求

設計案位置：台南市永康區

建築師：葉世宗建築師事務所

建築面積：973.19m²；總樓地板面積 4858.27m²

規劃：地上 5 層，總高 20m

2. 外牆節能策略及設計重點：

本案正立面為南向，日照時間長，因此採用橫向中空鍍鋁鋅金屬隔柵，兼具遮陽、隔熱、通風及防眩之功能。立面格柵及廊道形成深遮陽的亞熱帶建築表情。



立面格柵及廊道形成深遮陽的亞熱帶建築表情

圖 3-14 廊道側格柵之透視效果

(資料來源：建築師雜誌 2012 年 5 月)

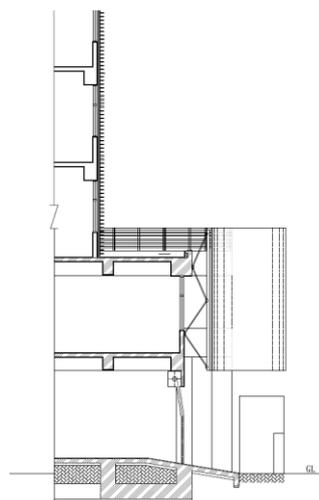


圖 3-15 外牆剖面圖

(資料來源：建築師雜誌 2012 年 5 月)

七、嘉義產業創新研發中心

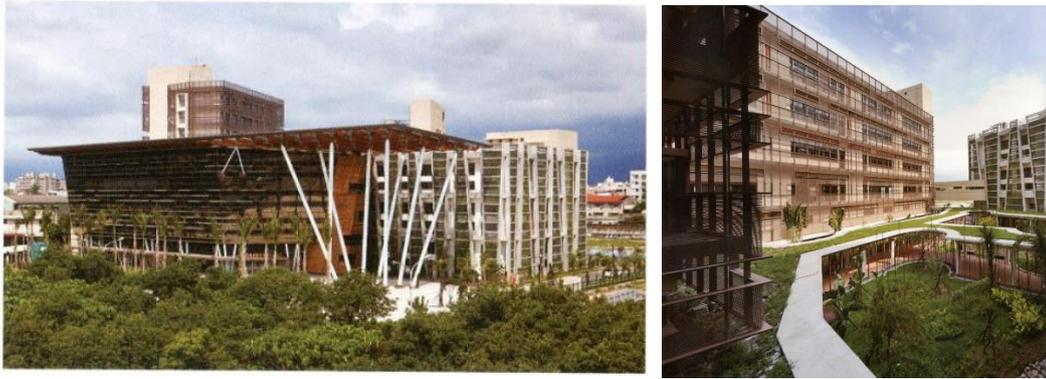


圖 3-16 嘉義產業創新研發中心

(資料來源：建築師雜誌 2012 年 5 月)

1. 基本資料與使用需求

設計案位置：嘉義市

建築師：九典聯合建築師事務所

建築面積：4791.29m²；總樓地板面積 19421.51m²

規劃：地下 1 層，地上 8 層，總高 34.2m

2. 外牆節能策略及設計重點：

本案因應亞熱帶季風氣候，注重遮陽與通風，外牆設計特色在 A 棟(人才培育交流中心)創造以遮陽板為主的立面、B 棟(工廠)設置植生牆阻擋光線、保留通風，C 棟(研發宿舍大樓)採雙層牆設計，表層以格柵過濾光線。



圖 3-17 全區平面圖

(資料來源：建築師雜誌 2012 年 5 月)

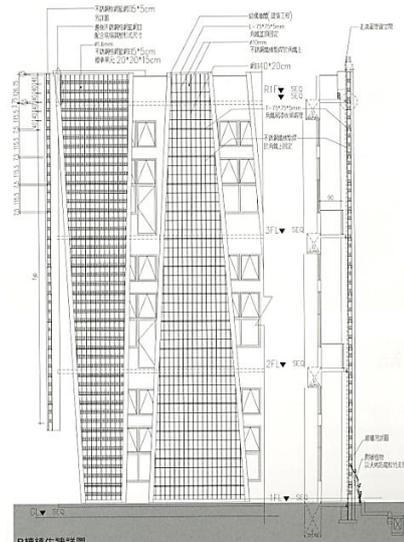


圖 3-18 外牆剖面圖

(資料來源：建築師雜誌 2012 年 5 月)

八、嘉義縣溪口鄉文化生活館



圖 3-19 嘉義縣溪口鄉文化生活館

(資料來源：2011 綠建築在台灣)

1. 基本資料與使用需求

設計案位置：嘉義縣溪口鄉

建築師：大藏聯合建築師事務所/甘銘源建築師

建築面積：997m²；總樓地板面積 1568m²

規劃：地上 3 層

2. 外牆節能策略及設計重點：

本案主要用途為圖書館及展演空間，獲綠建築黃金級標章，利用雙層外牆作為牆體隔熱之用(中間曾具通風效果)，可大幅降低牆面的太陽輻射熱負荷。

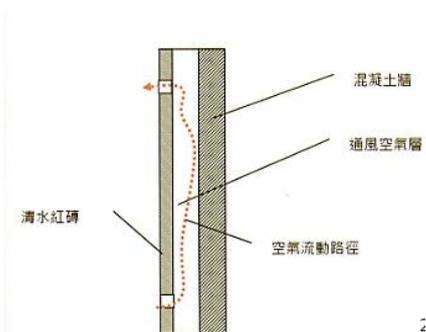


圖 3-20 材料斷面構成

(資料來源：2011 綠建築在台灣)

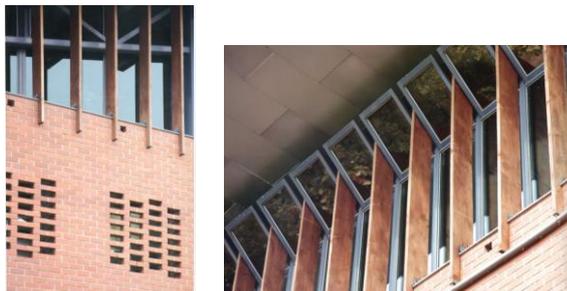


圖 3-21 外牆剖面圖

(資料來源：2011 綠建築在台灣)

九、印度 Erloor 住宅開發案



左圖模擬太陽熱輻射針對南向立面
在乾季和雨季期間變化

圖 3-22 Erloor 住宅開發案及熱性能模擬

(資料來源：Design Energy Simulation for Architect)

1. 基本資料與使用需求

位於印度柯枝市(Kochi) 的 42 層住宅大樓

總建築面積：10,143 m²

設計/造型事務所：CALLISON

在 IGBC Green Homes Rating system 之白金級標準

2. 節能設計手法

以陽台作為住宅自主遮陽的調整型建築(Modulating buildings)。大部份開口面南， Kochi 氣溫平均約 29 度，每日相對溼度最高將近 70%，夏天的雨季甚至具有更高的溼度，此外建築需避免大量的太陽輻射。在這樣的氣候條件下設計著重在遮陽、給自然通風的可開啟窗、以及必要時的空調設備系統。熱帶氣候中，窗戶主要作為交叉通風使用，在低能源建築透過更多的開口面積達成通風效果，而遮陽主要用於冬日晴天以遮蔽低太陽角度。

3. 外牆單元構件之設計特色與應用方式

左右立面少量開口加上金屬格柵，以利氣流散熱，北側有陽台及可調整式開窗以利對流通風。如圖 3-22，透過 ECOTECT 電腦軟體模擬冬天乾季及夏天雨季日出日落的遮陽效果，設計模擬過程將開口部細分為 20 公分的網格，來決定遮陽的最佳化設計。電腦模擬提供了陽台深度、形狀、位置的驗證，並檢查所有住宅單元中有需要特殊遮陽處理的角落，可透過間格較密的陶管(terracotta)百葉來解決，不但可降低直接日射熱，且不影響視野。頂樓的樓中樓單元則在上層南向陽台需要較多的遮陽處理，同時在挑高兩層的客廳正立面外牆，雙層玻璃之間裝設有可動式水平遮陽。



圖 3-23 兼顧遮陽、吸熱、視野及美觀效果之 Terracotta 陶管百葉
(資料來源：<http://www.artedomus.com/products/odessa-project-portfolio>)

十、The Aqua Tower 住商混合摩天大樓

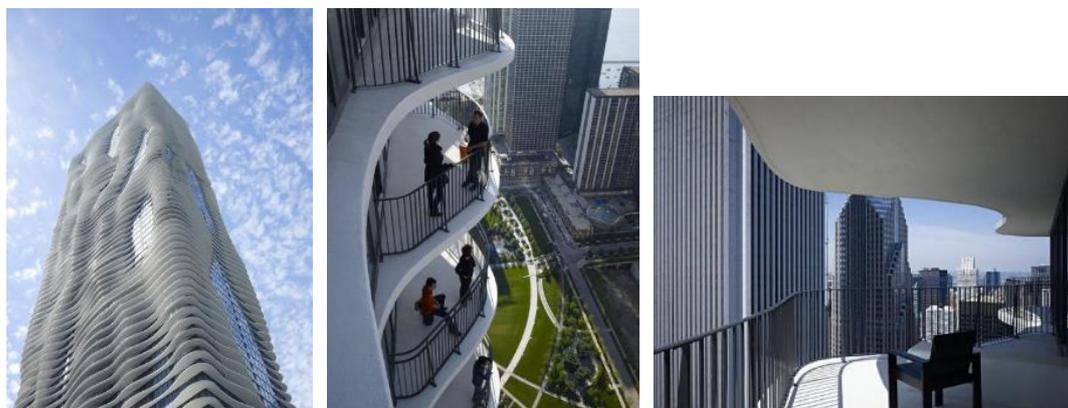


圖 3-24 The Aqua Tower 透視圖與陽台局部透視圖

(圖片來源：<http://www.cracktwo.com/2012/01/aqua-tower-in-downtown-chicago.html>)

1. 基本資料與使用需求

設計單位: Studio Gang Architect 及 James Loewenberg 聯合事務所

設計案位置: 美國芝加哥市中心

樓層數: 82 層

總建築面積: 176,515 m²(13,000 m²地下停車、7669 m² 社區公共設施、5100 m²零售辦公、單層面積 1500 m², 1-18 層為 215 間酒店客房、19-52 層為 476 個出租住宅單位、53 -81 樓為 263 個公寓單位及頂層)

遮陽最佳化設計設計模擬: Jeff Niemasz and Jon Sargent

2. 節能設計手法:

整體建築為玻璃帷幕，因此設計重點在解決太陽輻射對室內造成之影響，本案例透過設計參數化模擬方法，評估陽台之整體遮陽性能，以最佳化陽台之造型。此外亦透過雨水收集系統和節能照明、綠屋頂等節能手法，以符合 LEED 綠建築認證要求。

3. 外牆單元構件之設計特色與應用方式：

遮陽之參數化模擬係透過 Shaderade 法(Harvard, 2011)，直接在 Autodesk Ecotect 軟體中使用蜂窩法最優化遮光運算。該工具為選定時間積累範圍內，進行輻射數據的網格計算分析，使用蜂窩法的最優底紋修改版本，並結合 Rhinoceros® 和 EnergyPlus 進行遮陽設計，以產生最佳的陰影。

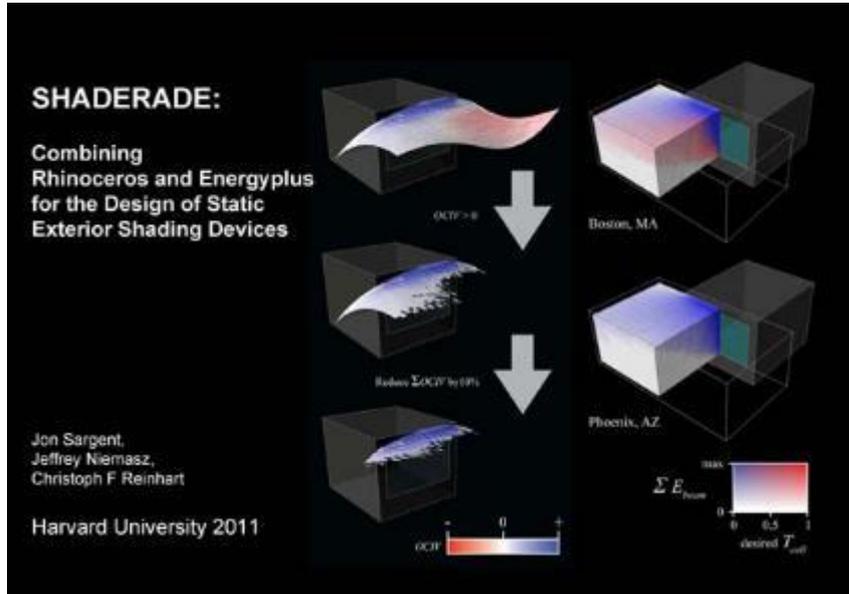


圖 3-25 SHADERADE 參數化遮陽設計手法
(哈佛大學，2011)



圖 3-26 AQUA TOWER 標準層平面圖

(資料來源：Typical floor plan for Aqua Tower in Chicago. © 2010 Studio Gang Architects)

第二節 全空調型外牆設計案例

本章節針對全空調型案例加以分析，根據使用需求，辦公類、旅館類、百貨商場類、醫院類多為全空調型建築物，因此需考量其採光、透光、以及夏季減少表面熱輻射之重點，本章節廣泛蒐集國內外相關建築案例加以篩選，並選定案例如表 3-2：

表 3-2 全空調型外牆設計案例

案例名稱	座落國家	施工時間	選定依據
富邦福安紀念館	台灣,台北	2002-2004	智慧外層
中台灣創新園區	台灣,南投	2014	造型雙層遮陽
台南縣政府	台灣,台南	2003	立面更新結合 BIPV 遮陽、 複式帷幕通風
宜蘭地政大樓	台灣,宜蘭	2001-2004	宜蘭綠建築評選外牆技術與 材料之案例
台北華南銀行總部辦公 大樓	台灣,台北	2010-2014	結構與帷幕牆分離外牆 LEED 金質標章
台積電中科十五廠	台灣,台中	2010-2013	LEED 金質標章
EGWW Federal Building	美國奧勒岡州 波特蘭市	2009-2013	2014 年 AIA 評選美國十個最 佳永續建築之一 LEED 白金評級
Bullitt Center	Seattle,USA	2011-2012	PV 效率估算
GSW headquarters	Berlin,Germany	1999	西向立面可動式垂直遮陽
北歐五國大使館立面	Berlin,Germany	1999	百葉牆面

(本研究整理)

一、富邦福安紀念館



圖 3-27 具感知功能之智慧型建築外層

(資策會網多所，2007)

1. 基本資料與使用需求

設計事務所：資策會網多所、中國文化大學溫琇玲教授

設計案位置：台灣台北

樓層數：地上 11 層，地下 2 層，高度 49.95 m

總建築面積：4,606.72 m²

2. 外牆節能設計手法

以智慧建築外層主動偵測室內外的環境，訂出各項舒適指標，並配合室內的使用情境，計算最佳化的主動控制機制，使節能和舒適可以同時兼顧。透過三種活動模式調控外牆開口大小，主動調配各種遮陽、通風和空調設備，以達到舒適和節能的目標。為找出最舒適的外在環境指標，資策會研發出 PMV-EER (Predicted Mean Vote-Energy Efficiency Ratio) 指標。以 PMV-EER 值計算為基礎的調控技術，可依照空氣溫度、平均輻射溫度、空氣溼度、空氣流動速度、人體活動程度，以及衣物熱阻等六個因素，協調運用建築外層遮陽、採光、通風設備與室內空調設備，改善環境的熱舒適度，並降低能源耗用量。

3. 外牆單元構件之設計特色與應用方式

智慧型建築外層內夾金屬百頁的雙層玻璃，可配合太陽高角度及方位角，改變遮陽及光線角度。當感測器發現室內熱量過高時，自然通風開口連動模式也將自動啟動。若自然通風仍無法達到舒適的標準，這時機械設備才會啟動，輔助其他設備功能之不足。智慧型建築外層所採用的構件，包括金屬百葉、通風口、換氣扇和空調設備。根據實驗，採用此智慧型建築外層，用於台灣北部建物西向外牆，在夏季時約可節省空調能源耗用達 32%。

二、經濟部中台灣創新園區



圖 3-28 中台灣創新園區鳥瞰圖

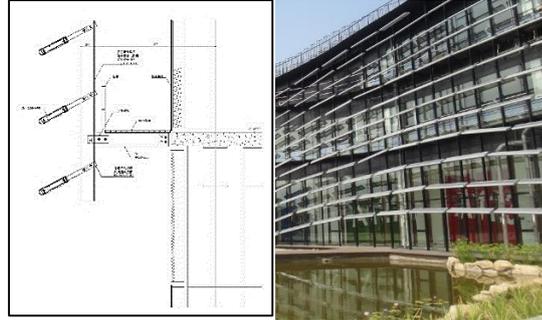


圖 3-29 中台灣創新園區造型遮陽細部

(資料來源：中台灣創新園區、九典聯合建築師事務所)

1. 基本資料與使用需求

設計事務所：九典聯合建築師事務所

設計案位置：台灣南投

樓層數：地上 4 層，地下 1 層

總建築面積：基地面積約 2.49 公頃、總樓地板面積約 13000 坪

用途：研發中心

2. 外牆節能設計手法

「中台灣創新園區」建築外型充分搭配當地地貌外觀，自規劃階段起即導入碳足跡計算，以降低建置過程之碳排放量；另進行輻射熱、室內風道模擬分析，導入擴增實境、手勢控制之園區導覽等先進技術體驗，是全臺首案同時取得鑽石級綠建築及鑽石級智慧建築雙候選證書之建築。

3. 外牆單元構件之設計特色與應用方式

建築外牆設置 3,358 片外遮陽板，既是裝置藝術更具有節能、隔熱與調光功能，園區亦設置 140 千瓦的全臺最大斜角太陽能發電裝置，可提供園區 10% 照明。

三、台南縣政府辦公大樓



圖 3-30 台南縣政府立面更新

(資料來源：葉世宗建築師事務所)

1. 基本資料與使用需求

設計事務所：葉世宗建築師事務所

設計案位置：台灣台南縣

樓層數：地上 4 層，地下 1 層

總建築面積：

2. 外牆節能設計手法

由於早期建築物南面未作遮陽設計，僅靠內部窗簾隔熱阻擋直射光，因此以 BIPV 遮陽板來改善現狀。配合經濟部能源局補助太陽能光電設置容量 12kWp，設置 345 片 35W BIPV 於縣政府的正面(朝南向)，採 "太陽能光電市電併聯系統"，使舊建築不僅能獲得永續更新還可以發電。

3. 外牆單元構件之設計特色與應用方式

舊有立面三個官帽式的雨庇，設計成三個 Double Skin 煙囪效應，誘導通風的玻璃盒子，冷空氣由下方吸入，熱空氣由上方排出。再結合 BIPV 光電板外遮陽，且每塊模板之晶片脫開封裝，具視覺穿透性，構成的一組通風、遮陽、採光的設計，能有效地讓辦公室空間隔絕外界的高溫並享有開闊的景觀。(資料來源：<http://www.new-life.com.tw/category/organic-greencity-60.htm>)

四、宜蘭地政大樓



圖 3-31 宜蘭地政大樓整體造型
(資料來源：大藏聯合建築師事務所)



圖 3-32 牆體材料與構造隔熱設計

(資料來源：綠建築在蘭陽，<http://green.e-land.gov.tw/innerCaseList.aspx?uid=34&cid=13>)

1. 基本資料與使用需求

設計事務所：大藏聯合建築師事務所

設計案位置：台灣宜蘭縣

樓層數：地上 7 層，地下 2 層

總建築面積：總樓地板面積約 9196 m²

2. 外牆節能設計手法

建築配置將實體服務核（樓梯、廁所）配置於主量體東西側，虛體開口部配置於南北面，以使有較佳的遮陽和通風條件。屋頂遮陽與環境能源運用上，設置遮陽鋼架，減少日照量；並附加太陽能板，預計提供 30KW 電力供公共照明設施；將屋頂層及陽台之雨水收集後貯存在筏基回收再利用，做為衛生設備沖洗及植栽澆灌。雨污水分流方面，屋頂及陽台雨水再利用，地面層雨水排入都市排水溝，大樓的生活污水則經污水處理後再排出。空調系統採預冷式冰水主機系統，降低尖峰時刻的用電量。全熱交換器引進新鮮空氣，並將外氣預冷。地下室停車場裝設二氧化碳偵測，一旦濃度提高即啟動送風設備。照明系統採二線式照明控制便於日後使用單位改變控制迴路。高功率螢光燈使辦公空間照明用電量降低。

3. 外牆單元構件之設計特色與應用方式

南面大面開口部配置預鑄陽台版及金屬遮陽版，經 3D 模擬檢討，主量體東、南、北面於每年五月至九月上班時間開口玻璃面無直射光，有效率的減低室內冷房負荷。玻璃採用金屬微反射玻璃，阻絕部份光線進入室內。主量體採用雙層牆，外部為保溫隔熱性佳的 ALC 板，內部為木絲水泥板，使建築外殼有較佳的隔熱性能。

五、台北華南銀行總部辦公大樓



圖 3-33 台北華南銀行總部大樓

(資料來源：建築師雜誌 2015 年 3 月)

1. 基本資料與使用需求

設計案位置：台北市信義區

建築師：大元建築工場

執行建築師：姚仁喜建築師

建築面積：2937 m²；總樓地板面積 51881 m²

規劃：地下 2 層，地上 27 層，總高 154.5m

2. 外牆節能策略及設計重點：

本案獲得 LEED 金質標章，將外在結構與帷幕牆分離，兩者間作為陽台及遮陽用途。於西側中央凹處設置一連串雙層高度之空中花園，作為西曬之緩衝區。

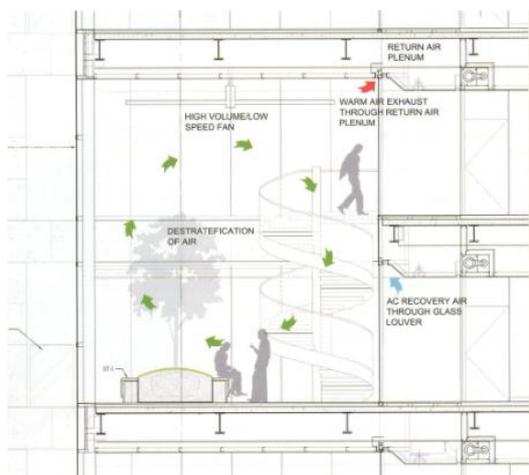


圖 3-34 西側空中花園剖面詳圖

(資料來源：建築師雜誌 2015 年 3 月)

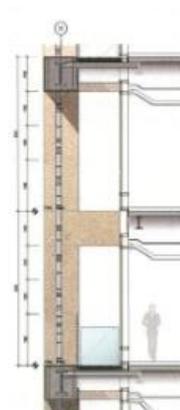


圖 3-35 結構框架與帷幕細部剖面圖

(資料來源：建築師雜誌 2015 年 3 月)

六、台積電中科十五廠



圖 3-36 台積電中科十五廠

(資料來源：建築師雜誌 2014 年 10 月)

1. 基本資料與使用需求

設計案位置：台中中部科學園區

建築師：潘冀聯合 建築師事務所

建築面積：110536 m²；總樓地板面積 543495m²

規劃：辦公區(地下 4 層，地上 13 層)廠房區(地下 1 層，地上 6 層)，總高 60m

2. 外牆節能策略及設計重點：

本案獲得 LEED 黃金級認證，廠房區外牆系統採 RC+輕量節能板系統+外掛植生網、遮陽鋁板、太陽能板、格柵，形成多種材料之轉換；辦公區外牆採鋁板帷幕系統+玻璃帷幕牆+屋頂太陽能板。

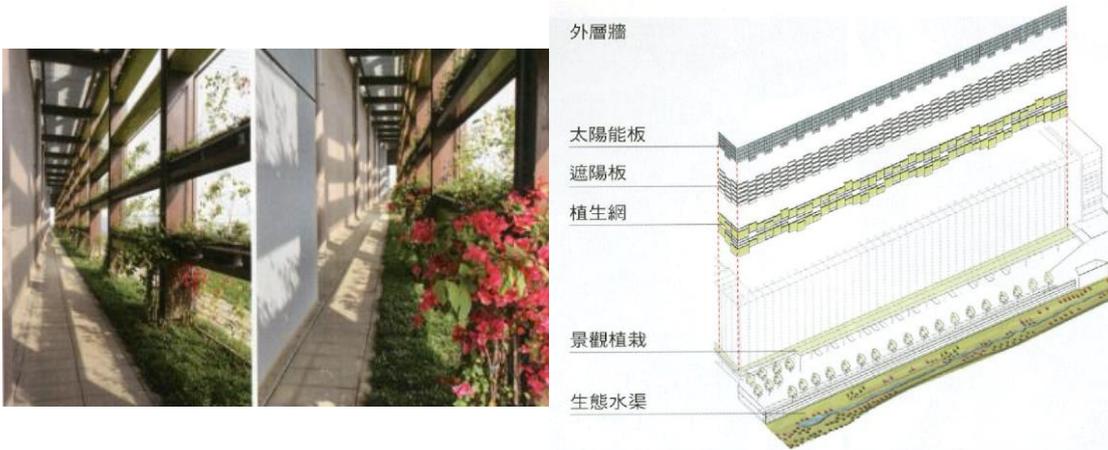


圖 3-37 外牆植生網

(資料來源：建築師雜誌 2014 年 10 月)

圖 3-38 外牆綠化現況照片

(資料來源：建築師雜誌 2014 年 10 月)

七、Edith Green-Wendell Wyatt (EGWW) Federal Building



圖 3-39 EGWW Federal Building 透視圖與遮陽形式模擬

(資料來源：<http://www.aiatopten.org/node/354>)

1. 基本資料與使用需求

設計/造型事務所：SERA Architects + Cutler-Anderson Architects with Stantec Engineering 重新整建(1975 年原本由 SOM 事務所設計)

設計案位置：美國奧勒岡州波特蘭市

樓層數：18 層

總建築面積：47566.36 m²

用途：聯邦政府擁有之辦公大樓

2. 外牆節能設計手法

該建築耗費 1.39 億美元重新改造一個全新的外觀，於 2013 年 5 月重新啟用，獲得 LEED 白金級認證。計劃要求一個新的“建築物外部皮層”包括在斜屋頂上設置大型太陽能板，以提供大型遮陽及雨水回收空間，並朝向最佳仰角以產生高達 15% 的建築物能源使用。遮陽設計以平衡熱得、採光和眩光為考量，每側立面採不同的遮陽處理，以充分利用自然光，熱和冷卻。外觀是條狀鋁蘆葦以助於降低夏季得熱，但讓光線在冬季進來。新的雙層玻璃窗氣密性佳，可減少巨大的能量損耗，自動照明調整系統，包括反射鏡，將削減照明用電 50%。雨水回用和低流量管道裝置將減少用水 68%。

3. 外牆單元構件之設計特色與應用方式

奧勒岡大學建築能源實驗室選定標準空間單元，提出三種遮陽策略，並以三種開口率(41%、47%、57%) 選擇進行測試：(1) 只有水平的遮陽、(2) 垂直和水平遮陽、(3)以水平遮陽元件結合導光板設計。以實體縮尺模型加以測試模擬，測試結果除北向無需遮陽外，東南及西南向立面均採水平遮陽元件結合導光板設計。

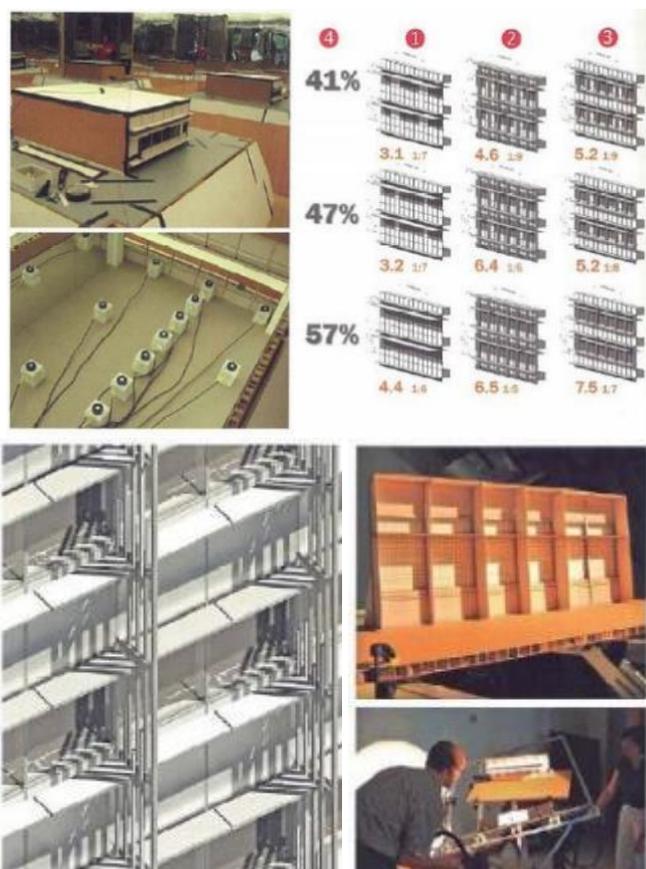


圖 3-40 EGWW Federal Building 外遮陽單元設計與實驗

(資料來源：Design Energy Simulation for Architect)

八、Bullitt Center 辦公大樓



圖 3-41 建築整體透視圖



圖 3-42 可開啟窗單元構件



圖 3-43 外部自動遮陽

(資料來源：Design Energy Simulation for Architect)

(資料來源：

<http://www.bullittcenter.org/>)

1. 基本資料與使用需求

設計事務所：Miller Hull Architects

設計案位置：美國西雅圖

樓層數：6 層

總建築面積：51000 sq.ft

2. 外牆節能設計手法

本案窗戶和遮陽系統進行大量的採光和通風的工作，以協助在建築物的熱舒適性。窗戶為三層玻璃，各窗口單位重量 168 磅，並專為消除內部和外部之間的熱連結，兩英寸的三層玻璃隔絕了熱空氣和冷空氣。如果條件合適，這些窗口可以直接推動，來自各方位的窗玻璃從四面八方吸入空氣。此高技術窗戶由 shuco 所設計，當縮回外部百葉窗，同時高度從地板到天花板的可開啟窗提供了最大化自然採光。外觀百葉遮陽類似皮膚的概念，外層系統調適不同的組合，以達到最佳的熱性能和採光品質。外層為不銹鋼色調，離窗戶約 12 英寸。在夏季，百葉遮陽使直接日射遮擋在玻璃前。同時防止強光與眩光直射在辦公室中。

3. 外牆單元構件之設計特色與應用方式

太陽能板設計運用 Sketchup 轉 Rhino 外掛 Grasshopper 訂出 PV array 的位置、角度及分割後，再以 Ecotect insolation analysis 估算整年日射量。待太陽能顧問透過 PV Watts 估算 PV 效率(水平、垂直)之後，再根據基地條件分析結果，將 PV 配置於西南向傾斜的緩坡屋頂、東南立面及南向立面，為了室內採光，南向留設開口。

九、GSW Headquarters



圖 3-44 GSW Headquarters

整體透視



圖 3-45 GSW Headquarters

立面造型效果

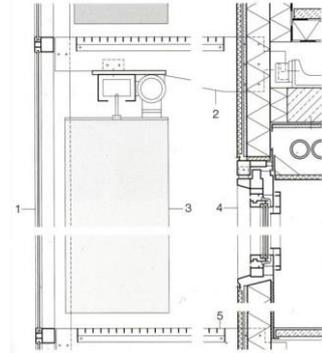


圖 3-46 GSW Headquarters 細

部構造圖

(圖 3-44-圖 3-46 資料來源：<http://filt3rs.net/case/colorful-folding-perforated-panels-sh-berlin-058>)

1. 基本資料與使用需求

設計事務所：Sauerbruch Hutton Architects

設計案位置：德國柏林

樓層數：22 層

總建築面積：50,000 m²

2. 外牆節能設計手法

辦公建築深 11m，順應常年吹東風，由東向引外氣向西產生對流通風，並在西向立面設計為可通風之雙層牆，20 層樓高之豎井通風產生垂直方向浮力通風之煙囪排熱效應。當內牆窗戶關閉，中空層具有熱緩衝區之功能。另外此案例也運用廢熱回收、輻射冷暖房、屋頂及地板蓄熱等節能手法。

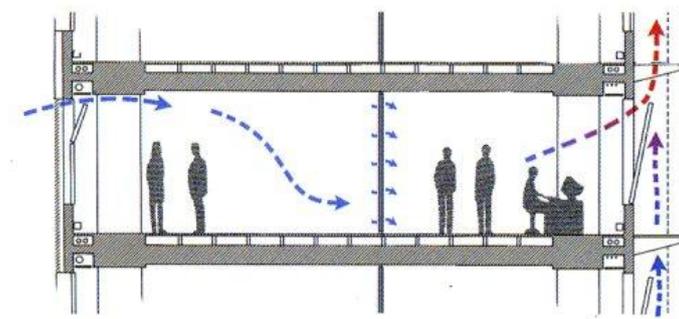


圖 3-47 GSW Headquarters 通風示意圖

(資料來源：<http://www.prozorivrata.com/dvostruka-fasada/>)

3. 外牆單元構件之設計特色與應用方式

雙層牆+中空層可旋轉收納式沖孔鋁板遮陽，互動方式採中央控制與使用者操控併行 / 可感測太陽位置 / 控制垂直遮陽開關 / 立面組合與太陽互動 / 遮陽加通風對策使建築物節能 50%。

十、北歐五國大使館立面

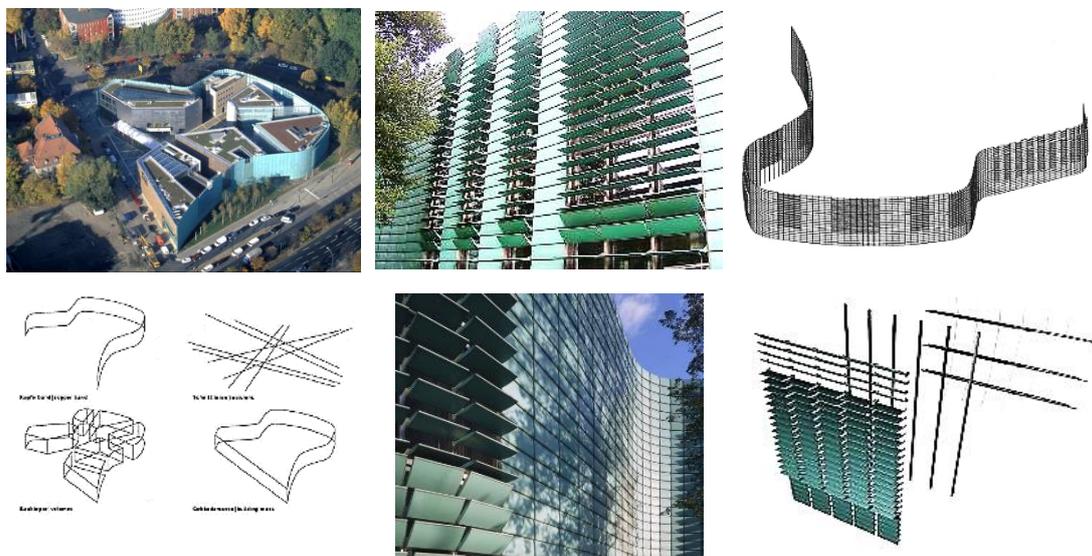


圖 3-48 北歐五國大使館立面與細部

(資料來源：<http://www.berger-parkkinen.com/home.php?il=22&l=de>
<http://www.berger-parkkinen.com/home.php?il=24&l=e>
<http://www.coroflot.com/eanooe/precedent-studies>)

1. 基本資料與使用需求

案名：北歐五國大使館 (Embassies of the Nordic Countries)

機能：行政辦公大樓

設計：Berger + Parkkinen Architekten

地點：德國柏林市 (Berlin, Germany)

時間：1996~2012 年

2. 量體配置與座向

本案由六棟獨立的小建築量體組成，用一道連續帶狀的雲形牆面，將這些小量體包圍成一個整體。四條交叉的街道切過六個小型建築物之間，這些街道交叉於中央區域成為廣場，建築之間三個水池是一個建築參考北歐國家之間的連接海域。東西北三個面向為百葉牆面，南向為水平條狀開窗的木製表層。

3. 外牆單元構件之設計特色與應用方式

一道圍繞全區的五層樓高的牆體是本案的主要特色，此牆體總長 226 米、高度 15 米。牆體上整齊均佈著翠綠色的百葉，百葉共有 4000 片。這些百葉的尺寸相同(長寬約 60x7 公分)，但是開啟角度各異。由於這片圍繞全區的牆體幅員廣大，包覆了各種不同的空間，牆上百葉可以用不同開啟角度，來呼應各區空間的內部使用性及外部環境條件。

第三節 主動式創新節能外牆設計案例

一、阿布達比投資公司總部

1. 基本資料與使用需求

案名：阿布達比投資顧問公司總部 (Abu Dhabi Investment Council Headquarters)

機能：辦公大樓

設計：概念設計-Aedas；立面技術-Arup

地點：阿布達比 (Abu Dhabi)

面積：75000 m²

緯度：北緯 24 度

時間：2012 年

2. 建築座向與量體配置

本案包含二座圓柱形量體，外牆分為二層，內層牆為玻璃帷幕牆，在東西南三個面向包覆有外層牆，外層牆是動態遮陽單元¹。

3. 外牆節能設計手法

25 層的玻璃雙塔藉由遮陽系統的設計，抵擋沙漠地帶強烈炙熱的太陽光。在高效能反射玻璃及三角型動態遮陽板的搭配下，可以抵擋強烈日光且兼顧室內採光，在這種配套措施的運用下，本案的隔熱及採光效益，都相較於單純使用高反射玻璃要好，每年可以減少 35% 的冷房耗能

4. 外牆單元構件之設計特色與應用方式

動態遮陽板可以比靜態遮陽板多出 20~60% 的隔熱效果。每一片大的三角形遮陽單元，由六個小三角形所構成；材質由不鏽鋼、鋁、表層塗附鐵氟龍 (PTFE) 的玻璃纖維等所組成¹。當遮陽需要展開時，在所有小三角形的交界處，其動作會由電動螺旋千斤頂所控制。為了防止其故障，此動作系統在啟用前已經過相當於操作 84 年生命週期的 3 萬次測試以抵抗海風的鹽分。

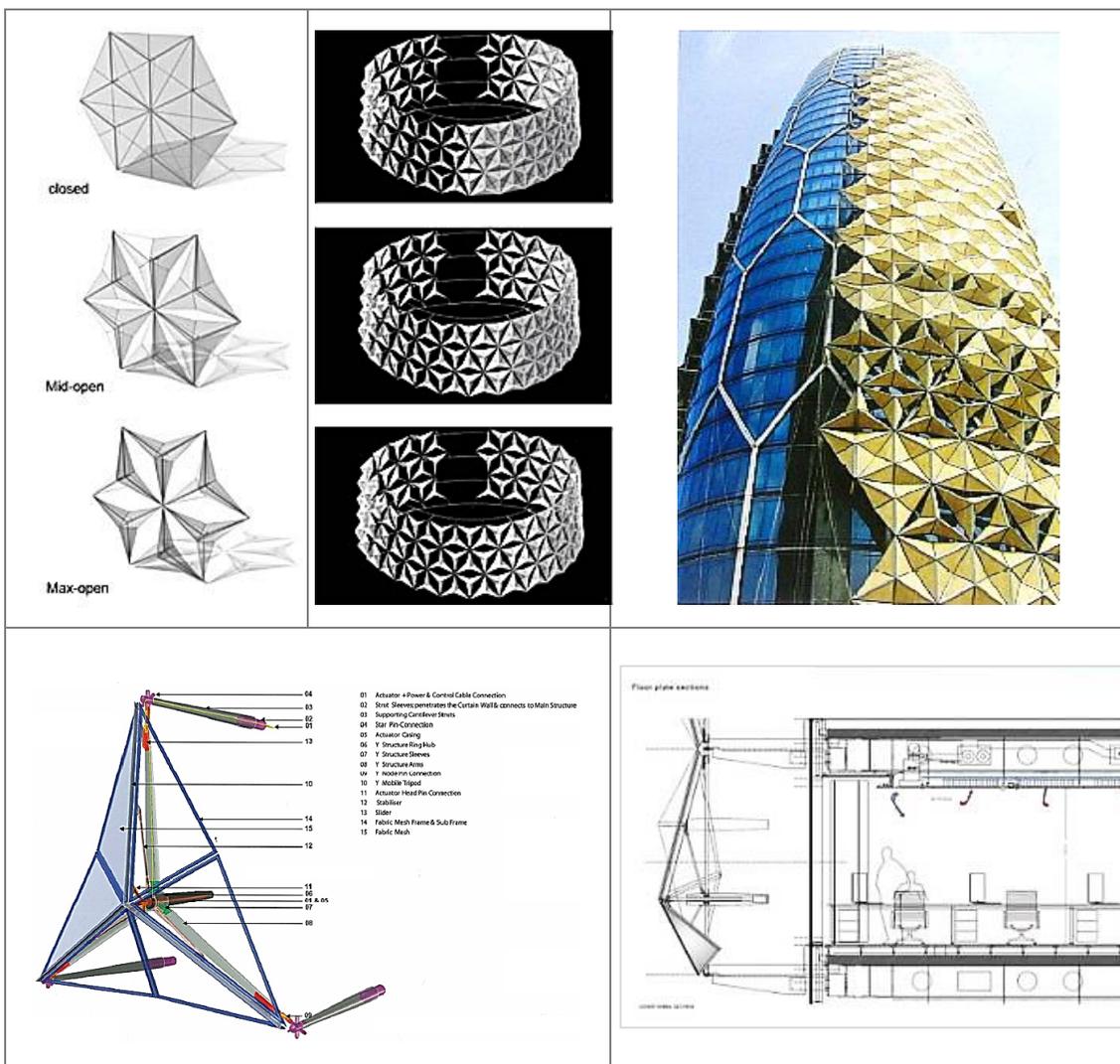


圖 3-49 阿布達比投資公司總部設計說明

(資料來源： Al-Bahar-Towers, Kinetic Architecture: Designs for Active Envelopes)

[註¹] 圖 3-49 左上:單元三角分割；中上:可調變的開口；右上:動態遮陽板包覆於東西南三面；
左下:三角形遮陽單元模組構造；右下:內外層強與樓板之構造關係

資料來源：<http://aedasresearch.com/features/view/advanced-modelling/project/al-bahar-towers>

Fortmeyer, R., & Linn, C. (2014). Kinetic Architecture: Designs for Active Envelopes. pp.176~183

二、SOM 的 Helio Trace 可動立面

1. 基本資料與使用需求

案名：HelioTrace Center for Architecture

機能：辦公大樓

建築設計：Skidmore, Owings & Merrill, New York

動態構造：Chuck Hoberman & Adaptive Building Initiative

地點：紐約

時間：2010 年

2. 外牆單元構件之設計特色與應用方式

本案欲開發一種可以主動感應太陽輻射熱的可動式遮陽開窗的原型。每個動態遮陽窗模組，由二種遮陽片組成：一種在窗戶四周，可向外側伸展，用來遮蔽來自側面的陽光；另一種在窗戶表面，可向內伸展來覆蓋窗戶表面，用來遮蔽來自正面的陽光。主動式遮陽模組以在不同伸展程度下的遮陽狀況，如圖 3-50 所示。

3. 建築座向與量體配置

本動態遮陽模組必須與建築量體的設計互相搭配，才能達到合理的節能效益²，本動態窗適用以下量體設計手法：(1)建築量體的開窗部位要涵蓋所有面向，以面對各個方向的陽光照射；(2)建築量體必須圓滑連續，方位之間的轉換必須連續不中斷；(3)建築量體的形式操作，可以運用內凹手法，來為量體創造更多的表面曲度。

4. 外牆節能設計手法

一般玻璃建築量體在這種動態機構的運用下，可以改善室內眩光度、降低日照熱得率，經過分析，這種主動式遮陽系統可以降低建築物熱得達 81%。²

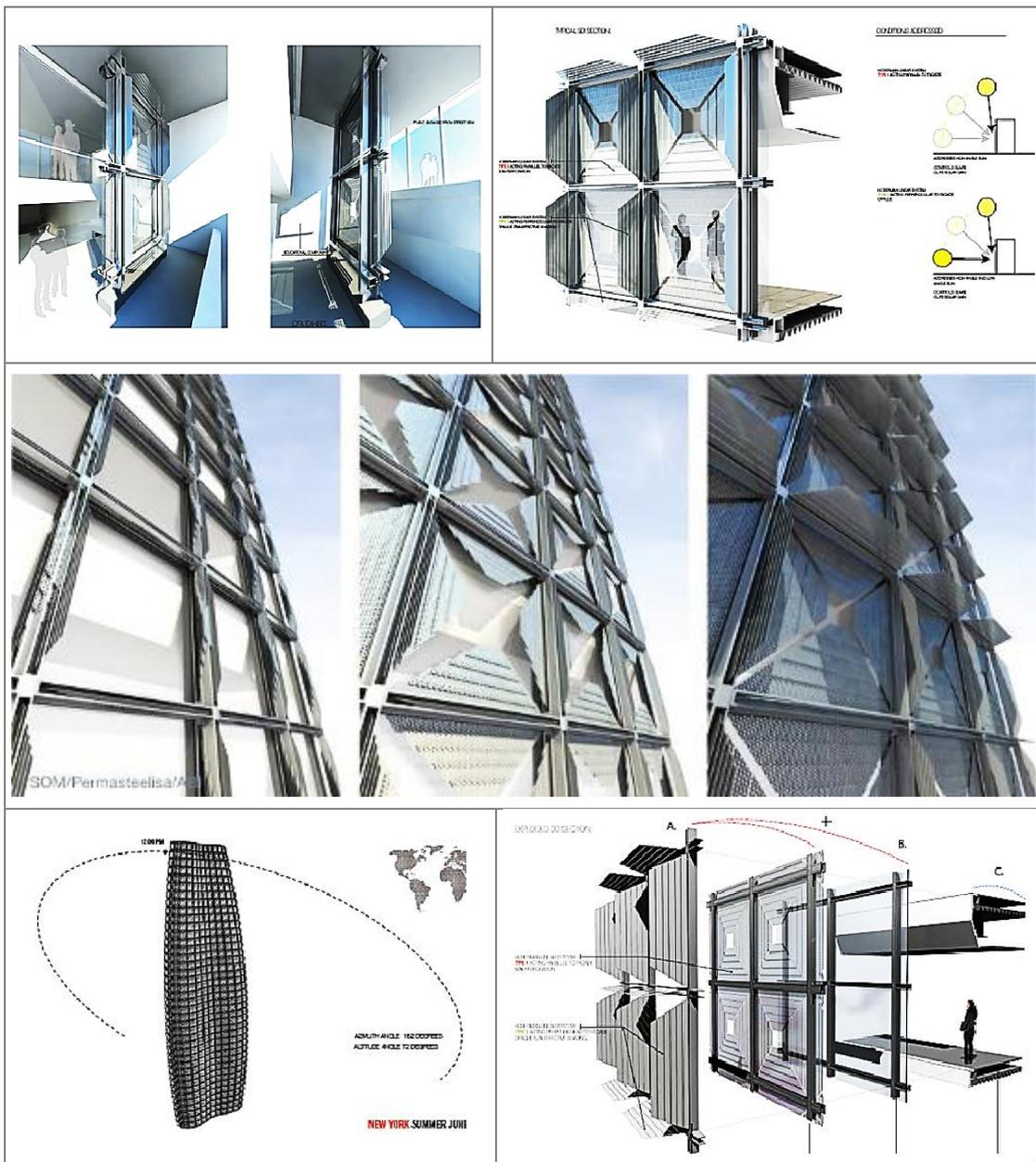


圖 3-50 Helio Trace 可動立面之設計說明

(資料來源：ADAPTIVE BUILDING INITIATIVE: Helio Trace)

[註 2]圖 3-50 左上：窗模組與室內採光；右上：動態窗模組包含側向與正向遮陽板；中：主動式遮陽模組以在不同伸展程度下的遮陽狀況；左下：合理的量體設計；右下：外牆構造的四個層次

(側面遮陽板、窗內遮陽片、一般玻璃窗、建築結構)

資料來源：<http://www.adaptivebuildings.com/heliotrace.html>

http://www.som.com/content.cfm/heliotrace_facade_popular_science_best_of_whats_new

三、巴塞隆納 Torre Agbar 大樓

1. 基本資料與使用需求

案名: 阿格巴塔 (Torre Agbar)

業主: 巴塞隆納供水公司 (Aigües de Barcelona)

機能: 行政辦公大樓

樓層: 33 層, 144.44 公尺高

設計: 金·努維爾 (Jean Nouvel)

地點: 西班牙巴塞隆納

緯度: 北緯 41 度

時間: 2005 年

2. 建築座向與量體配置

本案是圓柱型量體, 量體面積由下而上逐漸縮小, 量體的各向立面均質相似, 但依照太陽路徑在各方位配置不同密度的遮陽表層。本案的形體是由兩個非同心的內外柱體包裹而成³; 外圍柱體形塑整個建築外觀, 各層平面接近橢圓形, 混凝土構造的牆體上有諸多開口; 內圍柱體直徑略小於外圍柱體的半徑, 為大樓的主要結構體及服務核, 混凝土構造的牆體甚少開口近似封閉, 平面呈卵形, 內部為服務性空間; 各層樓板以鋼樑支撐金屬板來減輕重量。

3. 外牆節能設計手法

整座大樓設計強調環保節能減碳, 充分運用自然採光減少人工照明; 外牆上四千多扇看似隨意安置的方形窗, 其實是按日照方向決定其位置和數量。所使用的建材以絕緣、再生和無汙染為原則, 不使用含有甲醛、石棉特別是含鉛的塗料。此外, 利用空氣循環定律維持室內自然通風, 並使用不破壞環境的冷卻氣體, 以及水資源回收等, 都是以環保為主要訴求的特殊設計。

4. 外牆單元構件之設計特色與應用方式

建築物的牆體是雙層構造, 分為內外二層: 「內層牆體」是混凝土牆體, 表面覆蓋亮面烤漆鋁片, 鋁片的顏色以紅藍色系為主, 色彩由上而下從藍色轉變為紅色, 共有 25 種顏色; 「外層牆體」是玻璃百葉, 百葉構造是可翻轉的外遮陽板, 玻璃百葉有全透明或半透明, 兼顧遮陽與視野通透, 共有六萬多個葉片³。內表層與外表層之間的維修通道以鋼格柵搭建。

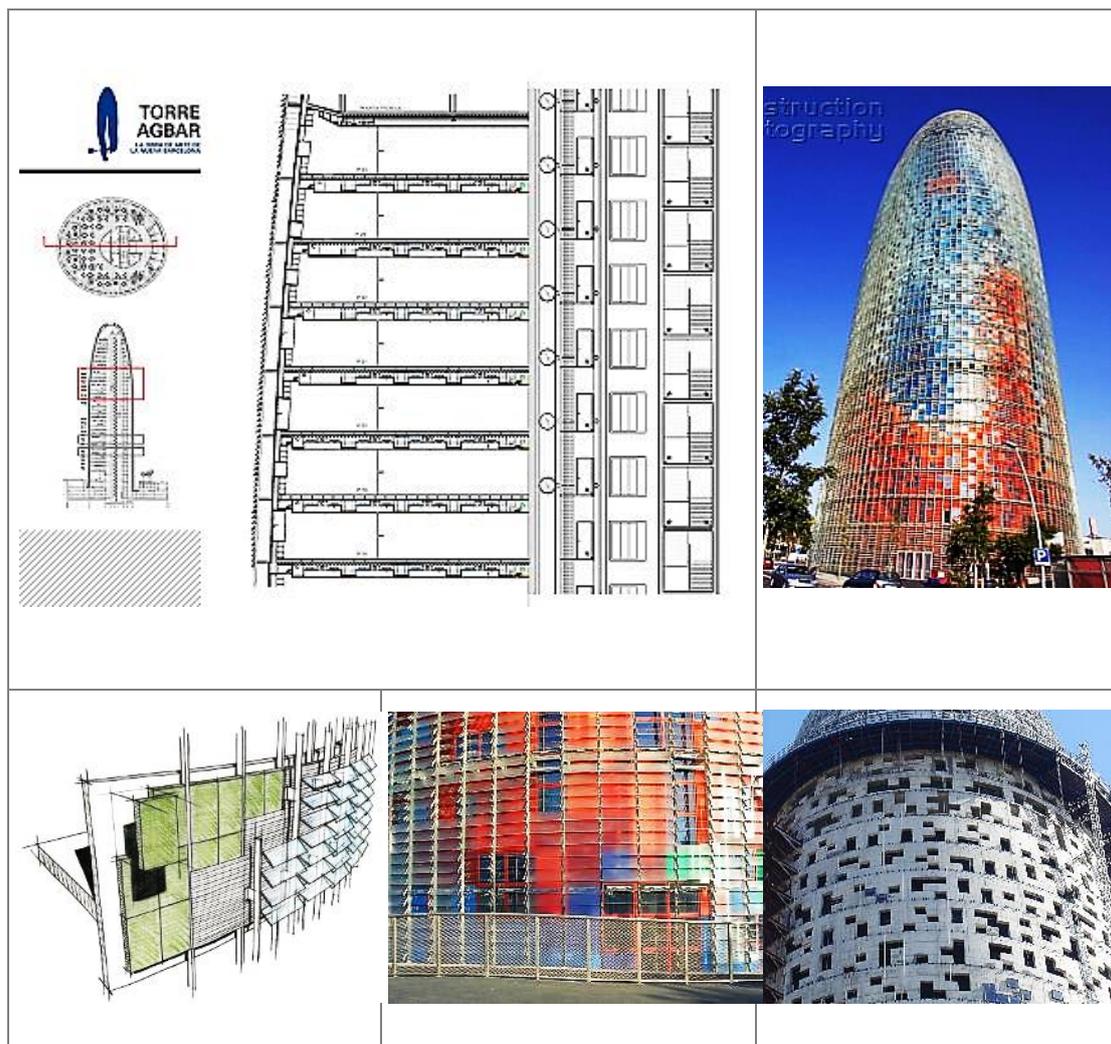


圖 3-51 巴塞隆納自來水公司總部大樓 Torre Agbar 設計說明
(資料來源：巴塞隆納自來水公司總部大樓 Torre Agbar, Jean Nouvel)

[註³]圖 3-51 左上：量體配置；右上：量體外觀；左下：外牆分為內外二層；中下：外層牆體遮陽板；右下：內層牆體開口狀況

資料來源：

阿格巴塔-維基百科

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%98%BF%E6%A0%BC%E5%B7%B4%E5%A1%94>

巴塞隆納自來水公司總部大樓

<http://www.archinfo.com.tw/member/09/090213.aspx>

四、德國 ZVK Building 可調式立面

1. 基本資料與使用需求

案名：建築業退休補給基金行政中心擴建案

(Administrative Extension for Supplementary Pension Fund of the Building Industry, ZVK Building)

機能：行政辦公大樓

設計：赫佐格聯合建築師事務所 (Herzog + Partner)

地點：德國威斯巴登市 (Wiesbaden)

緯度：北緯 50.5 度

時間：1994~2003 年

2. 建築座向與量體配置

行政中心分配在四排分隔的辦公帶的脊型結構中，以東北-西南方向排列⁴，各辦公帶深度 12 米，立面模矩 1.5 米，可配合各大樓的截面長度促進自然的採光與通風。每個較小的辦公區塊能左右或上下連接在一起，可創造個人型、團體型、混合型和開放型的各種辦公室。

3. 外牆節能設計手法

本案外牆在通風換氣的節能設計方面，運用了三層鑲嵌玻璃，包含一層絕熱性極佳、填充有惰性氣體的鉛玻璃。依據室外溫度與氣流狀況，立面上半部的通風換氣葉片，可以半開、全開或緊閉，以維持室內的空氣品質。室內壁面上僅及茶几高度的位置處有一配電器，在冬天時一個小型的對流式暖爐會把通風換氣葉片的空氣在進入室內前先預熱。⁴

4. 外牆單元構件之設計特色與應用方式

本案的外牆單元之主要特色在於北向立面與南向立面的板片構造，在功能上兼具遮陽與導光效果⁴。在北向立面上，運用固定的傾斜金屬板，使頂光偏斜至樓板以達房間深處；在南向立面上，每個立面單元包含兩片可翻轉的金屬板，在陰天時能使頂光偏斜至樓板以達房間深處，在晴天時金屬板上段變動為遮陽板，但能讓部分陽光經由金屬板內側的構件，反射入室內。金屬板中段能反射必須的直射日光進入室內深處，下段能讓視野保持通透。⁴

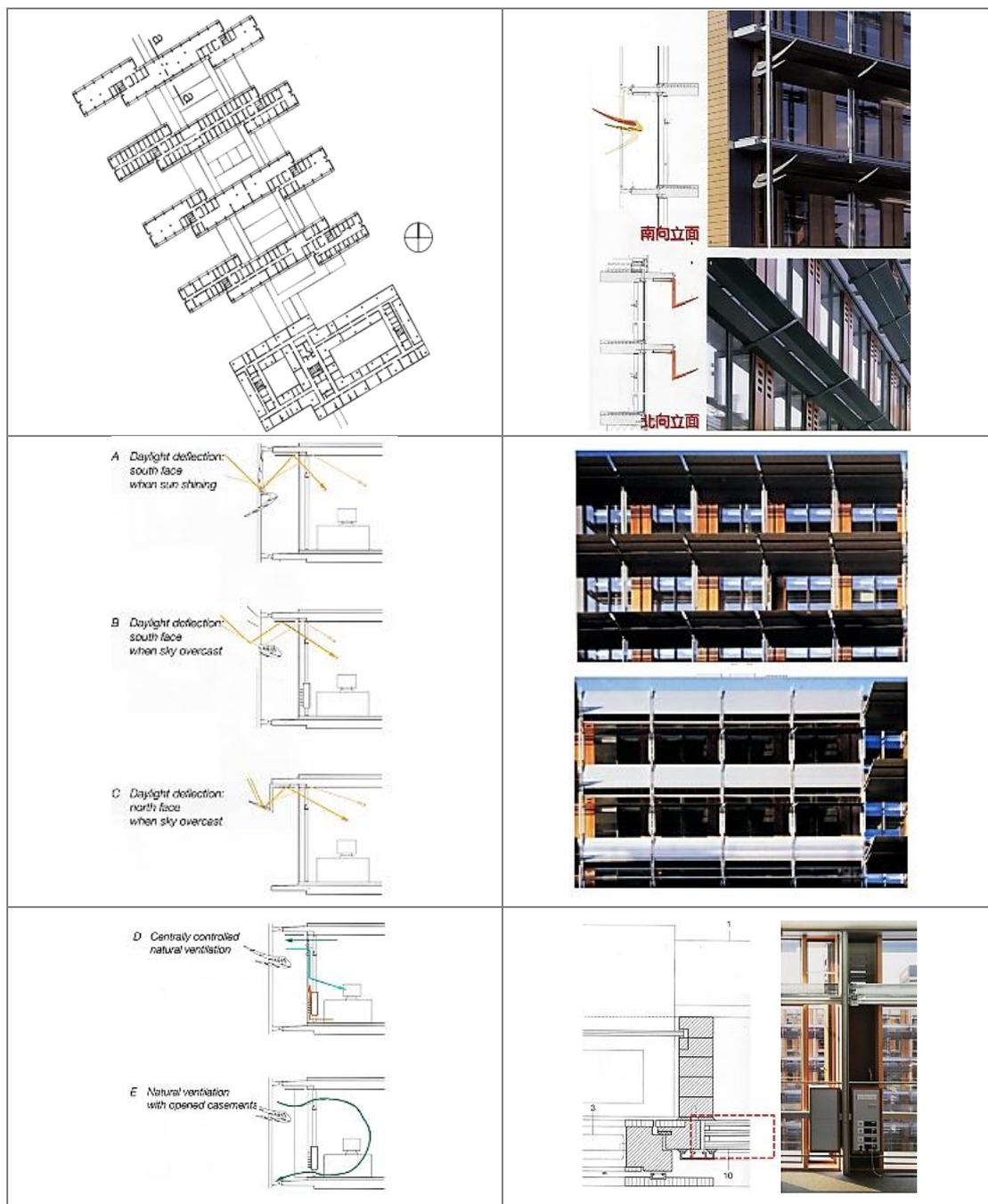


圖 3-52 ZVK Building 可調式立面之設計說明

(資料來源：Detail: Zeitschrift für Architektur & Baudetail & Einrichtung，建築 Dialogue 雜誌)

[註 4]圖 3-52 左上：建築座向與量體配置；右上：南北向立面之遮陽板與導光板；左中：外牆之導光與遮陽方式；右中：可調節板片之運作效果；左下：外牆之通風換氣方式；右下：可調節通風氣流之牆體構造

資料來源：

Detail: Zeitschrift für Architektur & Baudetail & Einrichtung, Vol.41-No.7.

建築 Dialogue 雜誌, No.68, pp.103-111, 04/2003.

五、德國 Expo-Tower 動態太陽能立面 Wesertal (Hameln-Emmerthal)

1. 基本資料與使用需求

案名：世博會太陽能塔的動態立面 (Expo-Turm Wesertal)

機能：住宅建築示範案例

設計：Niederwöhrmeier + Wiese, Architekten BDA

地點：德國 Hameln-Emmerthal

高度：16 公尺

緯度：北緯 52 度

時間：2000 年

2. 建築座向與量體配置

建築物為座北朝南的矩形量體，「量體南向」是正立面為開放性開口，設置大片開窗、陽台及維修通道；「量體北向」是背立面為封閉式牆體，為入口及垂直動線；「量體東西向」是側立面僅有小面積局部開口，側立面牆體構造由內而外分別為：鋼板、鋁百葉、太陽能板等三層⁵。

3. 外牆節能設計手法

本案以太陽能發電系統來供應熱水與電力系統所需要的能源，用於外層牆體光電板及玻璃窗膜光電板，分別使用不同的光電電池。本案的多種太陽能板及可動機構的整合運作下，可以使太陽能的獲取率達到 38%，比靜態立面的系統要高出許多。

本案依照建築量體座向，設置不同的節能外牆設計，包含：(1)隔熱構造(保溫層、鋁百葉、節能玻璃)、(2)遮陽構造(太陽能板)、(3)動態構造(定點翻轉的單軸追光構造、旋轉牆搭配可翻轉機構的雙軸追光構造)。

4. 外牆單元構件之設計特色與應用方式

本案正立面的可翻轉太陽能板是單軸追光機構，側立面的可翻轉太陽能板裝置於可旋轉的牆體上，形成雙軸追光機構⁵。

建築南向立面的牆體為固定的框架，在框架上裝設可翻轉的遮陽板，遮陽板的材質為太陽能光電板；建築兩側東西向立面的牆體，是兩片可以整面旋轉 180 度的牆體，整面旋轉的框架上搭配可翻轉的光電板，可以在白日不同時段，依照日照方位來調整旋轉角度，取得最佳的隔熱與擷能效果。

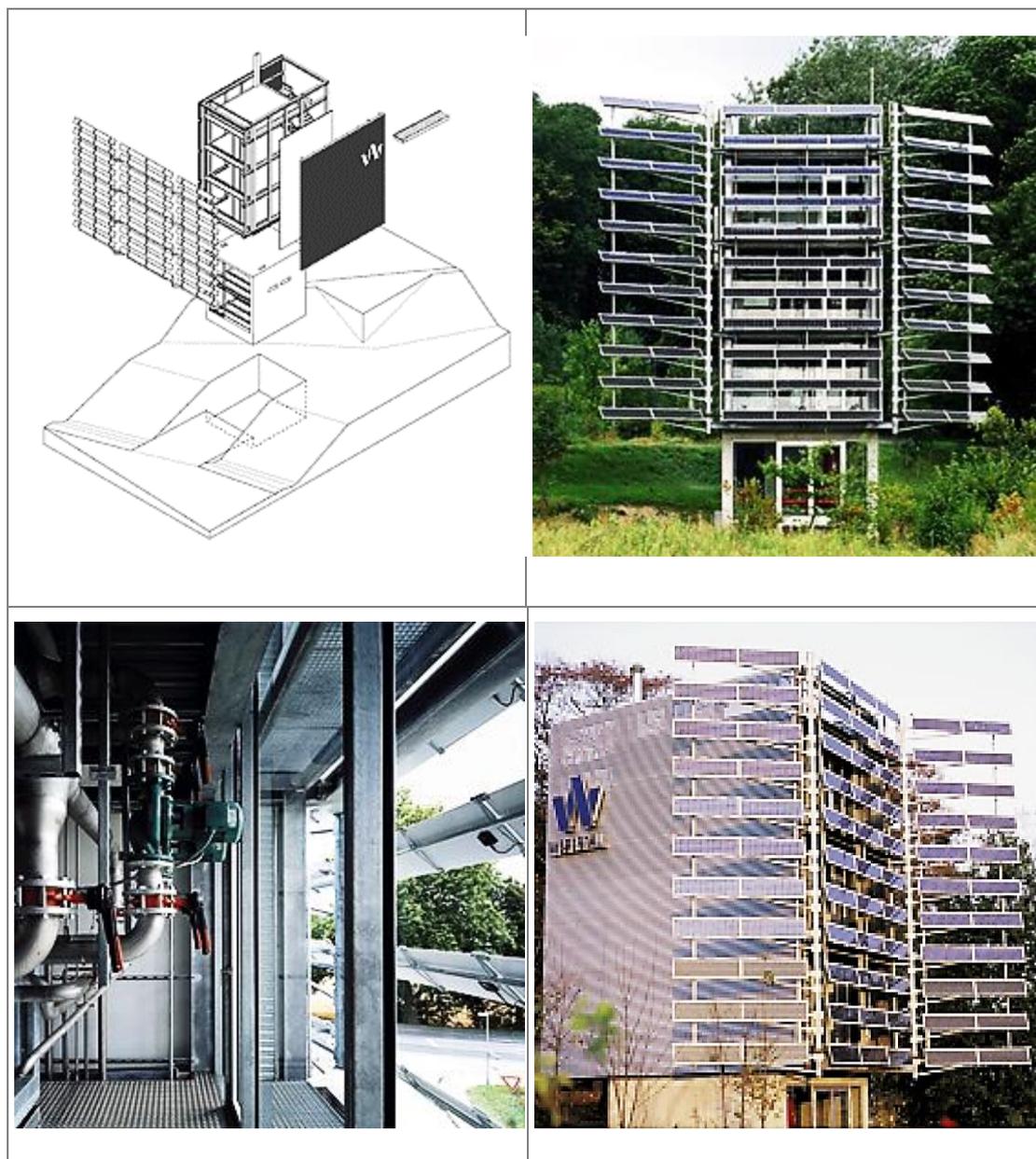


圖 3-53 德國 Expo-Tower 動態太陽能立面 Wesertal 之設計說明

(資料來源：赫爾佐格，2006 立面構造手冊)

[註⁵]圖 3-53 左上：建築物各向牆體分解圖；右上：南向固定牆體及兩側可旋轉牆體；左下：外層框架與內層窗體之間的鋼柵通道；右下：建築西向及其可旋轉的牆體

資料來源：

1.赫爾佐格 (2006). 立面構造手冊. Pp. 302~303

2.http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/290/10/Anhang_B5_B8.pdf

第四節 小結

一、複合通風型、全空調型、主動式創新類型案例節能外牆設計重點

表 3-3 複合通風型案例設計特點歸納表

設計準則 案例	牆體座向	開口率	外遮陽	開口部	外牆構造與材料
台北淡水 ellipse 360		高開口率視覺效果與採光	利用陽台與延伸水平遮陽	玻璃材料與係數考量	
萬華段集合住宅	針對東南側牆面提出減少熱輻射設計	開口尺寸提升室內通風效果	利用蜂巢式作為陽台的第二層遮陽	開口方式提升室內通風效果	使用隔熱材與增加牆厚
餘山住宅大樓			陽台延伸綠化與水平遮陽		垂直綠化植栽牆面
新北市土城國民運動中心			鋁沖孔複合板		隔熱棉、輕隔間牆
國立台灣科技大學台灣建築科技中心	利用北、東、南立面三段式節能窗，供自然通風實驗		自控式外遮陽捲簾設於東北及西南向開口		雙層立面系統，斷熱門窗，三明治外牆板
南台科技大學能源工程館			橫向中空鍍鋅金屬隔柵及廊道形成深遮陽		
嘉義產業創新研發中心			A 棟遮陽板、B 棟植生牆、C 棟格柵		C 棟雙層牆設計
嘉義縣溪口鄉文化生活館					雙層外牆作為牆體隔熱
Eroor Residential Development	南北向配置	高開口率視覺效果與採光	利用陽台作為主要遮陽	可開啟窗於乾季時具有通風效果	陶管水平遮陽
The Aqua Tower	採南北向配置		陽台之整體遮陽性能，以最佳化陽台之造型		
EGWW Federal Building		以三種開口率(41%、47%、57%)選擇進行測試	三種遮陽策略：水平、垂直、結合導光板設計		

(本研究整理)

表 3-4 全空調型案例設計特點歸納表

設計準則 案例	牆體座向	開口率	外遮陽	開口部	外牆構造與材料
全空調型 富邦福安紀念館			內夾金屬百頁的雙層玻璃	通風口換氣扇	
中台灣創新園區	頂蓋中庭設計		遮陽板具有節能、隔熱與調光功能		
台南縣政府					複層帷幕與太陽光電結合
宜蘭地政大樓	主量體東、南、北面於每年五月至九月上班時間開口玻璃面無直射光		南面大面開口部配置預鑄陽台版及金屬遮陽版	玻璃採用金屬微反射玻璃，阻絕部份光線進入室內	RC+ALC板與磚牆內含空氣層增加隔熱性能
台北華南銀行總部辦公大樓	雙層高度之空中花園，作為西曬緩衝區		陽台及遮陽		外在結構與帷幕牆
台積電中科十五廠			外掛植生網、遮陽鋁板、太陽能板、格柵		外牆系統採RC+輕量節能板系統 辦公區外牆採鋁板帷幕系統+玻璃帷幕牆
EGWW Federal Building			在斜屋頂上設置大型太陽能板，以提供大型遮陽	雙層玻璃窗氣密性佳	
Bullitt Center			不銹鋼色調百葉設計，離窗約12英寸製造陰影	兩英寸的三層玻璃隔絕熱空氣和冷空氣	外牆結合太陽光電
德國柏林GSW總部	運用東西向配置進行風向		可旋轉收納式遮陽、垂直遮陽	通風對策使建築物節能50%	雙層立面
德國Scandinavian北歐五國大使館立面	東西北三面為百葉牆面，南向為水平條狀開窗的木製表層		翠綠色的百葉，百葉共有4000片尺寸相同但開啟角度各異		

(本研究整理)

表 3-5 主動式創新類型案例設計特點歸納表

設計準則 案例	牆體座向	開口率	外遮陽	開口部	外牆構造與材料
主動式創新類 阿布達比投資公司總部	圓柱型量體均質統一，但依照太陽路徑在各方位配置不同密度的遮陽表層	在動態複層構造的運用下，得以採用高開口率之玻璃立面	以動態構造創造可調適的外遮陽		
SOM 的 Helio Trace 可動立面	量體開口不受限於採光方位，可用遮陽系統調節熱得與採光狀況	開口率可因時因地彈性調整	每個模組化單元，組合了幾個可延伸機構，對應不同方向的遮陽需求	玻璃材料與係數考量	
巴塞隆納 Torre Agbar 大樓	圓柱型量體均質統一，以動態表層構造在各方位調節		運用可翻轉機的可調適的外遮陽		
德國 ZVK Building 可調式立面	四個長條量體群以東北-西南方向配置，使量體開口區分成西北向與東南向之二種類型。	開口率高，以遮陽板調節受光狀況	南向的組合式可動板片，上段作為導光，下段作為遮陽板。北向固定板片，作為導光板。	開口部的構造可進行通風換氣。	
德國 Expo-Tower 動態太陽能立面		開口率高，以遮陽板調節受光狀況	南向的固定立面上裝置單軸追光之遮陽板。東西向立面可以整片翻轉，成為雙軸追光的遮陽板。		表層構造整合太陽能板與遮陽板外層立面可以整片翻轉。

(本研究整理)

二、外牆節能設計手法

由本章之案例分析可將其立面設計手法整理成為表 3-6 之設計策略，並蒐集上述案例重點，作為未來發展技術指南手冊之依據。依據表 3-6 外牆設計手法可分為「建築造型遮陽、開口率、遮陽構件、開口部通風、隔熱材料與構造」。

表 3-6 節能外牆設計重點整理

立面節能策略	重點說明	設計重點
熱輻射控制：	阻隔直射陽光熱輻射從自主遮陽 Self-Shading 方法(建築造型)或是遮陽設施。	建築造型遮陽 遮陽構件
減少外部熱得：	阻隔太陽熱增益藉由透射(藉由使用好的隔熱立面元素)或是傳導(遮陽)。	開口率 隔熱材料與構造 遮陽構件
降溫：	在環境特徵和建築機能許可的情況下使用自然通風。	開口部通風
採光：	使用自然光線來源在最小熱增益之下透過遮陽和導光板的使用。	遮陽構件 導光板

(本研究整理)

三、外牆設計案例之分類

本章中之案例透過牆體構造分類根據「建築物強化外殼部位熱性能節約能源設計技術規範」之表 4，將現有外牆斷面構造依據牆體構造分類為三種系統分別為：基本牆系統、帷幕牆系統與其他牆系統。然而，國內規範中包含了三種系統的單牆體、窗框、玻璃等本身的資訊，而沒有第二章文獻整理中所提到之「整合式外牆」的整體資訊，因此本研究將案例整理成基本牆系統與帷幕牆系統兩大類，每大類中又可包含門窗系統、遮陽系統、PV 整合系統等綜合類型，另增加目前法規未涵蓋的雙層牆(DSF)、環境感應式立面(RBE)作為未來研究之範疇，如圖 3-54 中色塊部分表示現有國內綠建築相關規範所包含之範圍，由此可見尚有許多類型值得深入探討並訂定相關規範。

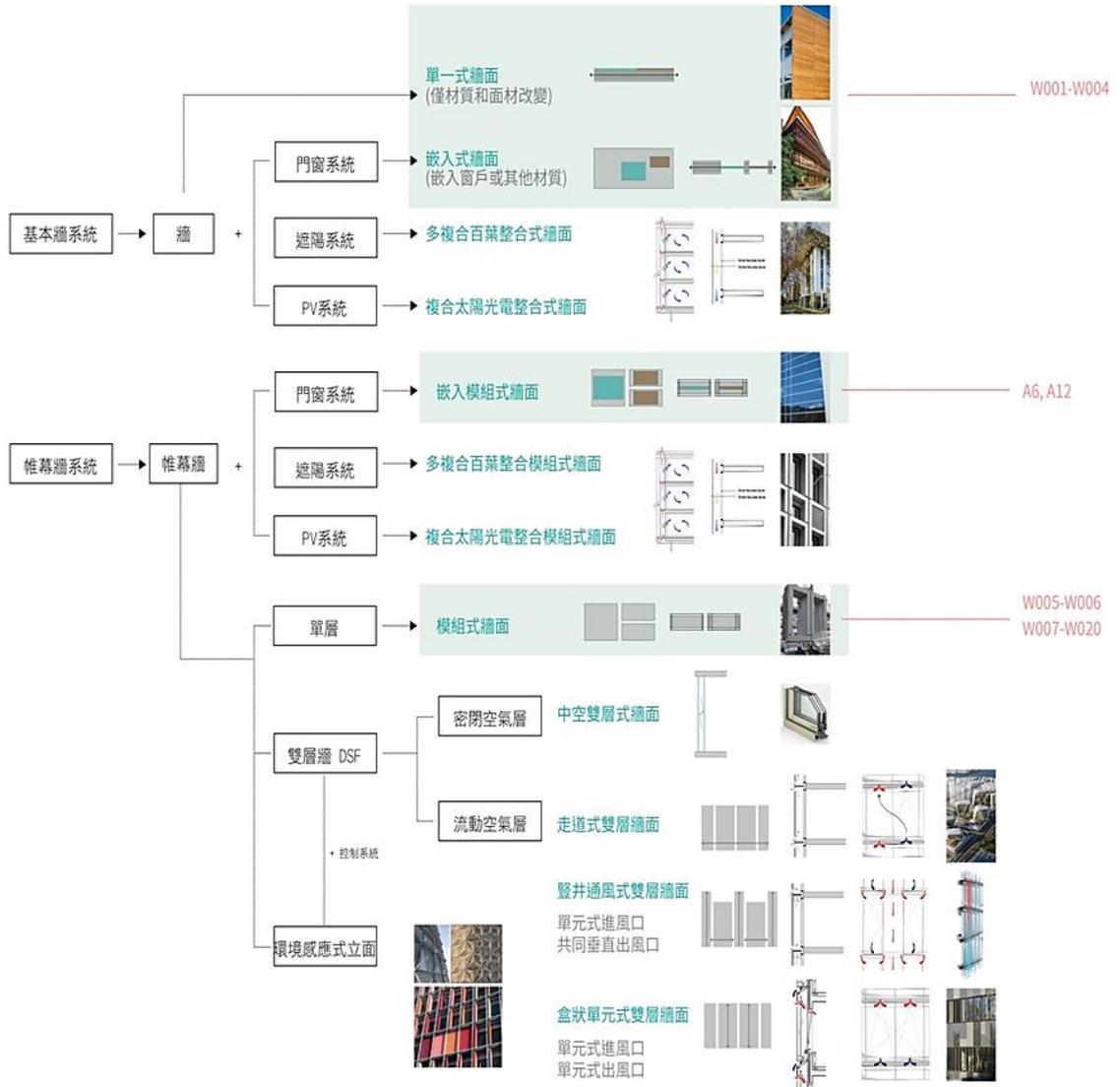


圖 3-54 外牆系統之分類架構

(本研究繪製)

第四章 專家訪談與座談

第一節 第一階段專家訪談

為了解學界(節能專家、外牆專家)、產業界(建築師事務所、外牆業者、建設開發公司)、建築物使用管理單位等各界對於節能外牆之看法，本研究前期除了透過文獻的分析，並透過實際的訪談，尋找關鍵議題以擬訂研究方向重點，並深入研究子題。以下茲將本研究於第一階段所規劃全省一系列之訪談對象及訪談內容重點摘要如表 4-1，各次訪談之議題及詳細會議紀錄，請參見本報告書附錄四：

表 4-1 第一階段專家訪談摘要表

專家姓名	訪談日期	訪談之重點意見
經濟部中創園區 廖俊茂建築師	104/2/10	智慧化設備管理系統實測 外牆資料提供以進行元件化與能耗模擬
成大建築系 林子平教授	104/3/23	台灣外殼節能優先順序建議 阻擋輻射熱的條件與設計手法 複合材料的模擬相當困難
成大建築系 陳震宇教授	104/3/30	導入節能策略通常決定於成本 太陽光電設計應注意可達到的效能與維護計畫 適合台灣的帷幕主動系統為透光部環境感應裝置
九典聯合建築師事務所 陳志淵、陳柏儒、 張淳榕專家	104/4/13	事務所需要節能模擬專業團隊 事務所設計流程:初期依氣候快速策略分析，後期選 定特定細部模擬 先決定模擬重點後建置需求模型
美港聯和帷幕牆公 司 汪俊宏建築師	104/4/14	雙層牆因室內外溫差小，無外氣循環，僅透過室內 空調排熱，效率有待驗證 玻璃係數和特性若需採用符合美國 LEED 規範時， 台灣玻璃相關公開資訊不足
歐洲在台商會 能 源與環境委員會主 席/德國旭格 (Schuco)帷幕牆公 司 Andreas Gursch (顧安德)專家	104/4/22	PV 在台灣低電價環境，成本回收周期太長，不易 推廣 台灣與德國規範的差異，目前技術層面已不是問 題，重點在於怎麼整合、怎麼立法 德國旭格發展 SchuCal 專用模擬軟體及標章應用手 冊，協助廠商開發應用元件

(本研究整理)

經過上列多元的訪談，使本研究團隊更從實務面了解：台灣目前氣候條件及業界環境，在外牆節能相關之設計策略、設計流程、效能模擬、外牆案例、帷幕門窗使用及現場施作等各個面向的現況，驗證國內外文獻與案例之相關內容應用之可行性，並做為本研究開展之基礎。

第二節 第一次專家座談會議

時間：5月4日(星期一)下午1點30分至3點30分

地點：內政部建築研究所13樓會議室

專家名單：

內政部建築研究所環境控制組廖組長慧燕

國立臺北科技大學永續環境與綠建築研發中心周教授鼎金

張矩墉建築師事務所張建築師矩墉

國立成功大學能源科技與策略研究中心李博士訓谷

國立臺灣大學生物環境系統工程學系黃教授國倉

國立政治大學地政學系孫教授振義

工業技術研究院 綠能與環境研究所 太陽光電科技中心黃工程師朝揚

工業技術研究院 綠能與環境研究所 智慧節能系統技術組蘇博士梓靖

一、座談議程

表 4-2 第一次專家座談會議程

建築物節能外牆之應用研究 專家座談會		
時間	議程	主講者
13:30-13:40	報到	
13:40-13:50	會議說明	主持人
13:50-14:20	研究報告： 建築節能外牆之應用研究 現況報告	計畫團隊
14:20-15:20	討論提綱： 台灣發展整合式節能外牆之問題與挑戰 (現況經驗分享) 設計階段整合模擬 完工後效能實測驗證 相關材料數據取得及規範建置 2. 台灣發展整合式節能外牆之建議 雙層牆、PV 外牆、PV 遮陽等在台灣應用之可行性 實務面各跨領域分工之整合 如何與既有標章之外殼節能計算標準接軌 適合本地外牆供應端開發之單元 3. 本研究發展外牆節能設計指南之相關建議	主持人 計畫團隊 與會專家
15:20-15:30	會議結論	主持人
15:30-	散會	

(本研究擬定)

二、專家意見

表 4-3 第一次專家座談會意見摘要表

<p>內政部建築研究所環境控制組 廖組長慧燕</p>	<p>整合式外牆需要明確定義 「整合式」外牆資訊，指的是一種完整性，除了外牆本身的性能以外，也考慮設計的其他面向，如：台灣季節的地域特性，建築座向方位、隔熱、開口比例，照明耗能所產生的間接成本。 整合性資訊也是希望提供建築設計者一個簡明的大方向設計指導，而非僅有數據資料。 各種不同評估工具之間，有衝突也有重疊因子，如：BIPV 和遮陽之間。未來建研所在南部將會有節能實驗室，共有五組，可用來實際評估多種評估工具時組合。 智慧自主外牆在國外有相關規範是否能引入國內借鏡？尤其是成本效益 ROI 數據應提供給設計者參考。國內外的地域氣候差異所造成的法規通用性應一併考慮。 現階段的節能外牆應優先提出各種類型及手法，比較各種手法的效益，BIM 的部分可以先其次處理。 我們認為綠建築法規太複雜，我們需要的是目前設計的實際應用給建築師使用參考。 期望期末的回饋： 1.設計指引 2.整體建議 3.主動控制的發揮</p>
<p>國立臺北科技大學永續環境與綠建築研發中心 周教授鼎金</p>	<p>本研究之外牆，是否指建築物外殼(不含屋頂的部分)，包括立面之不透光部位、透光部位，請說明確認之。(透光部位需考量開口部設計之通風及玻璃能耗) 外牆設計的指南，不應僅有法規考量，目前法令上指有規範 U 值。應為外牆的創意美學設計，找到數據佐證，找到外牆設計在美學和節能數據夾在之間的關聯。建議遮陽部分能提供較實際的構法及組合方式。 業界需求：工法上如何達成大開窗又不影響效果的作法？如何達到在符合法規規定下具經濟效益的外牆工法，然而建築節能設計期待不是被法規限制，依循法規而形成之建築節能。因此期待本研究成果能導引、示範，從節能解析分析而有創意、美學並具節能效益的建築設計。</p>
<p>張矩壩建築師事務所 張建築師矩壩</p>	<p>整體外牆的比重定位在台灣現行外殼節能規範，是否效益不高？ BIPV 在台灣低電價環境中，如不突破低發電率瓶頸，則難以推廣。BIPV 在台灣應用的是有，但效益不高也是事實。除了自然的天候條件、地理因素外，PV 的效率無法有較大的突破，電價又長期被壓在低檔，也有很大的關係。當被整合在作為建築物的構件中，就必須同時符合作為構造的一部分所需考量的所有性能中，包括強度、保養、維護、更新等等。所有的這些 PV 作法、遮陽若不考慮經濟效益要在台灣應用當然沒問題，要考慮和節能標章計算可能就需對於各部分構</p>

	<p>件角度的發電效率有更深入的評估較有可能逐步接軌。</p> <p>主動式外牆、雙層牆面，需要陸續立法配合。DSF 在學理上是應該可行，但要如何評估其效益，可能還要有更進一步的論述。而法規上(建築技術規則)是要視為單一複合外牆，還是以內部牆為外牆，外部牆為遮陽成其他附屬物，尚待討論與釐清。可動式的智慧型遮陽當然是很好，但恐怕在現行節能評估上要如何對應其 K_i，可能要再進一步研究。目前的節能規定是對 BIPV 遮陽修正有作規定，但對其他智慧型主動技術尚待補充。</p> <p>隔熱漆的效果來自反射率，而非 U 值，這要如何評估？</p> <p>台灣氣候複雜，通風影響很大，複合型空調的建築很多，與歐洲不同。應先定義在台灣地區的條件下，節能中外牆所占的重要性有多高？以現行來看可能並不是很大，要如何看待這些外牆因子。</p> <p>我們需要簡單的手法應用和規範操作，當遇到的問題時，可用來檢討法令，以提供構造方式、組合方式、及如何運用組合。</p>
<p>國立成功大學能源科技與策略研究中心 李博士訓谷</p>	<p>先釐清基本節能機制 → 考量本土通用性(氣候、地域)、考量結構、工法、成本。</p> <p>節能機制有五種：遮陽、隔熱、散熱、蓄熱、蓄能。PV 短期節能效益不高，但長期 ROI 效益是有的。</p> <p>主動式外牆：先有評估技術，評估平台、再談規範。例如：LEED 為玻璃中藏有百葉的構造，實體大量研究，才作規範。</p> <p>綠牆所牽涉的因子複雜，牽涉溫度、溼度(含水率)，植栽 U 值量測及量化表格較難，以圖面作質化探討是目前做法。</p> <p>這份技術指南需定義是給誰使用，對於廠商而言是建材評估軟體目的是希望看到不同建材效益、成本。對建築師而言需要的是模擬的回饋如 Ecotect 等。</p> <p>目前已有台灣留學生至東大進行日本及台灣外牆改善分析，結論是量化相當困難，建議本研究可以先透過圖說及大樣圖等，就工法、樣貌、平均能耗減少比率等質性優缺點進行探討。</p>
<p>國立臺灣大學生物環境系統工程學系 黃教授國倉</p>	<p>外牆節能，應依不同建築類型，建立不同的 Typical Model，因為純自然通風，純空調型，複合空調型，三者的評估基準應不同。</p> <p>台灣有許多屬於複合空調型，此型的基準模型甚至可以把時序變化納入考量。End-User 的 Hvac 效率應先定義。</p> <p>建議一種 Case Based 的方法，用同一個建築模型，改變不同的外牆參數，再作敏感度分析、成本效益分析。</p> <p>照明模擬：牽涉到節能及自動控制部分，建議能使用 EnergyPlus 及 Daysim 加以模擬。</p> <p>台灣外牆未考慮時滯現象，但與機能有關。</p> <p>SC(ϵ_i)部分，主動式遮陽及熱致電變色玻璃等特殊材料之應用，應回歸經濟效益及投資回報率。</p>

<p>國立政治大學地政學系孫教授振義</p>	<p>根據我跟廠商的了解，隔熱漆的隔熱效果不是因為 U 值，而是透過反射。目前台灣評估外牆的方式幾乎都是透過 U 值，那如果碰到這種反射的東西要怎麼來評估？</p> <p>「通風」對於台灣的地理條件影響大，根據自己辦公室的經驗，一年大約只有開三分之一到四分之一。其餘大多決定開窗大跟小。因此不同於溫帶與寒帶國家的全空調，通風可以改變很多事情。</p> <p>308 條之 2 法規中的修正，就是因為玻璃帷幕漸漸出現在一些住宅中，而過去往往住宅考量的就是要通風，因此若不修正不開窗的住宅往往跑不過。</p> <p>建議思考若重新做一些規範，或許可以研究出一套示圖以簡單手法的操作應用，不要把以後的應用弄得是一個很複雜技術。</p> <p>在設計實地運用時，圖形資料仍是主要媒材，建議納入主要圖例於報告中。</p>
<p>工業技術研究院綠能與環境研究所 太陽光電科技中心 黃工程師朝揚</p>	<p>台灣使用 PV 效益不高，大多用在屋頂，探討隔熱效果。</p> <p>PV 材料種類很多，特性不同，U 值難以界定。</p> <p>過去在 BIM 模型上模擬 PV 效果(Ecotect)但缺少 PV 材料的資訊，建議可以把 PV 視為建材，在 BIM Model 中提供材料資訊。</p> <p>建築師透過這套可以做甚麼？</p> <p>可以考慮各種材料、遮陽或是換掉玻璃比較其差異性。</p> <p>建議整合性外牆以建築模擬輔以實測驗證可強化外牆節能計算上的不足。</p>
<p>工業技術研究院綠能與環境研究所 智慧節能系統技術組 蘇博士梓靖</p>	<p>各類建築耗能組成不同，外牆節能效益之評估恐 case by case 難有一般可公用參考之值。外牆對整體節能效益貢獻度有限。</p> <p>外牆整合資訊方面，Envload 即為我國建築外殼節能整合設計評估方式，建議深入瞭解之。目前 Envload 已經考慮了各方面的參數，如何將既有法規深化？建議在現有的法規基礎下納入新技術。</p> <p>外殼對耗能的影響是間接的，不像 COP 值只要汰換空調機就可替換，當建築類型不同時，耗能組成亦不同，外牆影響如何評估？節能量怎麼看？</p> <p>業界最在乎的是：節能效益、回收效益 Roi，在 Roi 方面，外牆節能效益的評估應是間接性的。</p> <p>在 Facade Selector 介面中，左邊的紅色數據中並沒有節能效益，建議納入。</p> <p>業者想要的重點是節能效果和成本。</p> <p>外牆通風相關評估難以落實到節能，亦難模擬。</p>

(本研究整理)

三、研究團隊回應

由於整合式節能外牆之範疇相當廣泛，目前在座專家學者也都深入各研究課題完成許多研究成果，本團隊將整合應用既有之研究成果，並配合我國之相關綠

建築法令，更進一步釐清之研究範圍、定義、合理有效之應用分類方式及如何提供具參考價值的設計資料與工具，以達成本研究之預期目標。



圖 4-1 第一次專家座談會活動照片 1
(本研究拍攝)



圖 4-2 第一次專家座談會活動照片 2
(本研究拍攝)

第三節 第二階段專家訪談

因應期中審查之評審意見，本階段訪談之主要目的包含：(1) 蒐集更多本地外牆節能案例，以取得通用性；(2) 充實指南內之牆面細部設計圖面及數據；(3) 訪談太陽光電、多層次外牆、外牆隔熱等設計過程之相關經驗。由第一階段訪談結論了解到建築師是主導節能外牆設計的關鍵角色，因此選定建築師事務所做為本階段訪談之主要對象。

訪談議題包含：

1. 請推薦幾件貴事務所代表作，作為本研究編撰“建築物外牆節能指南”之示範案例？(特別是整合特殊遮陽、BIPV、double skin 之案例，如：台南縣政府、...等) 可否提供特寫照片及外牆斷面材料之細部圖說？
2. 規劃設計階段，如何進行能源效率模擬計算？是否針對外牆的省能與創能效果進行檢討？(由內部人員或外部節能顧問執行？使用軟體？)
3. 建築物完工使用後，是否進行能源效率之實際量測或追蹤統計？
4. 針對整合式外牆(BIPV、double skin、環境感應式外牆等)之造價如何推估？是否計算投報率 ROI？是否配合相關獎勵？
5. 以目前的綠建築法規與標章評估標準，檢討整合式外牆(BIPV、double skin、環境感應式外牆等)設計時，是否有任何需修正之建議？

以下茲將第二階段之訪談對象及訪談內容重點摘要如表 4-4，以下 3 場訪談之詳細會議紀錄，請參見本報告書附錄四：

表 4-4 第二階段專家訪談摘要表

專家姓名	訪談日期	訪談之重點意見
葉世宗建築師事務所 葉世宗建築師	104/8/27	BIPV 的評價方式應將美學與發電量等量齊觀，不能只考慮最大發電效率。光電綠建築應大量獎勵，台灣才有可能減少核電廠設置。 太陽能系統用併聯型較好。PV 模組目前多晶系較普遍(轉換率 16%)、薄膜吸收漫射光效率佳，適用於外牆(14%)。 建議政府能獎勵節能裝置之追蹤驗證。 太陽能板造價目前為每千瓦 6 萬元計，每米平方 BIPV 施作於外牆約 8-9 千元，比貼石材便宜且能發電，雙層 Low-E 隔熱玻璃亦降價許多，可以更廣泛應用，增加設計之自由度。 格柵透空限制及非陽台之雙層立面間隔之面積計算建議能放寬，以鼓勵多層次節能外牆設計。
石昭永建築師事務所 石昭永建築師	104/8/27	外牆構造有兩大方向：實牆不透光部分(絕材+空氣層+保麗龍隔熱材+STO 隔熱漆)、開口部分(外牆結構+節能玻璃+設備百葉+遮陽百葉+通風排熱)

		<p>DOE2 或 eQuest 軟體只能假設外牆為小開口或大開口做整體熱負荷模擬，無法計算外牆局部熱流狀況。</p> <p>目前綠建築標章簡算法，無法反映隔柵、陽台、Low-E 玻璃等多層牆熱傳計算，目前的簡算法只容許以一種類型來認定，建議可以按照每層熱流折減率相乘來計算節能效果。</p> <p>目前法規垂直透空率 50%之規定，對於較複雜具變化的造型，建議能如同 LEED 標章採認合理之電腦模擬平均值。</p> <p>植生牆在綠建築認證檢討，屏東縣政府 10-20cm 薄層綠化即可得分，但在縣市政府法規要到 60cm(灌木)-1m(喬木)才可認定，建議可以統一修正。</p>
元根建築師事務所 鄭乃夫建築師	104/8/27	<p>外牆採用 30 公分 RC 牆+EPS 節能板+STO 隔熱塗料之優點：具隔熱效果、外觀厚度有助於造型美學、可節省外牆粉刷費用、可降低空調負荷。</p> <p>住宅深天井的大片開窗設計，檢討時無對應的 Ki 值，因此每一個開窗都要繪製剖面圖解說，建議能有簡化對策。</p>

(本研究整理)

此次三場訪談，從實務面獲得了許多寶貴的經驗，特別是在造價分析上普遍了解到外牆扣除結構部分，相關造價約每米平方 1000-10000 元，但造價並不直接與節能效果成正比，因此在設計策略的考量應該才是節能成效的重點。此外，目前綠建築檢討上，仍有許多因應設計常態需做調整或各縣市規範間建議整合之空間，使設計人員能直接從設計面更有效落實建築外殼熱負荷之檢討。

第四節 第二次專家座談會議

時間：10月6日(星期二)下午4點00分至6點00分

地點：內政部建築研究所13樓簡報室

專家名單：

石昭永建築師事務所石建築師昭永

台灣檢驗科技股份有限公司營建管理部汪副理孟欣

九典建築師聯合事務所郭建築師英釗

九典建築師聯合事務所張分析師淳榕

川昱永續環控公司陳總經理重仁

張矩墉建築師事務所張建築師矩墉(未出席)

一、座談議程

建築節能外牆之應用研究 專家座談會		
時間	議程	主講者
15:50-16:00	報到	
16:00-16:10	會議說明	主持人
16:10-16:30	研究報告：建築節能外牆之應用研究 現況報告	計畫團隊
16:30-17:20	討論提綱： 貴單位對節能外牆(如：雙層牆、PV遮陽、隔熱外牆、植生牆等)設計模擬之經驗分享與建議 法規面 ：創新材料與構法如何與既有節能計算標準接軌? 設計面 ：節能導向案例，外牆設計流程為何? 實證面 ：如何綜效模擬? 完工實測驗證 2. 對於本案之外牆節能設計指南草案，請提供建議 如何提高設計指南實用價值? 編排及分類架構建議： 建築用途分類及節能手法分類 案例圖面呈現方式 國內外案例蒐集方向 量化模擬與節能參考數據 其他... 外牆產品開發端之相關資訊	主持人 計畫團隊 與會專家
17:20-17:30	會議結論	主持人
17:30-	散會	

(本研究擬定)

二、會議紀錄

<p>石昭永建築師事務所 石建築師昭永</p>	<p>混凝土外牆雖然遮陽效果很好，但高蓄熱性往往造成室內的輻射熱提高，而增加空調的耗能。如何模擬計算而有較精密的外牆節能，可以在日後的研究中加入。 外牆的光線如果能夠提供室內足夠的漫射光源，外牆節能可以和照明節能合併計算。</p>
<p>台灣檢驗科技股份有限公司營建管理部 汪副理孟欣</p>	<p>BIM 自適應元件，進不了 gbXML 將成果設計為元件檔寫入廠商資訊或相關概估造價 模擬驗證方法可考慮相關國際標準，作標準單元模型的設定，包括：尺寸、開窗大小、內部負荷及排程時間，以外殼種類作為變因，探討不同外殼的節能量，作為比較基準及市場產品變數的參考。 未來建議針對研究成果的各類外殼類型，探究是否有成熟的供應商及成本造價，供給有意採用的業主做為決策參考。 目前大陸針對牆施工的專業訓練及認證，有運用現場 Mock up 實作驗證的機制，透過現場實作結果，驗證品質及專業施工能力。</p>
<p>九典建築師聯合事務所 郭建築師英釗</p>	<p>外牆“節能”的定義和目標是甚麼？和基準值比較、或計算穿透的能量？、或計算節電的度數？ 法規是與時俱進，代表過去的標準。研究案可以不用著眼於方便開業建築師符合現行法規。 基本設計階段，對節能影響最大，開口遮陽的分類可以進一步簡化，特殊性太強的較無參考價值。</p>
<p>九典建築師聯合事務所 張分析師淳榕</p>	<p>模擬部分：情境假設應說明清楚，是否各區域結果會不一樣；若各區不同，如何彙整應用表格？是否應與 Field Test 比對？(從中找到不確定性...)；只使用一種軟體(REVIT)是否偏頗？模擬結果應增加文字解釋。 數據資料庫：線上 Service 是否應一併準備？(承陳重仁老師說法) 是否可純做文獻整理(國內外 Case Studies)，因實際案例資料很難取得。</p>
<p>川昱永續環控公司 陳總經理重仁</p>	<p>目前技術指南中的案例，國外特殊案例太多，對技術手冊來說，建議以較具代表性的案例來說明節能外牆設計策略，而非以特殊案例作代表，對業界幫助較大。 建議法規節能外牆要求上，應該要逐年提升，因為目前國外包括中國大陸，在外牆的要求，均較台灣嚴格，並與本技術指南的策略相呼應。</p>

(本研究整理)



圖 4-3 第二次專家座談會活動照片 1
(本研究拍攝)



圖 4-4 第二次專家座談會活動照片 2
(本研究拍攝)



圖 4-5 第二次專家座談會活動照片 4
(本研究拍攝)

第五節 專家意見彙整

透過本章各小節之專家意見，歸納我國目前外牆節能實務現況與發展需求重點如下：

一、本地環境之設計對策：

台灣因氣候複雜、濕度高，通風影響大，複合空調型建築多，外牆節能設計應優先考慮開口率(<40%)及輻射控制(外遮陽及玻璃)，其次為對流，再其次為降低外牆 U 值。整合式節能外牆仍以結合格柵、遮簷及隔熱玻璃的多層次外牆最為常見。使用 PV 設在外牆上常受到週邊建築物遮蔽，影響發電效率，以原台南縣政府外牆設計為例，晶圓並聯串接時須考量遮陰之影響，將外側及內側分開串接，使發電機會增加。PV 在目前台灣電價環境下，示範意義大於實質效益，若要設置應審慎評估其效能及設置目的。但若由大環境來看，著眼於減少建築物碳足跡、台電無條件優惠購回民間發電、以 PV 取代原有建材造價等觀點，PV 仍有其裝設做為外牆面材或遮陽之誘因。

二、業界外牆設計實務現況：

建築物外牆節能設計標準、外觀造型及工法的設定，主要由建築師所主導、外牆業者及顧問配合提供技術與產品，因此建築師對設計案的節能企圖與決策為主要成功關鍵，外觀造型美學、相關標章申請條件的配合等，亦包含在設計決策的考量之中。造價與法令規範要求則為影響外牆設計決策的主要外在條件。大部分的建築師事務所對於節能的考量仍以配合目前綠建築法令要求及綠建築標章申請為主，較具規模之事務所才配備有專職人員，進行能源模擬計算或細部設計模擬，若需要更專業的檢討則需委由專業顧問公司協助進行驗證。

三、節能外牆發展之需求面向：

1. 設計流程：

以節能為主導，節能設計評估流程可以標準化，透過初期的配置座向與中期的細部設計兩階段的軟體模擬及設計回饋加以達成。對於彼此衝突影響之節能因子(如：遮陽與採光)，應透過方案比較，再依設計需求決定優先順序。節能設計相關圖面需求，可依設計階段訂定交付標準，如：帷幕鋁擠型等細部大樣可以直接透過 2D 圖面表達。

2. 設計資料庫：

現階段節能外牆應優先整理簡明的指南，列出各種外牆類型設計手法，提供建築設計者大方向之參考，導引示範兼顧法令、美學、經濟效益之外牆工法。(根據專家建議，擬訂初期因量化困難，建議本研究先透過圖說及大樣圖等，就工法、樣貌、節能比例等質性優缺點進行探討)

3. 法令規範：

現有節能法令需要配合新式外牆設計應用及工法加以修正，如：BIPV、玻璃帷幕住宅等。主動式外牆、雙層牆(DSF)、複合材料之節能效果計算複雜缺乏論述，模擬方法目前仍有待驗證，而目前法規及標章中節能措施之計算僅能擇一進行計算，無法就多層次外牆之整合效益加以評估。整合式外牆(主動式遮陽、雙層牆...等)在應用上需先明確定義，在法令上如何認定，亦需立法規範。(可借鏡國外相關規範及成本效益數據)，應先有評估技術及平台，才能訂定規範。

4. 市場產品數據：

建材業者應提供更詳細的產品實測數據，如：玻璃的分級、PV、綠牆...等，才能協助設計者進行較明確的模擬、驗證，並與國內外綠建築認證接軌。訪談過程中專家亦指出目前中國大陸對於國家認證三星等級之綠建築已要求進行施作前外牆構造單元之節能實測驗證；而德國政府則補助獎勵建築物使用後進行實測驗證，這些措施在節能標準日趨嚴格的未來，應是國內未來有效取得產品數據可以推行的方向。

5. 專業人力：

帷幕牆施工方式影響氣密性、斷熱性等節能效益甚大，施工人員需要有專業訓練及認證，才能符合原有構件安裝後之預期效果。

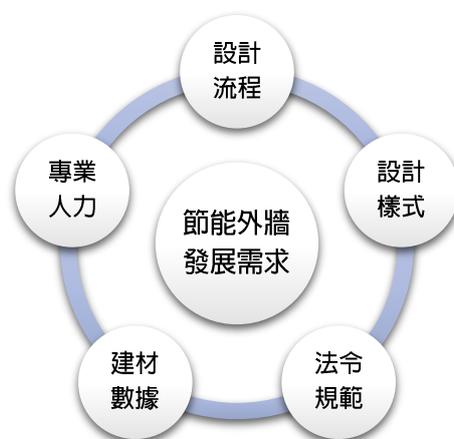


圖 4-6 專家訪談結論：外牆節能發展需求

(本研究繪製)

第五章 整合式節能外牆之應用實證

第一節 整合式節能外牆設計流程

因應整合式節能設計考量因素之複雜度，建議相關評估流程之標準化作業，根據第二章參考文獻中，國際能源署所提出建築物主被動設計層級，以及第四章中所得之業界專家經驗，本研究建議未來建築物整合式節能外牆之設計流程可分為：概念設計、系統設計及元件設計三階段進行。設計流程如下圖所示：

- 初期概念設計透過基地氣候條件分析與座向配置，產生建築物量體之最佳化配置規劃。
- 中期系統設計透過主被動設計手法的整合及各種電腦軟體工具進行細部設計模擬，產生設計回饋。
- 後期元件設計結合外牆建材廠商，運用既有產品或開發客製化創新單元，並進行更精密的產品測試。如：帷幕鋁擠型、環境感應式遮陽等細部設計。



圖 5-1 整合式節能外牆之設計流程

(本研究研擬)

第二節 外牆節能技術指南之研擬

本研究透過節能外牆設計資料庫及節能外牆設計指南之整理，匯整及分析有關整合式節能外牆元件之設計方法、遮陽、隔熱、通風散熱及發電效益之相關文獻結論。萃取節能外牆案例資料中之設計手法，整理成書面及電子圖庫資料，以協助設計者在採用環境感應式立面、太陽光發電遮陽裝置與複式帷幕等主被動整合式外牆節能手法時，能得到較佳化構造設計模式與相關應用技術事項之建議資訊。節能外牆設計指南之架構將依複合通風型及全空調型之分類家以編排，進而選定建築物用途，如：住宅或辦公用途，針對外牆組構樣式之節能特性、相關法令規範、造價等級、可選用之材料及相關數據等加以整理。再透過建築物操作案例之模擬，說明設計指南及圖庫資料的使用方法。

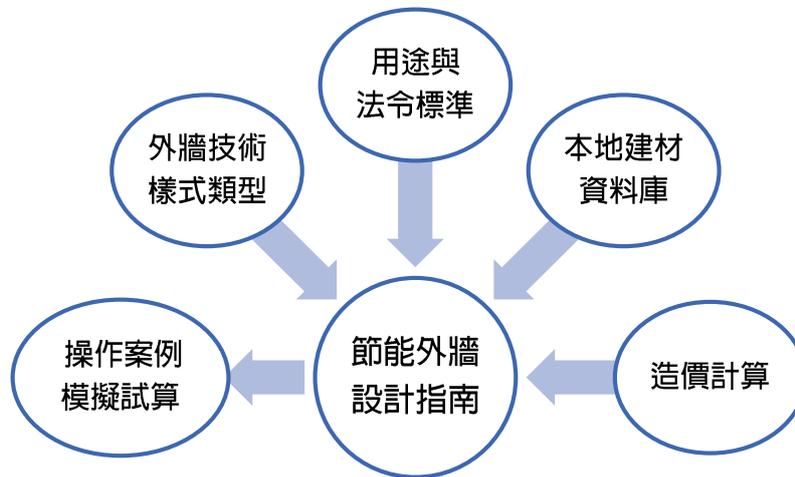


圖 5-2 外牆節能設計指南之架構內容

(本研究研擬)

外牆節能設計指南考量之重點應包含：

- － 呈現方式：以圖例為主，方便設計者參考（參考建築節能技術手冊，分為技術及案例）
- － 類型區分：以使用對象（住宅/非住宅）、建築類型（自然通風、純空調型、複合空調型）、創意美學、成本等。

本小節就研究團隊目前所研擬之外牆節能技術指南草案內容說明如下：

一、封面及內頁版面設計

封面及內容版面設計係參考英國工程服務協會所出版之玻璃幕牆的環境性能技術文件(TM35)，並參考我國內政部營建署所編輯之民間建築物綠建築設計及改善示範專輯之呈現方式加以整理。

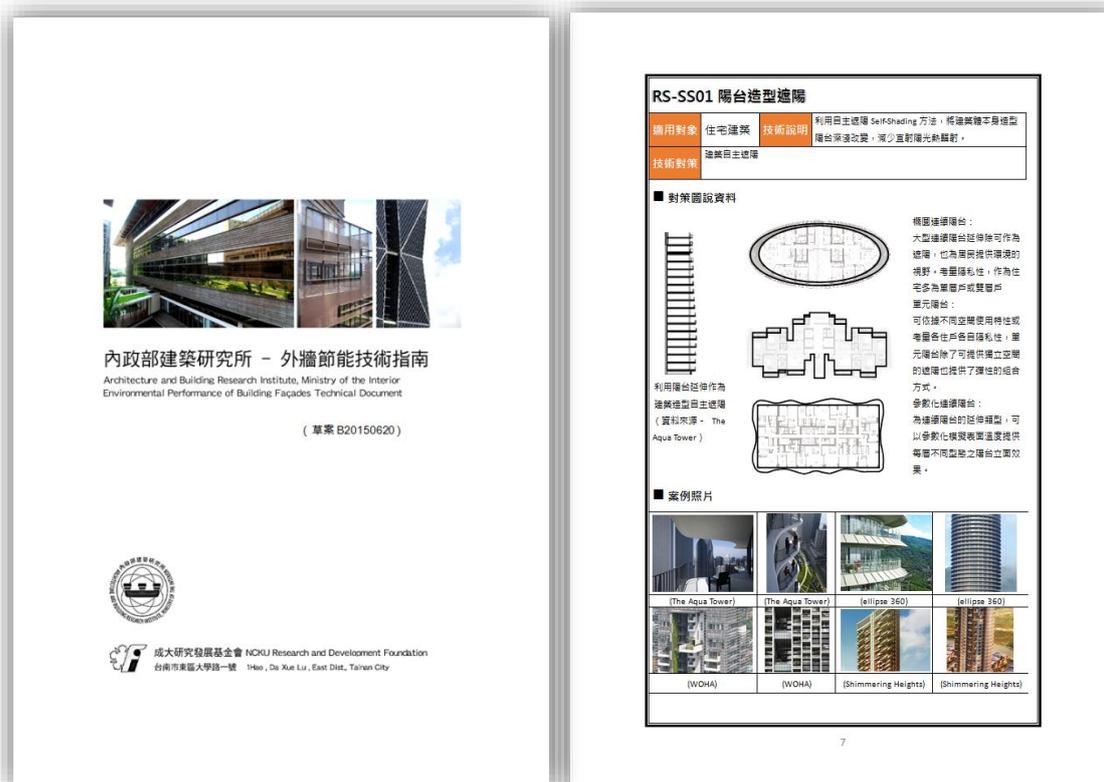


圖 5-3 外牆節能技術指南之排版設計

(本研究研擬)

二、架構內容

本架構為呼應建築技術規則及綠建築標章 EEWB 中日常節能指標之相關用語、適用計算方法分類，將外牆節能技術指南之內容，分為「複合通風型- 住宿類、學校類、大型空間類」及「全空調型 - 辦公廳類、百貨商場類、旅館類、醫院類」，再透過外牆節能設計手法五大類型 - 建築造型遮陽(SS)、遮陽構件(S)、開口率控制(WR)、開口部通風(G)、隔熱構造與材料(M)，將外牆節能手法加以區分，以便於使用者快速查詢。外牆節能手法之相關內容目前累積 31 種，將會持續整理中，期能於成果報告完成時形成一份有用的設計參考文件。(目前已完成之草案，詳附件五 - 外牆節能技術指南 草案 20151215)

表 5-1 外牆節能技術指南之架構

指南技術手法之分類		
外牆節能設計手法	複合通風型(RS)	全空調型(BC)
SS 建築造型遮陽 (Building Self-Shading)	RS-SS01 造型陽台遮陽 RS-SS02 翻展式立面	BC-SS01 造型陽台遮陽 BC-SS02 樓板退縮 BC-SS03 翻轉式立面 BC-SS04 表層單元模組化
S 遮陽構件 (Shading Elements and Devices)	RS-S01 盒狀遮陽 RS-S02 格柵遮陽 RS-S03 百葉遮陽 RS-S04 沖孔遮陽	BC-S01 盒狀遮陽 BC-S02 格柵遮陽 BC-S03 沖孔遮陽 BC-S04 可動導光板 BC-S05 可動遮陽板 BC-S06 立面分段板片 BC-S07 環境感應式轉動遮陽 BC-S08 環境感應式形變遮陽 BC-S09 植生綠牆遮陽 BC-S10 多層次遮陽
WR 開口率控制 (Window Ratio)	RS-WR01 漸變開口	BC-WR01 漸變開口 BC-WR01 模組式開口
G 開口部通風 (Glazed Ventilation)	RS-G01 可開啟窗	BC-G01 層間換氣口
M 隔熱構造與材料 (Thermal Insulation Materials)	RS-M01 複層帷幕 RS-M02 隔熱牆體構造 RS-M03 隔熱塗料	BC-M01 外加隔熱造型構件 BC-M02 複層帷幕 BC-M03 特殊材料複層隔熱牆

(本研究研擬)

表 5-2 外牆節能技術指南篇幅安排示意表

技術編號 / 技術名稱	
適用對象	技術說明
技術對策	
對策圖說資料	
案例照片	

(本研究研擬)

三、定義性能標準

1. 室內環境舒適度

什麼使得立面(facade)可以更為永續？所有的立面作為內外之間的介面，是為了提供建築使用者在熱、視覺性和聲音的舒適空間中。而永續性的立面應該在提供最佳舒適程度中使用最少的能源。為了達到這樣的高性能，設計者對於永續室內環境的設計立面必須思考更多的可變性(如隔熱、採光、遮陽、視覺、聲音和室內空氣品質)。

2. 基本節能策略

建築物的外牆決定節能減碳的程度是顯而易見的，而針對台灣氣候條件下，影響建築能源使用的四種基本機制以及設計者如何能夠從中使用，如表表 5-3：

表 5-3 立面節能策略與設計重點

立面節能策略	重點說明	設計重點
熱輻射控制	阻隔直射陽光熱輻射透過自主遮陽 Self-Shading 方法(建築造型)或是遮陽設施。	<ul style="list-style-type: none"> • 建築造型遮陽 • 遮陽構件
減少外殼熱得	阻隔太陽入射熱得藉由控制透射(隔熱立面元素)或是傳導(遮陽)。減少熱傳導(U 值)與日射量(η_i 值)	<ul style="list-style-type: none"> • 開口率 • 隔熱材料與構造 • 遮陽構件
降溫	在環境特徵和建築機能許可的情況下使用自然通風。	<ul style="list-style-type: none"> • 開口部通風
採光	使用自然光線來源在最小熱增益之下透過遮陽和導光板的使用。	<ul style="list-style-type: none"> • 遮陽構件 • 導光板

(本研究整理)

3. 外部設定條件

表 5-4 2014 年台北氣候溫度

	最高溫	日期/時間	最低溫	日期/時間
乾季氣溫(°C) (11-1 月)	31.6	2014-11-29 13:41	10.3	2014-01-22 03:46
雨季氣溫(°C) (6-9 月)	37.8	2014-07-13 12:15	23.1	2014-06-06 05:38

(資料來源：觀測資料查詢系統)

4. 內部設定條件

表 5-5 複合通風型與全空調型建築室內使用空調與照明之需求標準

使用類型	建築類型	空調溫度/濕度/時間	照明
複合通風型	住宿類 學校類 大型空間類	24-25°C / 50% ± 20% / 1700-2400 (6-9 月)	12 W/平方米 1500 - 2300(每天) (輻射比例=0.45)
全空調型	辦公類 百貨類 旅館類 醫院類	24-25°C / 50% ± 20% / 0600-1900 (全年, 除假日)	12 W/平方米 0800 - 1800(平日)

			(輻射比例=0.45)
--	--	--	-------------

(本研究整理)

四、國內綠建築法規參考基準

1. 節能外牆相關法規基準值

在前面所提的「定義性能標準」中，整理了國內外針對節能外牆考量以人之舒適度作為設計模擬的性能標準，而在設計過程中，有許多方法可以幫助我們達到節能外牆設計，其中國內綠建築法規亦是其中可參考之基準。本指南將以「複合通風型與全空調型」架構整理節能指標參考的基準值，並在指南中增加其設計手法所影響的指標之參數因子，提供作為設計的參考。

根據本指南整理法規中可以分為兩個部分，在初步設計時的便可作為參考並透過降低**關鍵參數**達到節能的目標。第一部分重點在於降低「立面開窗率、外牆與窗的平均熱傳透率、窗遮陽係數」根據建築技術規則設計施工篇第 308 之 2 條，整理如表 5-6；而第二部分重點則是整體計算並盡量降低「Req、AWSG、ENVLOAD」根據法規第 309-312 條，整理如表 5-7。其中，第一部分與第二部分擇一參考即可。

表 5-6 各種建築類型之平均熱傳率、開窗率、遮陽係數參考基準

類別	外牆平均熱傳透率基準值 (W/m ² K)	立面開窗率 > 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	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	2.75	2.7	0.1	3.0	0.15	3.5	0.25	4.7	0.35	5.2	0.45	6.5	0.55
其他類	2.0	2.7	0.2	3.0	0.30	3.5	0.4	4.7	0.5	5.2	0.55	6.5	0.6

(建築技術規則 建築設計施工篇 第 308 之 2 條整理)

表 5-7 各種建築類型之外牆節能相關法規參考基準

建築類型	項目列舉	節能指標	氣候分區	基準值	
複合通風型	住宿類	屋頂平均熱傳透率 Uar	不分區	<1.0w/m ² .k	
		外牆平均熱傳透率 Uaw	不分區	<3.5w/m ² .k	
		等價開窗率 Req	北區	<13%	
	中區		<15%		
	南區		<18%		
	學校及大型空間類	普通與特殊教室、行政辦公室、禮堂。	屋頂平均熱傳透率 Uar	不分區	<1.0w/m ² .k
窗面平均日射取得率 ASWG			北區	<160kWh/(m ² 年)	
			中區	<200kWh/(m ² 年)	
	南區	<230kWh/(m ² 年)			
全空調型	辦公廳類	政府機關、辦公室、圖書館。	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	<80kWh/(m ² 年)
			中區	<90kWh/(m ² 年)	
			南區	<115kWh/(m ² 年)	
	百貨商場類	百貨公司、商場。	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	<240kWh/(m ² 年)
				中區	<270kWh/(m ² 年)
				南區	<315kWh/(m ² 年)
	旅館類	旅館、觀光旅館。	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	<100kWh/(m ² 年)
				中區	<120kWh/(m ² 年)
				南區	<135kWh/(m ² 年)
	醫院類	醫院、療養院。	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	<140kWh/(m ² 年)
				中區	<155kWh/(m ² 年)
				南區	<190kWh/(m ² 年)

(建築技術規則 建築設計施工篇 第 309-312 條整理)

2. 適用計算公式

A. **複合通風型**：在複合通風型建築中，針對外牆節能之法規重點在於降低 Uaw、Req 與 AWSG，其中 Req 與 AWSG 公式中，需降低的關鍵參數為「方位、遮陽係數、開窗形式與玻璃透過率」。

B. **全空調型**：在全空調型建築中，針對外牆節能之法規重點在於降低 Envload，其中 Envload 公式中，需降低的關鍵參數為「方位、遮陽係數、玻璃透過率」。

表 5-8 適用計算公式

空調型(簡算法) ENVLOAD =	複合通風型(住宿類) REQ =	複合通風型(學校類) AWSG =
$a \times \frac{\sum A_i \times K_i \times \eta_i \times I_{Hk_i}}{A_{en}} + b$	$\frac{\sum A_{g_i} \times f_k \times K_i \times f_{v_i}}{A_{en}}$	$\frac{\sum I_{Hk_i} \times K_i \times \eta_i \times f_{v_i} \times A_i}{\sum A_i}$
A _i (開窗部位面積)	A _{g_i} (外牆透光部位 i 面積)	A _i (開窗部位面積)
查表: k _i (遮陽係數), η _i (玻璃日射透過率), I _{Hk_i} (冷房日射時), f _k (k 方位日射修正係數); f _{v_i} (通風修正係數);		

(本研究整理自綠建築設計技術手冊)

3. 跨計算公式之比較：建築外殼節能效率 EEV

如第二章第二節所整理，建築外殼節能效率 EEV，可採納「建築節約能源設計技術規範」所規定之精算法或簡算法計算值來評估。最新技術規則採用除了 ENVLOAD(建築外殼耗能量)、AWSG(窗面平均日射取得率)，EEV 採 Req(等價開窗率)、與 SF(窗平均遮陽係數)雙軌制，兩者擇一規範即可。由建築外殼節能指標 EEV 可求得外殼部分之評分 RS41，作為跨類型間外牆節能效果之比較，其計算方式如：

$$EEV = EV/EV_c < EEV_c = 0.8 \text{ 或}$$

$$EEV = Req/Req_c \text{ 或 } SF/SF_c < EEV_c = 0.8$$

第三節 應用指南模擬案例之實證流程

依據前章節指南架構與附件五的節能外牆技術指南，本節將以實際案例說明應用指南的設計流程，並透過計算綠建築法規以達節能效益之結果分析說明。

一、指南應用流程

根據文獻整理，在設計過程中通常可分為四個階段，因此本研究透過四個階段(A 規劃階段、B 概念設計階段、C 設計發展階段、D 施工計畫階段)分析節能目標、策略、節能外牆資料庫等置入的決策點，以下分別根據四個階段作說明。

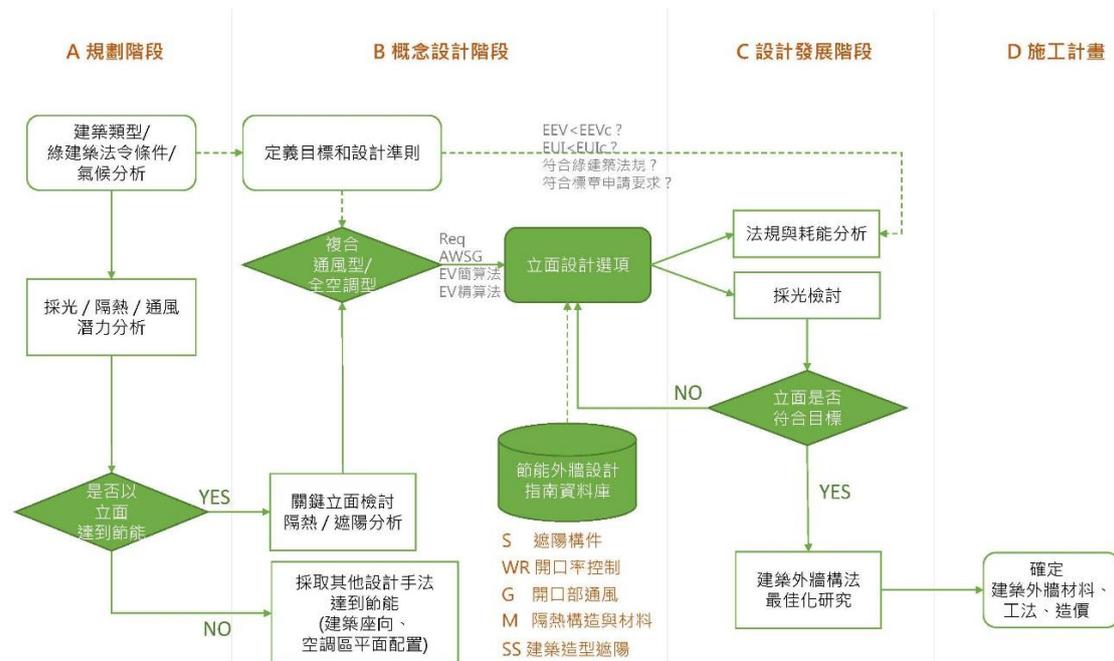


圖 5-4 節能外牆技術指南應用流程

(本研究繪製)

A. 規劃階段

在前期規劃階段，將考量基地本身氣候條件與建築類型作設計初期綠建築法令條件下的分析，並依據採光、隔熱與通風潛力分析決定節能策略是否可立面達到節能的效益，接著進入下一個階段做設計手法的發想。

B. 概念設計階段

在概念設計階段，透過初步分析與既有條件，可以同時定義節能目標與設計準則，並決定關鍵的節能立面。在此階段也是最重要的階段，設計者定義的節能目標，可以是依據綠建築法規是否符合基準、標章申請等需求或是透過專業能源

模擬顧問計算 EUI 耗能分析。接著，在立面設計選項中可配合「節能外牆技術指南資料庫」，單元式外牆設計基本的數據顯示代入計算中，快速求得設計結果的比較。

C. 設計發展階段

在設計發展階段，除了耗能與法規分析之外，設計者可透過既有軟體做簡單的採光分析，相互比較與耗能之間的差異，最後仍須檢討選擇的立面在初期制訂的目標是否有達成，若已達成便可進一步做建築外牆構法的最佳化之研究。

D. 施工計畫

在外牆構法最佳化確定後，便可在施工計畫中，編列相關材料、工法與造價。

二、模擬案例操作

本小節將以舊台南縣政府為例，示範操作本指南之流程。

本案位於台南市新營區為舊台南縣政府大樓，屋齡達 30 年，於 2003 年進行室內外整建，並配合經濟部能源局補助設置 12kwp 太陽能光電設施。本案由葉世宗建築師事務所設計以 BIPV 遮陽板形式呈現，兼具遮陽、通風與造型美學，是全台第一座具規模的光電建築整建案。

1. 太陽光電減碳量計算

太陽光電板發電量可透過新版建築碳足跡計算：全年發電量設計值換算成減碳量，換算係數為 0.532KgCO₂e/kWh。

所在位置每日平均日射量(kWh/(m².day))*修正係數 0.8(kWh/(m².day))*太陽光電設計容量(kW)*365(days/yr)*使用年限(yr)

根據葉世宗建築師所提供之參考文獻 - 透境：光電構築·鋼鐵風情，本案設置容量 12kWp，採用 345 片 35w 的 BIPV 光電板，太陽光電發電系統與市電併聯、互為補充，達到最大應用效果。因此電力可產生：345*35w*0.001=12.075KW 本案太陽發電若搭配直流電設備節省轉換效率可再提升效能 10%，故 10.075*1.1=11.08KN 使用年限 20 年，台南市南向立面之平均日射量透過查表 I_{hk} 垂直面為 464500/365 天/1000=1.27 (kWh/m².day)

因此太陽能減碳措施，依我國低碳建築聯盟(LCBA)之計算方法，結果為：

$C_{fo} = 1.27 * 11.08 * 0.532 * 0.8 * 365 * 20 \text{ 年} = 43718.7726 \text{ KgCO}_2\text{e}$

2. 遮陽係數計算

第二部分將嘗試將南向立面更改為指南中不同的樣式，包含：BC-SS01 延伸的建築造型廊道遮陽、BC-S05 可動遮陽板、BC-WR01 漸變開口，並透過驗算綠

建築法規之 Envload 比較樣式之差異性。本模型由 Autodesk Revit 建置，配合軟體之雲端計算工具 GBS 可於初期即分析建築效能係數，包含 EUI 等 (圖 5-5)。

設計初期亦可配合 BIM 相關工具或外掛程式初步分析採光之效果在初期即讓設計者可有概念性策略，本模擬示範以工具 Autodesk Revit Plugin- Light Analysis 做初步分析的示意(圖 5-6)。

建築效能係數	
位置	Taiwan
氣象站	547617
室外溫度	最大: 27°C 最小: 4°C
樓板面積	10,406 m ²
外牆面積	10,467 m ²
平均照明功率	9.69 瓦/平方公尺
人	369 人
外窗比率	0.51

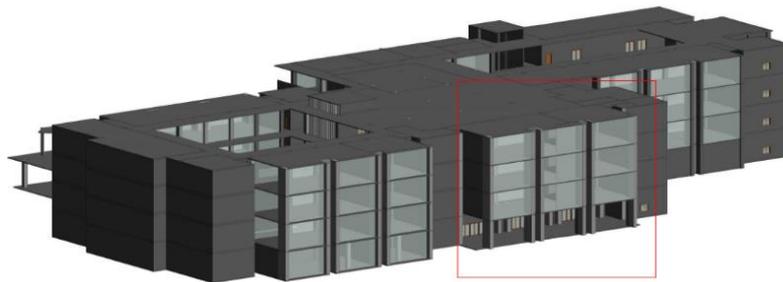


圖 5-5 舊台南縣政府關鍵立面更新模型圖

(本研究繪製)

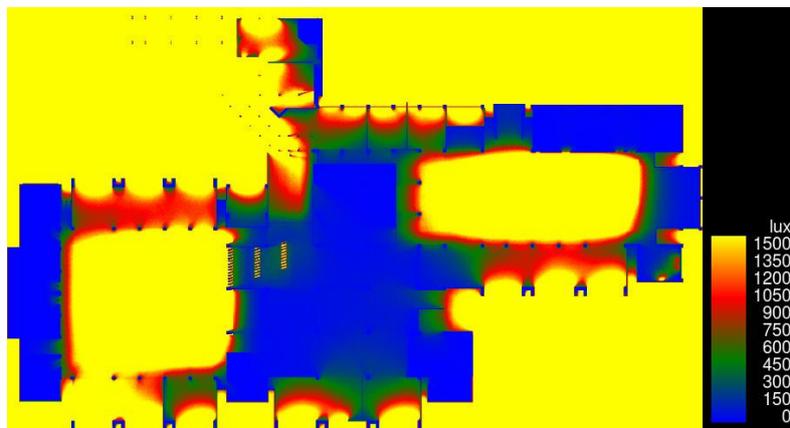


圖 5-6 初步概念採光分析示意圖(Light Analysis)

(本研究繪製)

在設計初期便設定預期達到的節能目標，本模擬案例根據綠建築法規之 Envload 簡算法計算，使得 $EEV < 0.8$ 的標準為基礎。簡算法如下表 5-9，其中，總外殼面積 $A_{en}=564.67$ 與台南地區新營 15m 之日射量 $I_{hk}=464500$ 為不變的參數，更正的其他參數為「總開窗面積 A_i 、玻璃日射量 η_i 、遮陽系數 k_i 」；由每個立面外牆所呈現不同的關鍵參數帶入計算 Envload，以比較每個立面之差異性。

表 5-9 案例模擬操作 Envload 查表之相關數據

$\text{ENVLOAD} = a \times \frac{\sum A_i \times K_i \times \eta_i \times I_{Hk_i}}{A_{en}} + b$ <p>(a=0.887, b=67628)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>計算點氣候分區</th> <th>a</th> <th>b</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.北宜金馬地區</td> <td>0.850</td> <td>40,733</td> </tr> <tr> <td>2.桃竹苗地區</td> <td>0.857</td> <td>42,026</td> </tr> <tr> <td>3.中彰投雲地區</td> <td>0.877</td> <td>58,280</td> </tr> <tr> <td>4.花蓮地區</td> <td>0.857</td> <td>54,893</td> </tr> <tr> <td>5.嘉南澎地區</td> <td>0.887</td> <td>67,628</td> </tr> <tr> <td>6.台東地區</td> <td>0.876</td> <td>68,884</td> </tr> <tr> <td>7.高屏地區</td> <td>0.890</td> <td>75,899</td> </tr> </tbody> </table>			計算點氣候分區	a	b	1.北宜金馬地區	0.850	40,733	2.桃竹苗地區	0.857	42,026	3.中彰投雲地區	0.877	58,280	4.花蓮地區	0.857	54,893	5.嘉南澎地區	0.887	67,628	6.台東地區	0.876	68,884	7.高屏地區	0.890	75,899
	計算點氣候分區	a	b																								
1.北宜金馬地區	0.850	40,733																									
2.桃竹苗地區	0.857	42,026																									
3.中彰投雲地區	0.877	58,280																									
4.花蓮地區	0.857	54,893																									
5.嘉南澎地區	0.887	67,628																									
6.台東地區	0.876	68,884																									
7.高屏地區	0.890	75,899																									
$\text{ENVLOAD}/\text{ENVLOAD}_c = \text{EEV} < 0.8$ <p>(ENVLOAD_c=115)</p>	<table border="1"> <tr> <td>辦公廳類</td> <td>政府機關、辦公室、圖書館。</td> <td>建築外殼耗能量 ENVLOAD</td> <td>北區</td> <td><80kWh/(m²年)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>中區</td> <td><90kWh/(m²年)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>南區</td> <td><115kWh/(m²年)</td> </tr> </table>	辦公廳類	政府機關、辦公室、圖書館。	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	<80kWh/(m ² 年)				中區	<90kWh/(m ² 年)				南區	<115kWh/(m ² 年)											
辦公廳類	政府機關、辦公室、圖書館。	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	<80kWh/(m ² 年)																							
			中區	<90kWh/(m ² 年)																							
			南區	<115kWh/(m ² 年)																							

(本研究整理)

表 5-10 南向立面 Envload 關鍵計算值比較-1

	南向立面透視圖	南向立面圖	關鍵計算值	Envload
既有立面			總開窗面積 $A_i = 347.4 \text{ m}^2$ 單層平板玻璃 P10, $\eta_i = 0.78$	$\text{Envload} = 0.887 \times 347.4 \times 1 \times 0.78 \times 464500 / 56 \times 4.67 + 67628 = 265342.73$
BC-WR01			總開窗面積 $A_i = 29.55 \text{ m}^2$ 雙層透明 LowE 玻璃 OLEP8, $\eta_i = 0.53$	$\text{Envload} = 0.887 \times 29.55 \times 1 \times 0.53 \times 464500 / 56 \times 4.67 + 67628 = 79055.41$
BC-SS01			總開窗面積 $A_i = 170.02 \text{ m}^2$ 雙層綠色 LowE 玻璃 OLEG6, $\eta_i = 0.33$	$\text{Envload} = 0.887 \times 170.02 \times 0.56 \times 0.33 \times 464500 / 56 \times 4.67 + 67628 = 90553.38$
			水平遮陽 A 係數 0.45 水平遮陽 B 係數 0.68 水平遮陽 C 係數 0.41	
			平均遮陽係數 $(0.45 \times 2 + 0.68 \times 5 + 0.41 \times 2) / 9 = 0.56$	

(本研究繪製)

在 BC-WR01 之中，本研究嘗試將一個單元立面建置為可自動調整並計算開窗率的參數化設計模型，設定一個網格為 100x200cm 中置入兩個方形開口的單元立面，並設定最大開口寬度不大於 45cm(圖 5-7)。

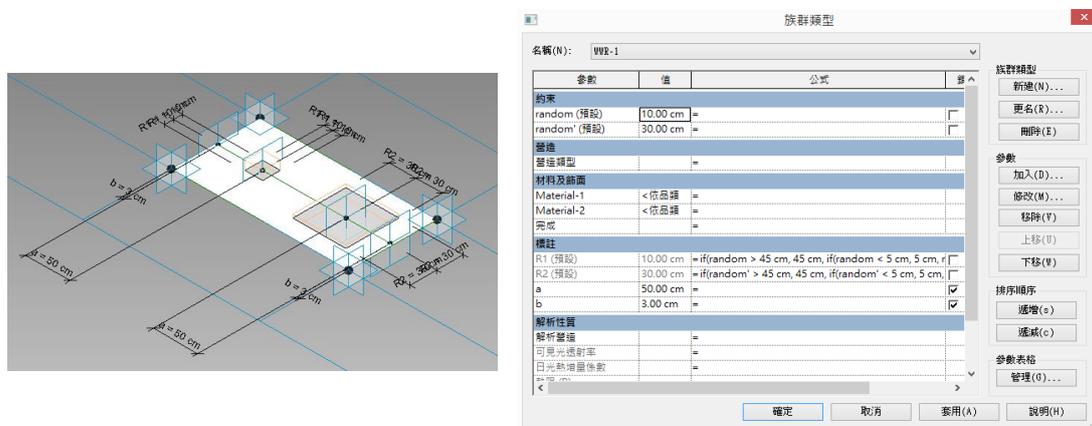


圖 5-7 BC-WR01 開口率參數化設計模型之參數設定示意圖

(本研究繪製)

透過參數化工具的輔助，建置單元式的漸變開口，在設計過程可同時計算相關數據，更新後可快速萃取資訊，提供給綠建築之計算使用。因此，在這個部分我們透過 BIM 相關軟體快速取得幾何資訊將單元設定的參數藉由 Revit 外掛程式工具 Dynamo 擷取單元與整體的開口率。(圖 5-8)

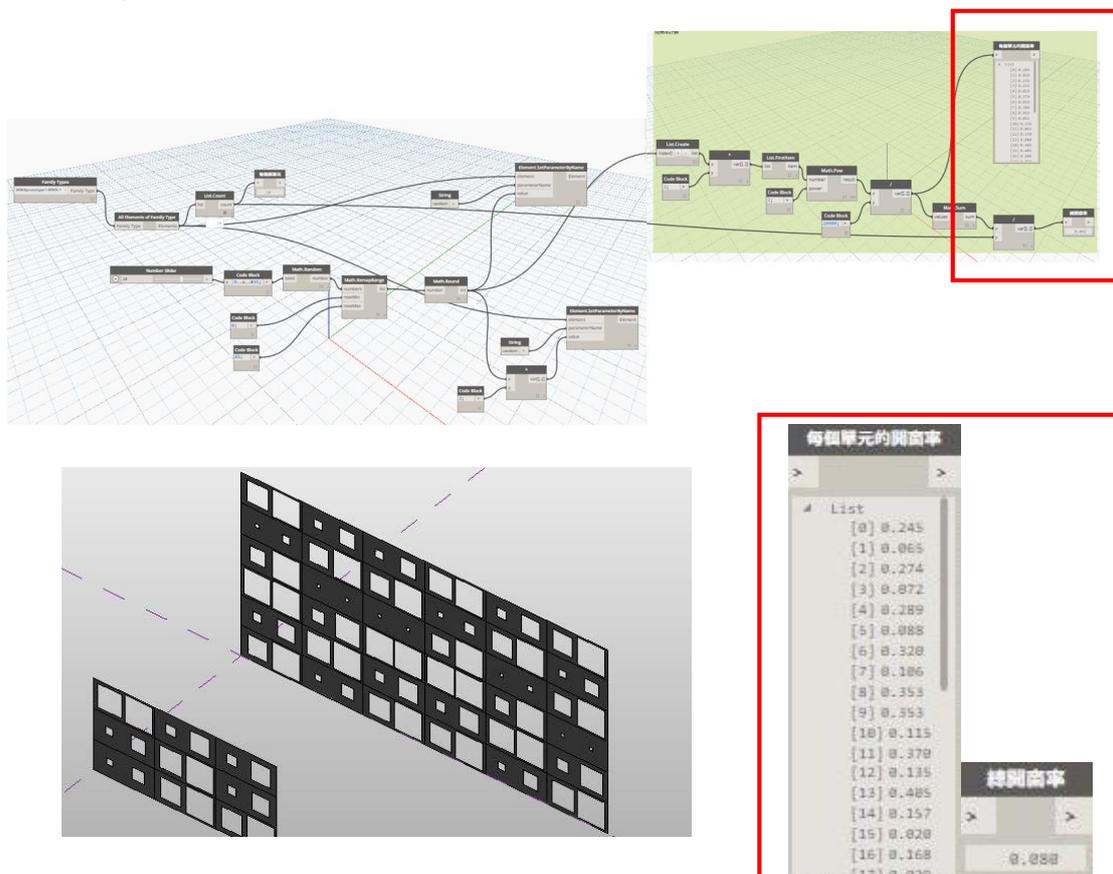


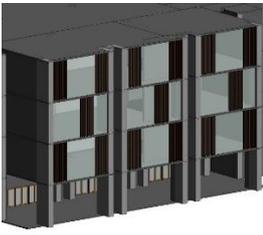
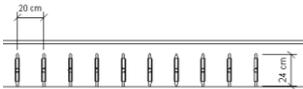
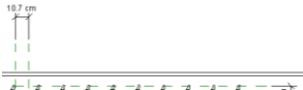
圖 5-8 開口率資訊擷取示意圖

(本研究繪製)

接著在 BC-SS01 中，陽台遮陽部分操作設計為三種 Type，並以三種深度的水平遮陽來作計算((本研究整理)

表 5-10)；而在 BC-S05 可動遮陽構件的部分，將可轉動遮陽分為三種角度作計算，並參考綠建築設計技術規範作遮陽係數的修正，未來開發的輔助工具將可透過數據的與參數連動關係協助建築師設計可轉動立面時了解為了達到節能效益之最大與最小的角度限制(表 5-11)。

表 5-11 南向立面 Envload 關鍵計算值比較-2

BC-S01			總開窗面積 Ai 129.5 m² 雙層綠色 LowE 玻璃 OLEG6 , ηi=0.33 ki' = 0.96	$\text{Envload} = \frac{0.887 \times 129.5 \times 0.96 \times 0.33 \times 46450}{0.564.67 + 67628} = 97562.33155$	
			總開窗面積 Ai 129.5 m² 雙層綠色 LowE 玻璃 OLEG6 , ηi=0.33 ki' = 0.72	$\text{Envload} = \frac{0.887 \times 129.5 \times 0.72 \times 0.33 \times 46450}{0.564.67 + 67628} = 90078.74866$	
			總開窗面積 Ai 129.5 m² 雙層綠色 LowE 玻璃 OLEG6 , ηi=0.33 ki' = 0.56	$\text{Envload} = \frac{0.887 \times 129.5 \times 0.56 \times 0.33 \times 46450}{0.564.67 + 67628} = 85089.6934$	
百葉型遮陽板 0 度		百葉型遮陽板 15 度		百葉型遮陽板 45 度	

(本研究繪製)

三、Envload 與 EEV

將前面所計算之 Envload 簡算法除以 Envload 基準值即可以得到 EEV，根據規定 EEV 應低於 0.8，因此在此立面的操作時可選擇低於基準值越多的方案。

由圖 5-9 可明顯發現，更換既有南向立面為節能外牆技術指南中的案例，可大大降低外殼耗能量 Envload；然而，在計算 EEV 之後，發現在設計手法中，開口率 BC-WR01 仍然是影響 Envload 最多的手法，而在遮陽構件 BCS05 中，可發現 BCS05-0 度遮陽效果無法達到基準值的目標，因此，若設計者若考慮使用此種遮陽構件時，可考慮從大於 0 度的設計手法開始作為遮陽構件的最小基本值，或是透過混合兩種以上的設計手法以降低相關的關鍵參數。

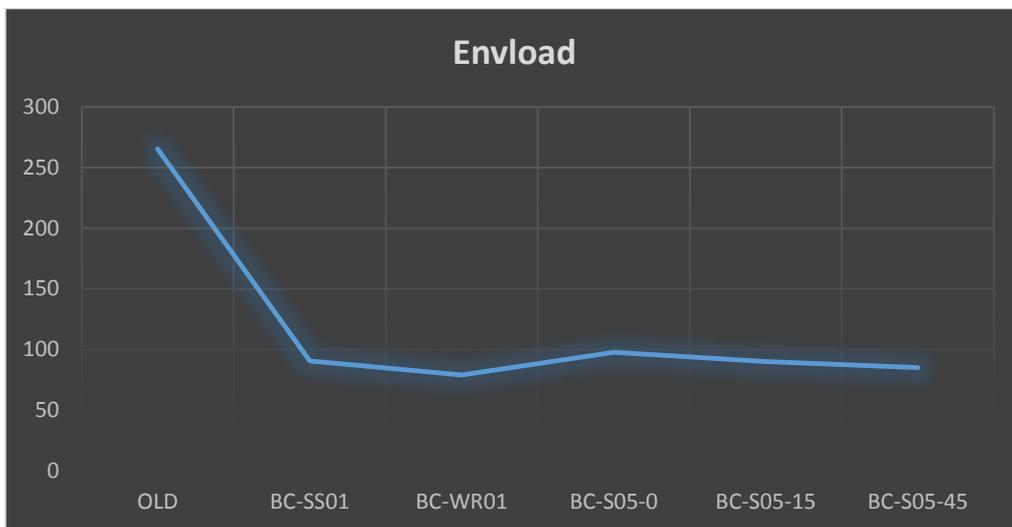


圖 5-9 既有方案與五種方案之 Envload 比較圖表

(本研究繪製)

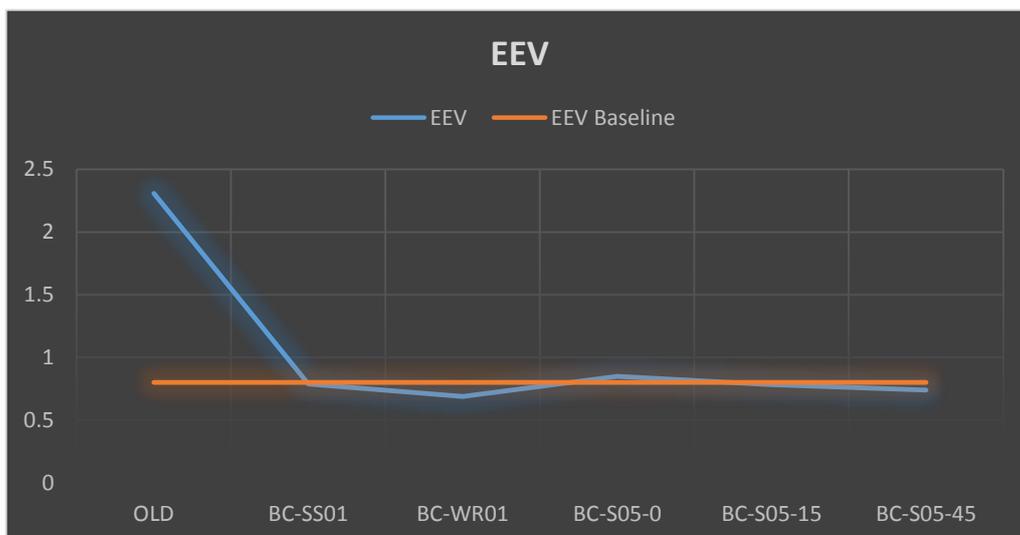


圖 5-10 既有方案和五種方案之 EEV 與 Baseline 比較圖表

(本研究繪製)

第四節 整合式節能外牆設計模型開發

一、基本框架

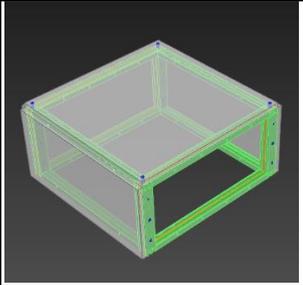
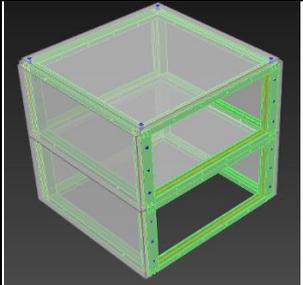
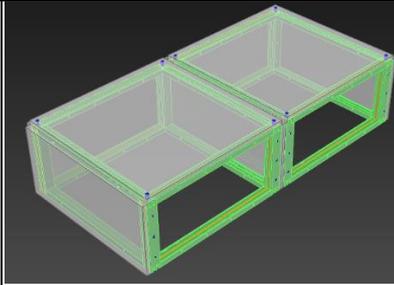
1. 模型尺度

●模型比例：1/20

●模型尺寸與材料

本模型開發以實際尺寸為一個單元房間 $L*W*H = 600\text{cm}*600\text{cm}*300\text{cm}$ 作為設計框架，在 1/20 比例中，模型尺寸為： $L*W*H = 30\text{cm}*30\text{cm}*15\text{cm}$ 。材料部份：以壓克力作為框架，部分以 ABS 材料 RP 印製構件細部。

●量體之疊合可能性

		
單一量體為 6M x 6M x 3M 空間 模型尺寸為 30cm*30cm*15cm	上下疊合為二層樓高 6M x 6M x 6M 空間 模型尺寸為 30cm*30cm*30cm	左右拼合為 12M 立面 12M x 6M x 3M 空間 模型尺寸為 60cm*30cm*15cm

(本研究繪製)



圖 5-11 框架模型照片

(本研究拍攝)

2. 框架體與可抽換立面之間的介面構造

● 框架體的細部構造

框架體之柱樑結構使用壓克力材料厚度作卡榫接合，並預留未來使用內嵌銅柱的洞口，作為與壓克力牆面接合的方式，並在側邊牆面預留未來在可動機構上須使用馬達的洞口，。

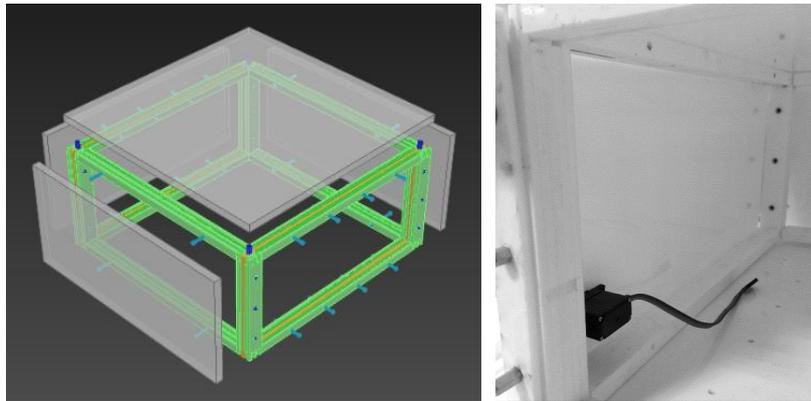


圖 5-12 框架體的細部構造 3D 圖與模型照片

(本研究繪製拍攝)

● 框架體與可抽換立面之間的介面構造

框架體端的介面構造：利用既有的五金材料作為接合構件，在可抽換立面端上方可使用 M3 螺絲孔接合，立柱面也可透過已嵌入的銅柱，與可抽換立面接合，圖示如圖 5-13。

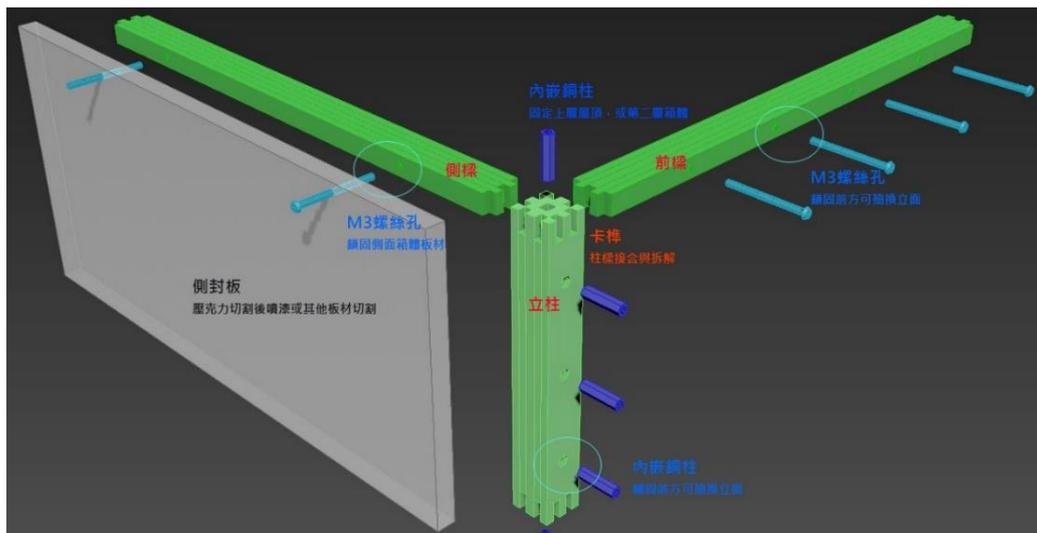


圖 5-13 框架體材料與介面構造 3D 圖

(本研究繪製)

●可抽換立面端的界面構造與組裝置換方式

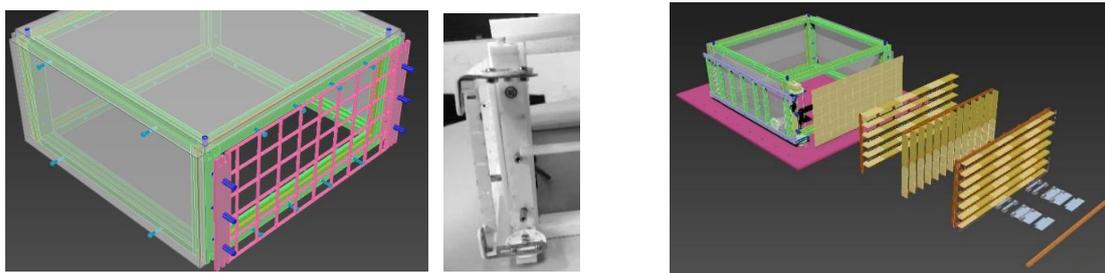


圖 5-14 可抽換立面端的界面構造 3D 圖與模型照片

(本研究繪製拍攝)

圖 5-15 可抽換立面的組裝置換方法示意圖

(本研究繪製)

3. 感應器配置

在底板預留光感測器與溫度感測之配置，嘗試在未來建置可測試感應式立面設計概念的實作平台。

●光感測器之配置

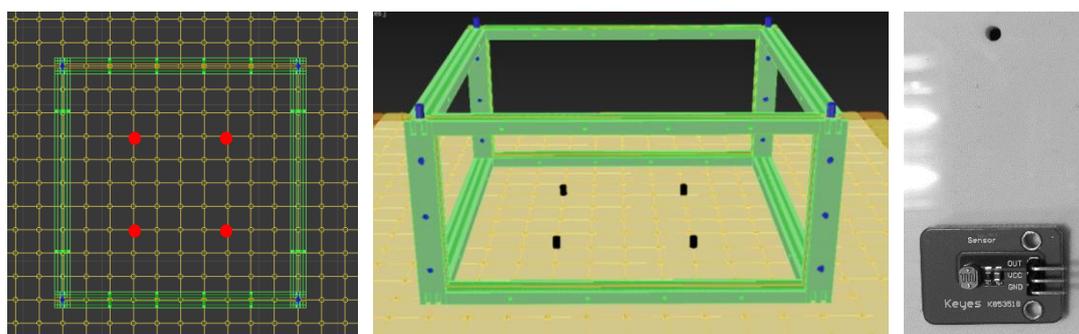


圖 5-16 光感測器配置圖

(本研究繪製)

●溫度感測之配置

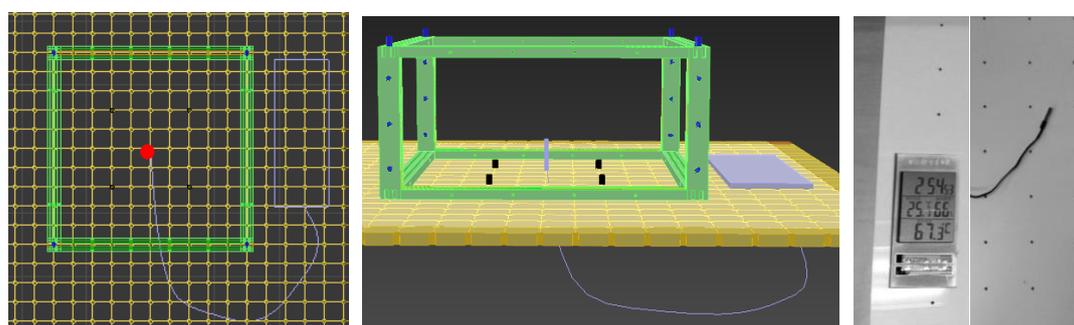


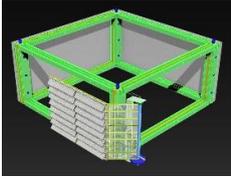
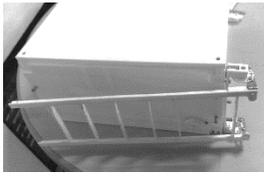
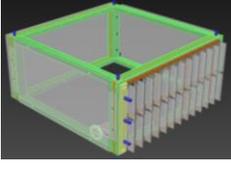
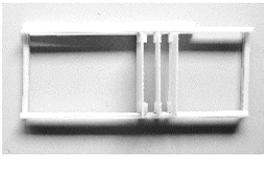
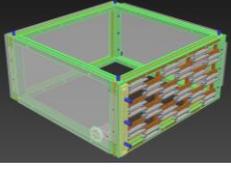
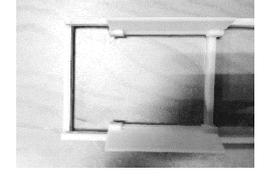
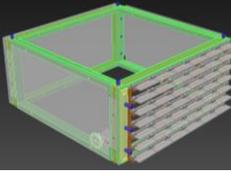
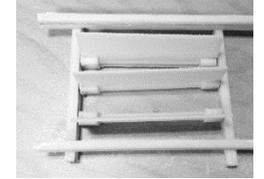
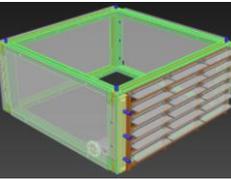
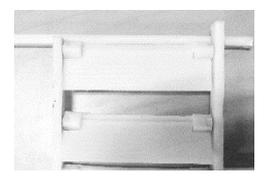
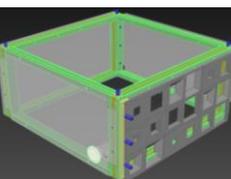
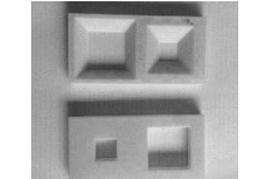
圖 5-17 溫度感測器配置圖

(本研究繪製)

二、可抽換立面的型式

1. 立面型式說明

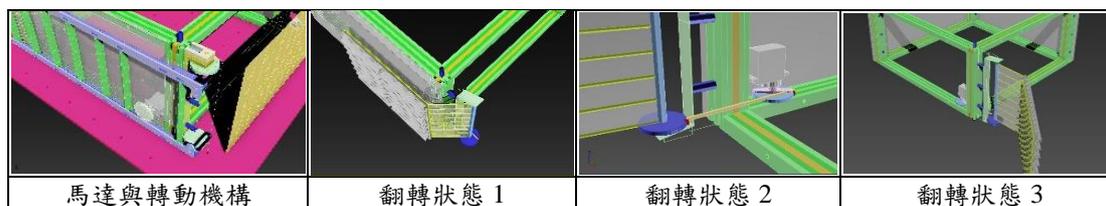
表 5-12 立面型式開發單元設計整理

技術指南型號	模型立面編號	立面 3D 模型	立面實體模型	實際案例
RS-SS02 翻展式立面	A			 (德國 Expo-Tower)
BC-S05 可動遮陽板	B1			 (Fin House Lamellenhaus)
BC-S05 可動遮陽板	B2			 (ZVK administration building)
BC-S05 可動遮陽板	B3			 (北歐五國大使館)
BC-S05 可動遮陽板	B4			 (舊台南縣政府)
BC-WR01 漸變開口	C			 (Burntwood School)

(本研究整理)

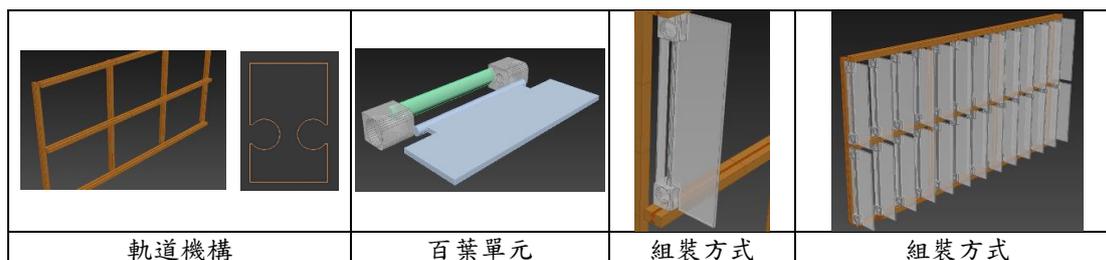
2. 可抽換立面的模型細部設計

表 5-13 (A) 翻展式立面



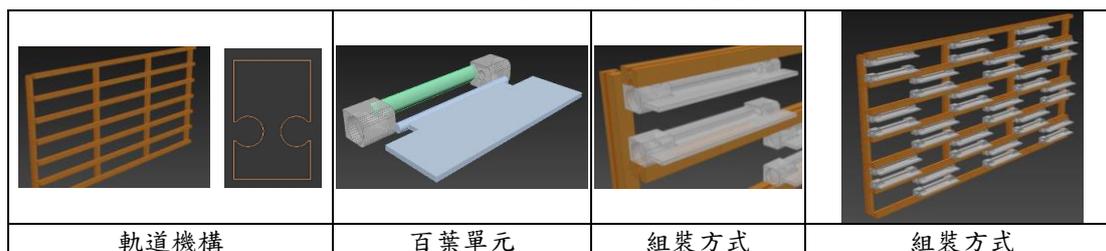
(本研究繪製)

表 5-14 (B1) 直立式可動遮陽板



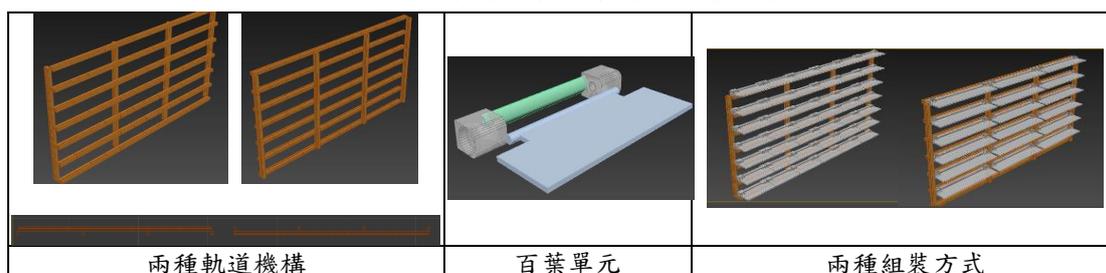
(本研究繪製)

表 5-15 (B2) 水平開合式可動遮陽板



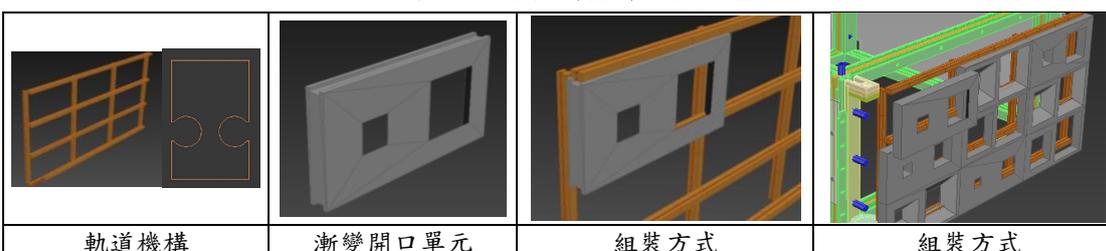
(本研究繪製)

表 5-16 (B3)(B4) 水平式可動遮陽板



(本研究繪製)

表 5-17 (C) 漸變開口模組



(本研究繪製)

三、複層立面組合方案

1. 複層立面組合方案

●組合方案 1

(C)漸變開口 + (B1)直立式可動遮陽板 + (A)翻展式立面

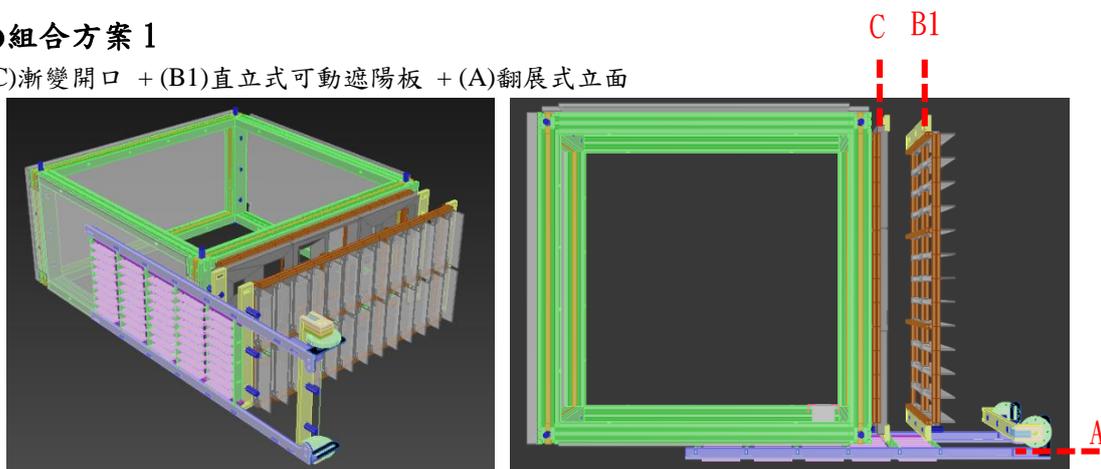


圖 5-18 組合方案 1 透視與頂視圖

(本研究繪製)

●組合方案 2

(C)漸變開口 + (B1)直立式可動遮陽板 + (B3)水平式可動遮陽板

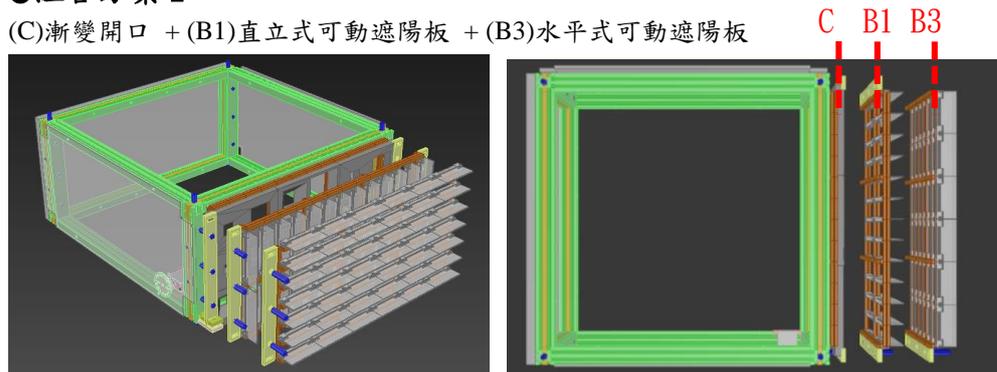


圖 5-19 組合方案 2 透視與頂視圖

(本研究繪製)

●組合方案 3

(B2)水平開合式可動遮陽板 + (A)翻展式立面

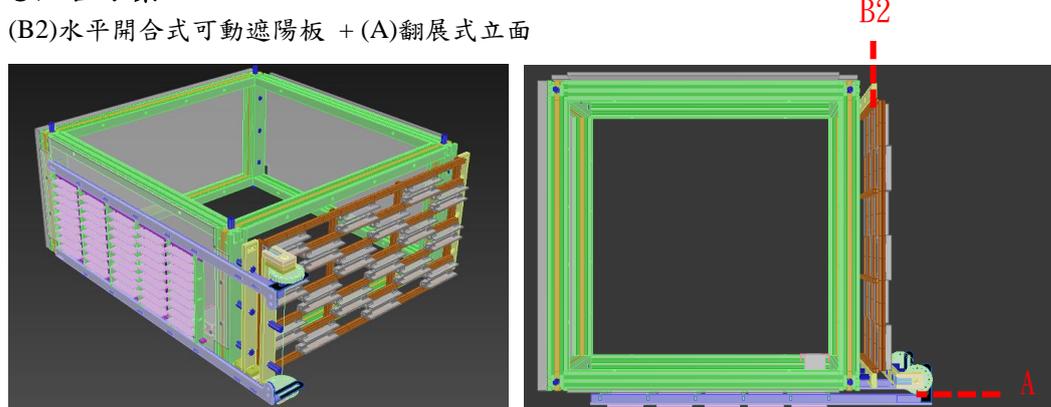
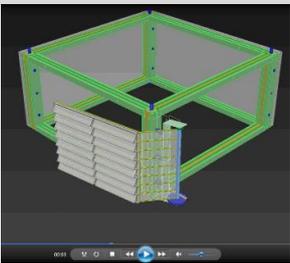
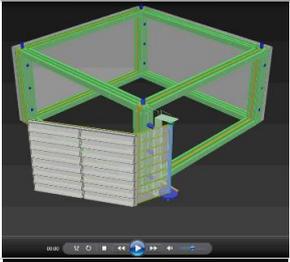
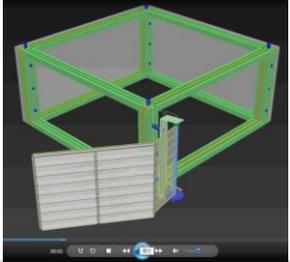
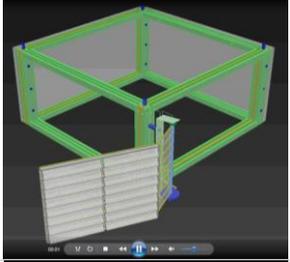
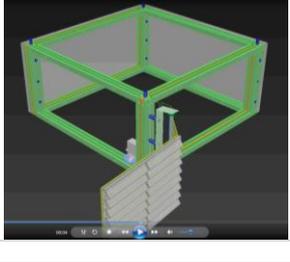
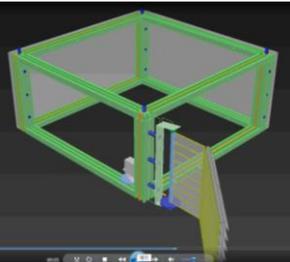


圖 5-20 組合方案 3 透視與頂視圖

(本研究繪製)

2. 動態立面的機構變動方案

表 5-18 動態立面的機構變動方案模擬

實體模型變動	3D 模擬模型變動
	
	
	
	
	
	

(本研究繪製)

四、模型實測規劃

在本章節嘗試以縮小尺度的實證平台建立各種設計可抽換立面，並依據「節能外牆技術指南」之設計手法型號發展不同形式的設計立面，本章節重點在於測試可抽換立面的通用性與實用性，並運用現有的技術與材料，預測設計者在設計過程中對於工具與實作平台的需求。

根據本研究實作中發現，在設計可動機構時需花費較長的時間做變動測試，亦根據專家學者建議，目前 3D 模型模擬軟體中可做的模擬評估的方法效益大於實際縮尺模型，因此若未來需做實測，仍須建置真實的實測環境，因此本小節將提供未來實測之規劃需求與流程。

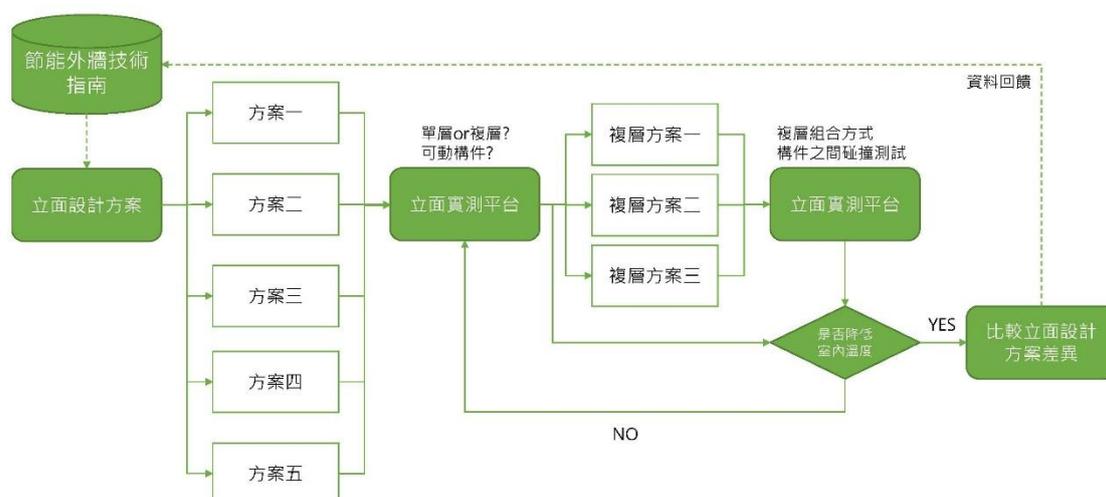


圖 5-21 立面測試平台流程規劃圖

(本研究繪製)

第六章 結論與建議

第一節 計畫執行成果

本計畫進行，根據表 6-1 服務建議書之進度規劃，已完成之進度成果如下：

1. **文獻回顧(詳第二章、附錄三)**：包含相關用語定義之整理、綠建築法規及標章有關外牆節能之規定、國際外牆節能之文獻整理、外牆節能設計準則之歸納。
2. **案例調查、分析(詳第三章)**：包含國內外外牆節能案例之基本資料、節能手法及外牆構法特色分析。
3. **第一階段專家座談、訪談(詳第四章、附錄四)**：進行六場專家訪談及一場專家座談，共獲得 17 位專家之專業意見，為後續外牆節能研究之基礎。
4. **節能外牆設計流程(詳第五章)**：透過文獻、案例、法令分析及業界實務經驗訪談，歸納出外牆節能建議推行之設計流程。
5. **根據期中、期末審查意見進行修正(詳附錄一)**：本研究內容已根據期中審查之評審意見，完成定義範疇釐清、本土通用性檢討、量化數據呈現、國內案例補充、錯字修正等相關作業。
6. **完成節能外牆設計指南(詳附錄五)**：透過與目前 EEWB 日常節能指標評估系統的整合，檢討設計指南外牆類型分類架構，充實本地之外牆節能推薦案例及圖說，初步完成節能外牆設計指南之現階段版本。
7. **辦理第二階段專家訪談及座談會(詳第四章)**：聚焦於具外牆節能特色之本地案例設計事務所參訪，深入設計及指南應用議題進行三場專家訪談；並邀集建築師及能源模擬專家，針對外牆節能議題進行一場專家座談，共獲得 8 位專家之專業意見，為外牆節能技術指南之提供修正建議。
8. **節能外牆模組設計資料庫建置(詳第五章)**：累積外牆設計指南內之外牆模組類型數位檔案，進行 3D 模型建置及參數化工具開發，以了解其進行法規 EEV 計算可得到的結果，並做為外牆設計選項替選結果之比較平台。
9. **立面設計與建築基地模擬(電腦模擬與實測分析)(詳第五章)**：本研究先選定「原台南縣政府」之立面做為節能外牆設計模擬之示範案例基地，進行替選方案之示範分析。
10. **外牆模組構件離型實作(系統整合與效能評估)(詳第五章)**：將所建置之 3D 模型進行壓克力縮尺模型及構件 3D 列印之實作，以進一步探討外牆可動裝置之可行性。
11. **期末報告資料彙整**：如本報告書內容，已將研究過程及結論詳實際記載，作為後續研究之參考。

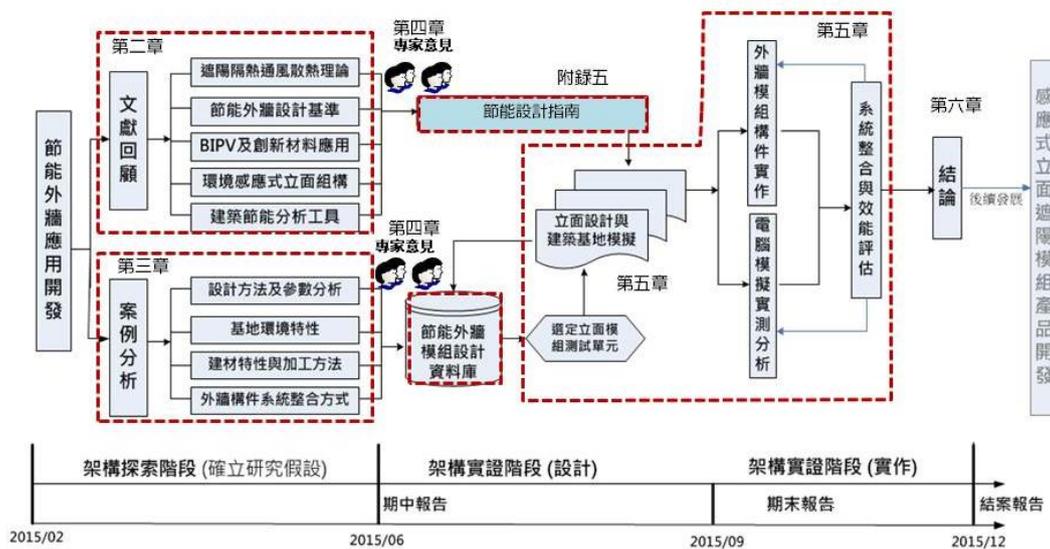


圖 6-1 計畫執行成果說明圖

(本研究繪製)

表 6-1 服務建議書之進度規劃

月次	第 1 個月	第 2 個月	第 3 個月	第 4 個月	第 5 個月	第 6 個月	第 7 個月	第 8 個月	第 9 個月	第 10 個月	第 11 個月	第 12 個月	備註
準備階段	■												
文獻回顧		■	■	■	■	■							
案例調查、分析		■	■	■	■	■							
第一階段專家座談、訪談			■	■	■	■							
節能評估基準與外牆設計方法研擬				■	■	■	■						
期中報告資料彙整與辦理審查					■	■	■						
節能外牆模組設計資料庫建置			■	■	■	■	■	■	■	■			
立面設計與建築基地模擬							■	■	■	■			
外牆模組構件雛型實作						■	■	■	■	■	■		
電腦模擬與實測分析					■	■	■	■	■	■	■		
系統整合與效能評估									■	■	■		
第二階段專家座談、訪談										■	■	■	
期末報告資料彙整與辦理審查										■	■	■	
成果報告資料編纂與辦理驗收											■	■	
預定進度 (累積數)	4%	8%	16%	28%	44%	60%	72%	80%	88%	92%	98%	100%	預定進度 (累積數)
<p>說明：1 工作項目請視計畫性質及需要自行訂定，預定研究進度以粗線表示其起訖日期。</p> <p>2 預定研究進度百分比一欄，係為配合追蹤考核作業所設計。請以每 1 小格粗組線為 1 分，統計求得本計畫之總分，再將各月份工作項目之累積得分(與之前各月加總)除以總分，即為各月份之預定進度。</p> <p>3 科技計畫請註明查核點，作為每 1 季所預定完成工作項目之查核依據。</p>													

(本研究繪製)

第二節 結論

本研究屬內政部建築研究所 104 年度『創新低碳綠建築環境設計技術與科技研發』子計畫之一，研究結論及成果依原預期目標規畫，透過報告書文獻整理、訪談案例圖面資料蒐集及「節能外牆設計指南」編撰，匯整及分析有關整合式節能外牆元件之設計方法、遮陽、隔熱、通風散熱及發電效益之相關文獻及案例。並呈現涵蓋環境感應式立面、太陽光發電遮陽裝置與複式帷幕等整合性外牆節能手法之較佳化構造設計模式比較及相關應用技術事項。

依研究過程專家意見訪談結果及業界大環境需求，在評估篩選國內外多種應用軟體、模擬方法並分析實務設計流程可行性後，擬定初步結論以業界實用為優先考量，以配合我國綠建築法規日常節能為本研究主要模擬目標，如 5-2-4 節所述，找出現階段 EEW H 外殼節能計算中與外牆直接相關之變因，作為本研究優先導入實作與模擬之範圍。

實作部分，透過節能外牆案例檔案資料庫及 3D 模型之數位檔案之建構，更深入視覺化呈現節能外牆之設計理念、可替選變因及材料、單元組構方式、可動機構等；由於目前的 BIM 工具所支援之能源模擬功能與本研究目標不盡相同，為了能跳脫軟體在模擬細節上之限制，本研究嘗試透過 BIM 技術建置智慧元件圖庫及內建設計參數樣板，透過 Dynamo 參數轉傳機制，直接銜接目前 EEW H 之外殼熱性能指標計算公式加以檢討，以針對指南型錄內外牆樣式之效能差異進行比較，期能做為未來便利設計者，作為外牆設計發想工具之整合運用，同時可達到使模擬結果可視化之圖表呈現。

本計畫研究發現成果如下：

1. **節能設計應用工具的整合：**「建築節能」與「節能外牆」之差異如圖 2-2 所示，根據我國綠建築 EEW H 評估系統，「建築日常節能」考量的面向主要包含「外殼節能」、「空調節能」、「照明節能」三大部分。而「外殼節能」又可包含「外牆節能」、「屋頂節能」兩大部分。本研究之範疇僅先聚焦於「外牆節能」，依座談會專家建議，應延伸到屋頂節能，未來並進一步就此體系架構，整合整體節能評估之需求，發展配合 BIM 模型之 GREEN BIM 模擬評估工具。因應未來的設計工具將逐步由 2D 圖說進入 3D 與 BIM 模型整合，節能計算中，許多牽涉空間與材料面積量測、數量估算、角度檢討等工作，均可透過程式化工具加以處理，以加快設計檢核流程。
2. **實測驗證相關技術、認證平台、獎勵機制的研擬：**根據文獻研究及訪談結論，太陽光電遮陽與複式帷幕外牆等創新整合式外牆之模擬相當複雜，目前尚未有具公信力之軟體或實測方法，建議建研所未來可以整合外牆相關業者，研擬外牆單元之足尺離型檢驗平台或節能效果用後實測認證獎勵機制。累積本地相關數據整合於節能技術指南中，供業界作為設計之參考，

俾便於作為與國內外其他評估認證系統接軌之依據，以方便一般設計及營造單位，能大量採用節能設計，助於整體低碳建築環境品質之提昇。

3. **節能外牆建材投資報酬率(ROI)之計算基準：**根據專家訪談結論，整合式節能外牆之造價及 ROI 評估，節能效果佳又造價不高之設計並非不可能。但隨著太陽能及玻璃等建材之價格逐年降低、發電效率或隔熱性能等技術逐漸提昇，台電電價及躉購電價之波動等因素，節能建材或系統之相關計算基準亦逐年變動，建議政府相關單位或民間產業公會能有制度化逐年提供相關之調查數據作為之參考，提供設計者或發包採購單位作為設計決策之參考。
4. **節能外牆設計與使用流程：**本研究透過文獻、案例、法令分析及業界實務經驗訪談，初步歸納出設計階段外牆節能建議之設計流程(如圖 5-1)，然而，若能經過實務單位透過設計實例操作，進行過程中相關模擬方法之驗證，同時延伸到使用階段，使用管理單位對於節能外牆使用之維護流程追蹤，未來形成標準作業程序 SOP，導入建築物整體設計使用之生命週期，應能在綠建築法規與標章查核、驗證工作上，能更有系統地執行並取得相關績效之數據。
5. **法令規範之調整：**未來應持續透過國內外綠建築規範的比較分析，配合全球趨勢逐步調高節能基準，檢討我國外牆節能基準之未來發展藍圖及創新材料與工法對於節能之影響。法令上應定義整合式外牆(主動式遮陽、雙層牆...等)在應用上之相關評估規範。

第三節 建議

根據上節研究成果發現，本研究提出下列具體建議：

建議一

基於綠建築法令執行角度，賡續辦理節能外殼(含屋頂)單元設計之應用研究：
立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：臺灣建築學會

延伸本研究之成果，持續透過案例研究與法規適應性檢討，進行外殼單元創新材料或特色設計之細部模組化模擬，進而透過參數化分析方法，萃取細部數據，針對本地常用之外殼構材單元，進行熱性能比較分析，並將節能具體手法，整理成為技術指南或參考手冊，以提供各界觀摩引用，使節能外殼設計概念得以推廣。

建議二

發展對應本地綠建築法令之 BIM 節能設計應用工具：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：財團法人台灣建築中心

隨著中央地方營建主管單位與營建產業各界對於 BIM 工具的關注，結合節能分析檢討的 GREEN BIM 工具發展，已成為全球各地所重視的議題，然而現有外來工具無法直接滿足本地綠建築法規檢討與智慧綠建築標章之需求，因此因應本地法令與評估系統，發展適合的對應工具已成為現階段重要的工作。

建議三

發展外牆構造單元節能效能實測驗證平台與獎勵機制：中長期建議

主辦機關：經濟部能源局

協辦機關：中華民國全國建築師公會、工業技術研究院綠能與環境研究所

本研究中發現，太陽光電遮陽與複式帷幕外牆等創新整合式外牆之模擬相當複雜，目前尚未有具公信力之軟體或實測方法，建議整合外牆相關構材業者，籌組外牆單元之足尺雛型檢驗平台提供實測驗證服務，並由主管機關就節能實測認證結果研擬獎勵機制。藉此累積本地相關數據供業界作為設計參考，且透過明確認證數據與國內外評估認證系統接軌，有利國內產品、技術之輸出。

附錄一之一 期初執行單位審查意見回覆表

內政部建築研究所 104 年度

「建築物節能外牆之應用研究」委託研究計畫案

審查意見及廠商回應一覽表

項次	審查委員意見	廠商回應
1	計畫書中提到所謂「智慧綠建材」，請界定。	本案「智慧綠建材」定義為智慧綠建築之建築材料，至於智慧綠建築的定義則以內政部建築研究所之定義為標準。本計畫將於文獻探討階段，同時進行名詞定義釐清，並於報告中呈現。
2	依計畫書預劃本案將進行雛型實作實驗，請釐清如何進行？	於本案階段以設計構想模擬為主，以外牆模組單元縮尺模型方式，進行示範概念之展示。
3	計畫書中提到許多智慧立面，是否將全部進行，亦或挑選部分，如何評選，請補充說明。	有關智慧立面之探討將先參考文獻，擬定其分類架構，再依臺灣各氣候區適用之類型，進行案例整理與模擬。
4	本提案以建立節能外牆之案例為主，供業界設計應用參考，有關創新研究目標，並未明顯強調。	有關創新研究目標，本案將引用 102 年創新課題研究結論與專家建議，將節能外牆立面單元，進行模組化、元件化可行性之探討，作為後續設計者可重覆應用之單元，因應內部機能、外在氣候條件差異，進行替選單元之選用與搭配。
5	資料蒐集頗為豐富；若以占建築最大比例之私人住宅大樓或社區為例，配合私人建築物使用者不善管理又不願花錢維修之現況，如何提出有效可行之節能外牆？現行法規有何必須修正補強以配合之？	有關外牆模組元件應用範圍，不僅將涵蓋私人住宅相關應用，亦將廣泛探討適合應用於其他常見之建築物類型之單元型式。住宅落地窗之節能與開口部玻璃之特殊設計，亦將納入探討範圍。
6	預期研究成果應可應用於現行政策及法令的修改或加強。	本案研究範圍將依招標需求，先聚焦於外牆設計與節能之關聯性，探討各種可行之設計方案，後續再依可能牽涉之法規、維護管理方式、使用後能源管理分析

		等提出相關建議，以作為政策法令修正之參考。
7	有關本案內容有無創新或回饋項目？核心系統資料是否開放？有關能源管理模組、節能外牆模組之建立模式，請補充說明。	本計畫執行過程所產出之節能外牆設計資料庫、專家意見、實例模擬、節能核心數據及模擬結果等相關成果，均可透過論文發表、期末報告設計指南附件、網路專文投稿、相關論壇演講等方式進行推廣，促進產官學研各界對外牆節能設計議題之重視與討論。
8	有關本案促進跨領域產業合作應如何進行？	有關產官學跨領域合作項目，將邀請建築師、示範案例管理單位、帷幕牆相關業者、綠建築與智慧建築學者等提供專業意見並就前瞻設計手法之可行性，進行交流討論。
9	有關模擬評估環境感應式建築外殼之方式、其節能效益及預期成果，請具體說明。	有關本案預期成果如簡報第5頁與第47頁所述，將於期中報告中呈現文獻理論分析與案例調查採訪、專家訪談之架構性結論，並於期末報告呈現案例模擬與單元實作之實驗結果，歸納為設計指南作為建築師、外牆相關業者進行設計發展與產品開發之參考。期能帶動智慧綠城市意象與議題之推動。
10	本案蒐集許多案例，多為空調型建築，建議集合性案例及其維管一併納入。	遵示辦理。

廠商簽章：



業務單位審查簽章：

劉錦鋒

附錄一之二 期中審查意見回覆表

內政部建築研究所 104 年度
「建築物節能外牆之應用研究」委託研究計畫案
期中審查會議意見回應表

時間：104 年 7 月 1 日(星期三)

地點：建研所簡報室

評選委員	審查意見	意見綜合回覆
蔡教授 尤溪	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本案應提供可通用之設計參考方案。 2. 建議探討一般外牆與遮陽設計如何精進與創新，如我國宜蘭地區之可調式百葉窗。 	<p>感謝各位委員之意見，執行單位回應如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 限於研究時程與進度，本次期中報告主要呈現計畫前半期之文獻、法令、案例等資料蒐集結果，及專家訪談意見彙整，較為質化及發散，下半期將參考委員意見，透過基礎通用案例之假設，控制建築物外牆以外構造之基本條件，再於各方位分別置入外牆替選設計方案，透過建築物整體之 Req, Envload 量化比較模擬，期能進一步就外牆組合構造之節能差異性進行比較。 2. 外牆節能指南將參考委員意見持續修正，並將更多蒐集國內外案例，分析其本土通用性及模組化應用之可行性，同時，將深入分析我國相關案例之適用情形，包括傳統外牆作法之創新設計等。 3. 對於相關圖面之說明將再儘量補充完整。 4. 建築物用途之分類架構，將參考國內技術規則之分類方式加以補充；各種節能外牆技術類型亦將同時列出相對需考慮之因素等。
林教授 憲德	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本案應以建築整體耗能作為考量，即使介紹外牆節能設計或創意，最終應回歸到 Req、Envload、能源模擬或相關法規等進行檢討。 2. 目前所提案例大部分並非以節能為優先考量之設計，難以定義為節能外牆。另太陽能發電與雙層立面等，與節能外牆較無直接關係。 	
周教授 鼎金	<p>預期成果第 4 項，針對太陽光電遮陽與雙層立面外牆整合應用等，是否為後續研究重點，請補充說明。</p>	
張建築 師矩墉	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本案定義之外牆較廣義，泛指除了屋頂面以外的建築物外殼。 2. 全球暖化與節能意識抬高，雖促使許多主、被動式節能科技技術發展，唯是否適合本土氣候條件與社會環境、成本效益是否具競爭力、會否因強調局部而忽略了整體、技術能否充分轉移，甚至產權分散會否影響運作，建議深入分析與探討。 3. ICT 設備元件之生命週期和建築物有很大的差距，如何有效維護更新將是一大挑戰。 	
吳建築 師德賢	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建請加強節能外牆設計於構想層級之比重，兼顧建築外牆設計之節能、造型、機能、視野、方位及座向等因素之平衡，以提出較可行方案。 2. 建議加強國內案例之蒐集與分析，包含負面案例及長犯缺失 	

	<p>等。</p> <p>3. 由節能外牆觀點，有無檢討建築技術規則建築物面積計算之必要。</p>	<p>5. 節能外牆設計流程，將加強說明構想階段，促使建築師於設計初期導入節能概念。</p> <p>6. 後續將研擬針對台灣地區太陽光電遮陽及雙層外牆立面整合節能效益及實測方法，並選定代表案例，進一步分析檢討。</p>
黃技師克修 (書面意見)	<p>1. 本案執行團隊除定期討論外，尚訪談諸多業界及學者專家，具周延性。</p> <p>2. 節能外牆之構造、類型甚多，請補充說明其使用年限及維護方式。</p> <p>3. 節能外牆難免造價偏高，建築技術規則如能逐漸調降 U 值上限，成效將更全面性。</p> <p>4. 部分用語請參考修正，如技術指南草案 p. 33「增加 U 值」應修正為「降低 U 值」、「減少空氣耗能變動」建議刪除「變動」等。</p>	
廖組長慧燕	<p>1. 節能外牆之設計應納入本土性及經濟性考量。</p> <p>2. 請說明外牆整合應用對節能的影響。</p>	
鄭主任秘書元良	<p>1. 本案應釐清「建築節能」與「節能外牆」之差異，並建議多蒐集我國節能外牆之案例，進行深入分析與探討。</p> <p>2. 有關技術指南之架構目前較不明確，宜邀集專家學者再行討論確定。</p>	

附錄一之三 期末審查意見回覆表

內政部建築研究所 104 年度
「建築物節能外牆之應用研究」委託研究計畫案
期末審查會議意見回應表

時間：104 年 11 月 5 日(星期四)

地點：建研所簡報室

評選委員	審查意見	意見綜合回覆
張建築師矩墉	<ol style="list-style-type: none"> 1. 報告書內許多表格以影像的方式貼上，字跡模糊，建議重新替換。 2. p. 25 表 2-13 第 8 項 U 值目前為 0.8w/m²·k 以下，同樣附錄五的 p. 5 Uar 的值也是應該改為 0.8w/m²·k。 3. 技術指南方面： <ul style="list-style-type: none"> ● 技術指南給實務業界參考用，前面的「定義性能標準」簡單明瞭即可。 ● 法規基準可取消，以免法令變動或基準改變時無法因應。 ● 案例使用流程模擬，較少案件可採取這樣的模式先考慮外牆如何運作。 ● 案例技術將一項一頁方式會造成圖面太小，使得要表達的圖面無法閱讀如 p. 23-26、p. 29、p. 37-30、p. 46、p. 58 建議最少要有 p. 69-BC-G01 的比例才能有效閱讀。 ● P. 71 照片說明應修正為「台東市」 4. 涉及外牆節能有一個重要的法規目標檢討：「牆厚以及雙層牆牆心、隔熱材料是否要計入整體牆厚度中？」一般簡單之單層 RC 外牆貼磁磚因裝修厚度不大，而單是牆體本身就滿足安全、強度、隔音各方面要求，故也都以單純牆體視之。但嚴格來看，尤其是採取技術規則第 308-2 條的案件，其外牆構造通常都會加上空氣層、隔熱層、外飾材，整體材料的綜合隔熱性能產生一個符合法規節能要求的牆及是否意味著一併計入，即很有可能都合在 30cm 以上，它的中心線(牆心)可能就不一定在原 RC 牆的中心上，而且這樣的構造是不容許任意變更的，內部的隔熱材和封板，在裝修階段也不得隨意變更。雙層外牆在法規檢討的時候也是如此嗎？如果外層是透明的玻璃時可不計嗎？有時候設計出來的遮陽或格柵，建管單位都各自有其看法：「要求計建築面積，或又以會有違章之虞要求取消」，這才是建築師實務上碰到的最大難題。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議，字跡模糊之圖表，均將再重新製作。 2. 感謝委員對於 U 值誤植之指正，已於期末簡報中更正，報告書部分將一併在成果報告中修正。 3. 非常感謝委員及主席對於技術指南之詳實建議，p. 71 圖片出處將會立即修改，其餘有關前言說明部分適合涵蓋內容、圖文排版、內容校正及智財權確認等建議，將參考歷年建研所指南編撰前例，於未來另案出版計畫，再透過討論會議進行細部之修改及美編完稿。 4. 感謝委員建議，有關外牆節能之法規修正建議，將會呈現於本報告書之結論建議中。 5. 感謝委員建議，成果報告書之格式將會逐章節進行核對修正，結論建議部分亦將與建研所承辦人員進行討論及確認。成果報告書及附錄指南所使用之圖片，均會再加
陳伯勳 (建研所)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成果報告格式請依規定辦理(摘要及各章節) 2. 建議部分再與建研所承辦人討論，無法辦理者請暫不建議。 	

	3. 外牆節能技術指南所使用圖片請注意版權使用問題	<p>註來源出處。</p> <p>6. 感謝委員指導，有關報告書第三章之各案例「外牆單元構建之設計特色與應用方式」；第五章之細部設計尺寸、EUI 權重、既有建築改善之適用性等部分；外牆材料構成及通風影響等議題，研究單位均將會再與建研所承辦人員進行後續討論並加以補充修正。</p>
涂明哲 (室內設計裝修)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 彩色印刷圖示不清。 2. 室內居住最大問題是頂樓與西曬牆。 3. 檯度以下不開窗飾安全問題，但可開通氣孔。 4. 開孔率應配合方位，通風。通風可排出室內空氣，減少潮濕情況。 	
黃技師 克修	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建物外牆熱傳影響居住舒適度及空間耗能，本研究成果應用如能運用於既有建築改善(如綠建築 RN 案)成果更廣泛。 2. 外牆節能影響 EUI 的權重有多少，報告書中未明述，是否表述？ 	
詹教授 添全	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第三張案例分析建議將個案立即合作一比較表，基地部分案例缺「外牆單元構建之設計特色與應用方式」，如有資料建議予以補實。 2. 第五章應用實證建議將各種節能設施(或設備)之使用空間、尺寸、規格以及其增加之載重予以表列，納入「技術指南中」。 3. 報告內引用之圖表，照片模糊不清，請重置。如圖 2-1、2-2、p. 13 表 2-3、圖 2-3、p. 16、p. 17-20 圖 2-5、2-6、表 2-11、圖 2-7.. 等。 	
蔡教授 尤溪	<ol style="list-style-type: none"> 1. 達到預期成果。 2. 建議稍多著墨於外牆之材料構成，不同構成會影響隔熱。 3. 開口部不必然與通風效果相關，需考量高層建築無法完全利用外氣通風問題，如帷幕牆。 	
鄭主任 秘書 元良	<ol style="list-style-type: none"> 1. 指南前面的架構可參考歷年編撰指南方式，重點在於告訴使用者如何運用指南。 	

附錄二 工作會議記錄

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」

第二次 工作小組討論會議

日期：2015/03/09 (一) 2pm

地點：成功大學建築系 3F 未來教室

參加人員：鄭泰昇、陳嘉懿、潘晨安、黃紹筑、陳思吟

報告：

- 本案工作小組會議紀錄後續將存於“dropbox/SHAREA_ABRI_節能外牆/02_專案執行/03_工作會議紀錄”目錄資料夾下，後續將委請思吟協助本案整理會議紀錄及相關資料。
- 本次會議由紹筑針對 DESIGN ENERGY SIMULATION FOR ARCHITECTS 一書中，相關案例之電腦模擬能源分析方法進行整理及摘要報告。

壹、 討論議題：

- 議題 1 (文獻整理)：文獻整理方法，請提供意見 -
 - 以“Exploring the potential of climate adaptive building shells”(Loone, 2011) 為例，如附件格式，可將文獻資料 依下列分項整理
 - 文獻摘要
 - 用語定義
 - 重要議題及挑戰
 - 公式及理論
 - 電腦模擬工具
 - 實驗方法
 - 其他：可動式立面之自主控制邏輯
- 議題 2 (實例模擬)：案例模擬是否分兩部分，請確認分工 -
 - 提供 1 處以成大校區既有模型為主，模型量體儘量簡化以便抽換外牆元件?
 - 選定經濟部中部創新園區之外牆相關空間， 但需確認目前案例圖面蒐集情形，並需建置模型及蒐集相關數據?
- 議題 3 (專家訪談)：訪談時間、地點及對象人選 -
 - 時間：
 - 地點：
 - 對象：
- 議題 4 (下次工作會議)：時間及應完成項目?

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」

第三次 工作小組討論會議紀錄

時間：104年3月16日(星期一) 下午2時正

地點：國立成功大學建築系 耐震大樓 3F 未來教室

主席：陳教授嘉懿

紀錄：陳思吟

出席人員：詳簽到簿

主席報告：

本次會議由紹筑針對 DESIGN ENERGY SIMULATION FOR ARCHITECTS 一書中，相關案例之電腦模擬能源分析方法進行整理及摘要報告。本週探討了玻璃材料的特性及相關變數。

今天下午4點- eQuest Tutor：林憲德老師博士生陳怡蓉

貳、 討論議題：

● **【議題1】 案例分類及蒐集：**

- 請紹筑針對帷幕牆產生一分類，透過文獻整理方式分析軟體相關建築相對應建築設計形式與相對應節能構想起源。鄭泰昇老師建議以結果導向推演現有分類方式，透過實作方式；例如：可為節能分類或者是建築的形式導致的設計方法不同等。下禮拜依邀請林子平老師演講，理解相關智慧節能理論與相對應可發展的方向可能性。

● **【議題2】 模擬軟體分類與學習**

- 整理目前國內外分析軟體與相對應建築形式

● **【議題3】 邀請專家學者座談會人選**

- 已擬定相關人選名單如下：

- 營造公司 - 1.世曦工程 2.衛武資訊

- 帷幕牆公司 - 1.旭格 Schueco 2.大河先進(中國信託) 3.美港(帷幕) 4.漢宗股份有限公司(台中歌劇院/帷幕牆廠商) 5.康普工程顧問公司

6.HunterDouglas

- 建築師事務所 - 1.九典建築師事務所_中分院外牆 2.華業建築師事務所_富邦福安

- 學術界 - 成功大學 1.陳震宇 2.林子平 3.蔡耀賢

- 挑選方向建議有以下列幾種：挑選出議題探討、從建築種類找尋相對應之AEC 流程設計師與廠家等

- 討論舉行時間

參、 會議結論：

1. 邀請林子平老師演講，於下次商討對於智慧節能標章相對應的分類為何，建議與那些廠家進行商討。
2. 文獻整理國內外建築相關案例與分析方式(持續進行)

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」

第四次 工作小組討論會議紀錄

時間：104年3月23日(星期一) 下午2時正

地點：國立成功大學建築系 耐震大樓 3F 未來教室

主席：陳教授嘉懿

紀錄：陳思吟

出席人員：詳簽到簿

主席報告：

專家座談會時間以及專家學者名單訂定討論，提出相關帷幕牆廠商名單。後續擬訪談帷幕牆廠商旭格、美港聯合及九典建築師事務所，相關訪談議題如附件，二、請提供意見；訪談排定時程請討論。

三、今天下午4點-[專家學者座談會]-邀請林子平老師演講。

肆、 討論議題：

● **【議題1】專家學者座談會：**

- 擬定訪談帷幕廠旭格、美港聯合及九典建築師事務所，訪談排定14日，需與廠商連繫後確認與更改時間。

● **【議題2】三月三十日邀請陳震宇老師演講**

- 與陳老師商討廠商討論問題以及下次專家學者建議名單

伍、 會議結論：

1. 確認廠商名單與日期
2. 邀請陳震宇老師演講，於下次商討對於帷幕牆對於環境與製造使用應用。

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」

第五次 工作小組討論會議

日期：2015/03/30（一） 2-5 pm

地點：成功大學建築系 3F 未來教室

參加人員：鄭泰昇、陳嘉懿、潘晨安、黃紹筑、陳思吟

報告：

今天下午 2:30-3:30 -邀請 陳震宇教授，針對「帷幕牆與環境策略運用」為題，進行演講與討論。

壹、討論議題：

● 議題 1（陳震宇教授 專家訪談）：

- 如附件，大家針對所提出之四大類議題 進行請教與討論。

● 議題 2（外牆設計案例分類方法）：黃紹筑

- 本週初步就台灣地區所蒐集到之各類型建築物代表案例，分析其建築物高度與外牆之面積佔比，推估外牆設計策略之決定因素(如附圖)，連同之前提供之分類方式，請各位老師及夥伴對與此方式合理性及資料表達性提供意見。

● 議題 3（台北參訪連繫情形與行程安排）：

- 帷幕牆廠商 - 旭格: 4/15 2pm (OK)
- 帷幕牆廠商 - 美港聯合: 4/14 2pm (OK)
- 九典建築師事務所 -
- 台大 BIM 中心 - 4/13 2:30pm (OK)
- 其他訪問對象? 連繫情形?

整理如附件行程表，需請大家再彙整各場次的討論議題。

貳、臨時動議：

1. 期中報告前，是否要舉辦第一次專家座談會? (5/4-5 ?)
2. 4/6 因春假 外牆案停會一次，因 4/13-15 在台北進行參訪，外牆案下次工作會議預定 4/27 (?)
3. 兩次校內專家訪談之重點摘要需再配合原擬定議題加以整理，成為未來撰寫期中報告之參考。(麻煩紹筑配合老師演講內容及錄音檔摘要整理，並附會議照片)

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」

第七次 工作小組討論會議

日期：2015/04/27 (一) 3-6 pm

地點：成功大學建築系 3F 未來教室

參加人員：鄭泰昇、陳嘉懿、潘晨安、黃紹筑、陳思吟

報告：

- BIM 會議協調
- CAADRIA presentation
- 建研所專家學者座談會

壹、 討論議題：

● 議題 1 (5/4 座談會準備事宜)：

- 邀請函如附件含議題，需儘快確認與會專家回覆情形。
- 正式公文、議題、發言單、簡報資料講義 (電子檔同時用 email 寄送)
- 當天專家出席費、交通費、簽名單及相關核銷單據、餐盒訂送、經費預支等。

● 議題 2 (5/4 座談會簡報內容討論)：

- 簡報時間長度
- 研究現況呈現內容方向
- 專家討論議題

● 議題 3 (CAADRIA 2015 論文發表預演)：呂啟銘

- 簡報時間長度
- 研究現況呈現內容方向
- 影片內容

貳、 臨時動議：

- (1). 5/4 第一次專家座談會在台北舉行，讀書會暫停
- (2). 4/22 旭格訪談會議記錄請加以整理。(麻煩紹筑配合簡報及錄音檔摘要整理，並附會議照片)
- (3). 外牆分類表需加入技術規則外殼節能熱性能規範之分類及編號

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」

第八次 工作小組討論會議

日期：2015/05/11（一） 3:30-6:00 pm

地點：成功大學建築系 3F 未來教室

參加人員：鄭泰昇、陳嘉懿、潘晨安、黃紹筑、陳思吟

報告：建研所專家學者座談會紀錄，請提供意見。

壹、 討論議題：

- 議題 1（期中報告書）：

- 架構內容？
- 撰稿分工及預定進度？

- 議題 2（節能外牆設計指南）：

- 呈現方式：以圖例為主
- 類型區分取決因素：使用對象及目的、建築類型(自然通風、純空調型、複合空調型；住宅/非住宅之差異?)、時序變化、創意美學、成本
- 架構、撰稿分工及預定進度？

- 議題 3（後續研究方向）：

- 目前進度與後續工作項目檢討
- 需蒐集之補充資料?(如：Envload 對整合式外牆評估方法的深入了解)
- 整合式外牆實測模擬?(是否有可能進行或可否委外進行?)資策會過去的智慧外層經驗訪談?(參附件資料)

- 議題 4(訪談座談後續追蹤項目)：

- 建築用途及通風對耗能影響相當大，但目前數據評估仍相當困難，節能效果與成本之分析亦相當困難。Envload 玻璃部分修正內容需補充! SF 與 REQ 之間的關係。
- 黃國倉老師建議之方法：Case-based、外牆參數抽換再進行敏感度分析
- 美港雙層牆案例? 旭格北科合作實驗案例? 是否訪談李魁鵬老師?

貳、 臨時動議：

- (1). 因主持人參加國際會議及研究人員論文口試，下次工作會議時間延至 6/1(一) 2:00pm IA LAB meeting 進行。
- (2). 6/22-7/20 因鄭老師出國，6/15(一) 2:00pm IA LAB meeting 需確認期中報告書及期中簡報之架構內容。
- (3). 配合期中報告撰寫時程，建議 BIM 元件論壇能在 6/8(一)舉辦。

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」

第十次 工作小組討論會議

日期：2015/06/08 (一) 2:00-4:00 pm

地點：成功大學建築系 3F 未來教室

參加人員：鄭泰昇、陳嘉懿、潘晨安、黃紹筑、陳思吟

壹、 報告：

本週接獲建研所承辦人員通知，需於 6/22(一)之前將期中報告書隨函送達建研所，期中簡報時間訂在 7/1(三)下午。

貳、 討論議題：

● 議題 1 (期中報告書)：

- 目前進度
- 問題討論
- 報告格式及章節樣式設定
- 文獻 endnote 檔案連結

● 議題 2 (節能外牆設計指南)：

- 呈現方式：以圖例為主 (可參考英國 TM35 技術文件及林憲德老師綠建築 84 技術)
- 類型區分取決因素：使用對象及目的、建築類型(自然通風、純空調型、複合空調型；住宅/非住宅之差異?)、時序變化、創意美學、成本
- 架構、撰稿分工及預定進度?

● 議題 3 (績效表填報)：

- 目前進度之工作項目檢討
- 6/12 之前需繳交給建研所

● 議題 4(實作構想討論)：

- 1/10 比例?
- 模矩?
- 抽換形式、展示內容等

參、 臨時動議：

- 本案目前第一期款項執行情形。

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」

第十一次 工作小組討論會議

日期：2015/06/16 (二) 12:00-18:00 pm

地點：成功大學建築系 3F 未來教室

參加人員：鄭泰昇、陳嘉懿、潘晨安、黃紹筑、陳思吟

報告：

本次會議為期中簡報前最後一次工作會議，請大家預想可能之準備工作及相關疑問，並儘量提出來討論。

壹、討論議題：

- 議題 1 (期中報告書繳交作業)：請確定排程
 - 成大研發基金會發公函(6/18 前，因 6/19 為端午節)
 - 影印裝訂 25 冊 (6/20 前)
 - 20 冊快遞郵寄送到建研所 (6/21 前)
- 議題 2 (期中簡報)：
 - 簡報 PPT 內容定稿(6/29)
 - 簡報講義影印(影印數量 check 開會通知 6/30)
 - 期中審查會議 (7/1 下午三時)- 參加人員? 集合時間?
- 議題 3 (期中報告書初稿內容修正)：(6/18 前)
 - 第二章、第三章待檢核及微調
 - 第五章: 加入外牆節能指南架構說明
 - 參考文獻整理
 - 附錄(補充 TM35 相關介紹工作會議紀錄及簽到單)
 - 排版定稿校對(6/19 前)
- 議題 4 (節能外牆設計指南)：
 - 呈現方式：以圖例為主 (可參考建築節能技術手冊，分為技術及案例)
 - 類型區分取決因素：使用對象及目的、建築類型(自然通風、純空調型、複合空調型；住宅/非住宅之差異?)、時序變化、創意美學、成本

貳、臨時動議：

1. 本案目前第一期款項執行情形? 期中報告預算費用預支?
2. 鄭主任出國期間，需要預先簽辦之事項?

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」

第十二次 工作小組討論會議

日期：2015/08/14 (五) 10:00-12:00 am

地點：成功大學建築系 3F 未來教室

參加人員：鄭泰昇、陳嘉懿、潘晨安、黃紹筑、陳思吟

報告：1. 期中審查意見及會議記錄摘要。(詳附件)

討論議題：

議題 1 (進度檢討)：

- 以 10/15 期末報告繳交期限為目標，檢討目前工作進度(詳附件)
- 第二次專家座談會時間、邀請對象?(是否配合元件案?)

議題 2 (節能外牆設計指南 後續工作)：

- 期中報告呈現進度：以圖例為主(可參考建築節能技術手冊，分為技術及案例)；使用類型區分為住宅類(複合通風型)13種/辦公類(全空調型)20種；目前將節能手法分為“建築造型遮陽(SS)”、“遮陽構件(S)”、“開口率控制(WR)”、“開口部通風(G)”、“隔熱構造與材料(M)”等5類。
- 外牆節能效果如何量化呈現?
- 如何充實本地的外牆案例?(建築師雜誌、網路等資料來源、事務所參訪?)
- 外牆節能特殊工法資料蒐集(如：宜蘭地區可調式百葉窗、雙層牆 或 牆面整合遮陽、太陽光電等之案例 … 等)
- 設計模擬案例(最佳化模擬比較方法待研擬，軟體待測試)

議題 3 (示範案例實作)：

- 模組單元(大小、材料、機構、…)

議題 4 (案例參訪)：

- 葉世宗建築師事務所(台南縣政府外牆整建、萬華運動中心)
- 石昭永建築師事務所(太陽光電設計案例)
- 詢問有關綠建築法規之建議、節能模擬計算方法、造價檢討策略

議題 5 (期末報告編撰)：

- 期中報告參訪記錄調整至附件
- 製作期中評審意見回應表

議題 6 (成果發表)：

- CAADRIA 國際學術會議投稿方向內容及摘要討論(9/25 前 500 字)

臨時動議：

- (4). 本案第二期款項預算分配?

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」

第十三次 工作小組討論會議

日期：2015/09/07(一) 12:00-15:00 am

地點：成功大學建築系 3F 未來教室

參加人員：鄭泰昇、陳嘉懿、潘晨安、黃紹筑、陳思吟

報告：

1. 8/27 的參訪紀錄請參附件。目前已進一步取得葉世宗建築師及元根建築工房之相關圖檔，石昭永建築師部分還在連繫整理中。
2. 因應研究人員潘晨安將於9/17入伍服役，相關工作進度將需調整配合。

討論議題：

議題 1 (示範案例實作)：

- 模型實作進度現況及預期目標?
- 實作之目的釐清，如何發揮模型永續利用的價值?

議題 2 (第二次專家座談會)：

- 時間：9/29(二) or 10/6(二)?
- 地點：台北建研所會議室?
- 邀請對象? 九典、葉世宗、石昭永、張矩庸、(人數?)
- 是否配合元件案?
- 執行現況簡報及座談議題擬定

議題 3 (節能外牆設計指南 後續工作)：

- 期中報告呈現進度：以圖例為主 (分技術及案例)；使用類型區分為住宅類(複合通風型)13種/辦公類(全空調型)20種；目前將節能手法分為“建築造型遮陽(SS)”、“遮陽構件(S)”、“開口率控制(WR)”、“開口部通風(G)”、“隔熱構造與材料(M)”等5類。
- 本地外牆案例及節能特殊工法資料蒐集：建築師雜誌(已蒐集掃描)、事務所參訪，相關資料需再進行整理。
- 建築用途分類是否補充?
- 版面內容及格式修正
- 外牆節能效果如何量化呈現?
- 設計模擬案例(最佳化模擬比較方法待研擬，軟體待測試)

議題 4 (成果發表)：

- CAADRIA 國際學術會議投稿方向內容及摘要討論(9/25 前 500 字)
- 分工方式?

臨時動議：

- 下次工作會議時間?

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」

第十四次 工作小組討論會議

日期：2015/09/30(三) 12:00-14:00 pm

地點：桃園中壢市中山東路 伯朗咖啡

參加人員：陳嘉懿、黃紹筑、陳思吟

報告：

1. 外牆變因較佳化模擬目前測試情形之展示。

討論議題：

議題 1 (示範案例實作)：

- 模型實作進度現況
- 3D 列印及模型整合
- 研究人員潘晨安入伍後，相關工作進度銜接

議題 2 (第二次專家座談會)：

- 時間、地點已確認，10/6 下午 4 點於台北建研所召開
- 邀請對象：潘冀建築師、九典郭英釗建築師、石昭永建築師、張矩墉建築師、汪孟欣副理、陳重仁總經理、九典張淳榕分析師、陳上元副教授共八位，公文均已發出。
- 本團隊參加人員確認共四位參加，相關工作分配。
- 座談會議題已擬定，連同邀請函寄給專家及建研所
- 執行現況簡報將於 10/5 之前電子檔寄達給專家

議題 3 (節能外牆設計指南 後續工作)：

- 依循法規之建築類型分類方式，指南架構由(住宅類/辦公類)改為(複合通風型/全空調型)，可擴大案例涵蓋範圍，於複合通風型中可涵蓋學校、大型空間等案例，於全空調型可涵蓋醫院、旅館、百貨商場等。
- 本地外牆案例及節能特殊工法資料蒐集：建築師雜誌(已蒐集掃描)、事務所參訪，相關資料需再進行整理。
- 目前將節能手法分為“建築造型遮陽(SS)”、“遮陽構件(S)”、“開口率控制(WR)”、“開口部通風(G)”、“隔熱構造與材料(M)”等 5 類。應將 PV 使用的樣式，分別出子型號。
- 設計模擬案例及外牆節能效果量化呈現，各建築類型及氣候區基準不同，外牆各型號之節能效果，擬透過 EEV 之結果加以比較。

議題 4 (成果發表)：

- CAADRIA 國際學術會議投稿摘要已於 9/25 寄出

臨時動議：(無)

附錄三 我國外殼節能法規相關條文

壹、建築技術規則 設計施工篇 第十七章第四節建築物節約能源

第三百零八條 建築物建築外殼節約能源之設計，應依據下表氣候分區辦理：

氣候分區	行政區域
北部氣候區	臺北市、新北市、宜蘭縣、基隆市、桃園縣、新竹縣、新竹市、苗栗縣、福建省連江縣、金門縣
中部氣候區	臺中市、彰化縣、南投縣、雲林縣、花蓮縣
南部氣候區	嘉義縣、嘉義市、臺南市、澎湖縣、高雄市、屏東縣、臺東縣

第三百零八條之一 受建築節約能源管制建築物之屋頂平均熱傳透率應低於零點八瓦 / (平方公尺·度)，且當設有水平仰角小於八十度之屋頂透光天窗之水平投影面積 HWa 大於一點零平方公尺時，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。

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

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零點二五

第三百零八條之二 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應低於下表所示之基準值。但符合本編第三百零九條、第三百十條、第三百十一條或第三百十二條規定者，不在此限。

建築物位於海拔高度八百公尺以上者，其窗平均遮陽係數不受前項限制。
住宿類建築物每一居室之可開啟窗面積應大於開窗面積之百分之十五。但符合本編第三百十條規定者，不在此限。

類別	外牆平均透熱傳導率基準值 ($m^2 \cdot K$)	立窗面積 > 0.5		$0.5 \geq$ 立窗面積 > 0.4		$0.4 \geq$ 立窗面積 > 0.3		$0.3 \geq$ 立窗面積 > 0.2		$0.2 \geq$ 立窗面積 > 0.1		$0.1 \geq$ 立窗面積	
		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	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

第三百零九條

辦公廳類、百貨商場類、旅館餐飲類及醫院類建築物，為維持室內熱環境之舒適性，其外殼耗能量應低於下表之基準值。但符合本編第三百零八條之二規定者，不在此限：

類別	氣候分區	外殼耗能基準值 千瓦·小時/(平方公尺·年)
辦公廳類： G類第一組 G類第二組	北部氣候區	八十
	中部氣候區	九十
	南部氣候區	一百一十五
百貨商場類： B類第二組	北部氣候區	二百四十
	中部氣候區	二百七十
	南部氣候區	三百十五
旅館餐飲類： B類第三組 B類第四組	北部氣候區	一百
	中部氣候區	一百二十
	南部氣候區	一百三十五
醫院類： F類第一組	北部氣候區	一百四十
	中部氣候區	一百五十五
	南部氣候區	一百九十

第三百十條

住宿類建築物外殼不透光之外牆部分之平均熱傳透率應低於三點五瓦/(平方公尺·度)，且其建築物外殼等價開窗率之計算值應低於下表之基準值。但符合本編第三百零八條之二規定者，不在此限：

住宿類： H類第一組 H類第二組	氣候分區	建築物外殼等價開窗率基準值
	北部氣候區	百分之十三
	中部氣候區	百分之十五
	南部氣候區	百分之十八

第三百十一條 學校類建築物居室空間之窗面平均日射取得量應分別低於下表之基準值。但符合本編第三百零八條之二規定者，不在此限。

學校類建築物： D類第三組 D類第四組 D類第五組 F類第二組 F類第三組	氣候分區	窗面平均日射取得量基準值 單位：千瓦·小時／(平方公尺·年)
	北部氣候區	一百六十
	中部氣候區	二百
	南部氣候區	二百三十

第三百十二條 大型空間類建築物居室空間之窗面平均日射取得量應分別低於下表公式所計算之基準值。但平均立面開窗率在百分之十以下，或符合本編第三百零八條之二規定者，不在此限。

大型空間類建築物： A類第一組 A類第二組 B類第一組 C類第一組 C類第二組 D類第一組 D類第二組 E類	氣候分區	窗面平均日射取得量基準值計算公式
	北部	基準值 = $146.2X^2 - 414.9X + 276.2$
	中部	基準值 = $273.3X^2 - 616.9X + 375.4$
	南部	基準值 = $348.4X^2 - 748.4X + 436.0$
		X：平均立面開窗率（無單位） 基準值單位：千瓦·小時／（平方公尺·年）

貳、建築物強化外殼部位熱性能節約能源設計技術規範

1. 依據

本規範依據建築技術規則建築設計施工編第三百一十五條第二項規定訂定之。

2. 目的

2.1 為執行建築技術規則建築設計施工編第三百零八條之二規定，提供建築物外牆及

開窗部位別之熱性能之設計標準。

2.2 因應國際節能法規強化建築外殼部位熱性能標準，以達有效節能目標。

2.3 提供建築節能設計之簡易部位別規範方法。

3. 用語定義

本規範的用語定義如下：

(1) 建築立面：建築外殼位於地面層以上且為室內空間臨接外氣之部位。但不包括屋頂版、女兒牆、不與室內空間接鄰之構造物及屋頂突出物部位。

(2) 開窗面部位：在建築立面中容許光線與日射直接穿透的部位，包括玻璃、壓克力、玻璃磚之開口部位以及支撐其構造的窗框部位，其面積包括開口部位以及窗框部位。

(3) 外牆部位：除了開窗部位、不透光的門扇部位及活動式捲門捲窗部位以外，其他建築立面面對戶外之所有不透光部位。

(4) 立面開窗率 WR [無單位]：所有開窗部位總面積對總建築立面面積之比值。

(5) 可開啟窗：可開啟且容許自然通風進出之開窗部位。

(6) 熱傳透率 U_i [$W/(m^2 \cdot K)$]：建築物外殼構造當室內外溫差在 $1 K$ 時，單位建築物外殼面積在單位時間內之傳透熱量。

(7) 熱傳導係數 k_i [$W/(m \cdot K)$]：在單位時間、單位溫差之條件下，垂直通過單位面積材質之傳導熱量。

(8) 窗遮陽係數 [無單位]：日射量穿透進開窗部位之比例，包括外遮陽以及玻璃材質對日射量的折減比例。

4. 適用範圍

本規範為適用所有建築類型之建築部位別熱性能之特殊規定，與ENVLOAD、Req、AWSG等綜合性能指標為二選一之規範，凡符合建築技術規則建築設計施工編第三百零九條、第三百十條、第三百十一條及第三百十二條之規範者，不在本規範適用範圍。

5. 評估指標

本規範以下列四項指標來規範建築節能設計：

- (1) 外牆平均熱傳透率 U_{aw} (Average Outside Wall U Value)：所有建築立面不透光之外牆部分之平均熱傳透率
- (2) 窗平均熱傳透率 U_{af} (Average Fenestration U Value)：所有建築立面開窗部位熱傳透率之平均值
- (3) 窗平均遮陽係數 SF (Shading Factor)：日射量穿透進所有建築立面開窗部位之比例
- (4) 可開啟窗面積比 OWR (Openable Window Ratio)：某居室空間中容許自然通風之可開啟窗部位最大總面積對開窗總面積之比值

6. 評估基準

適用建築技術規則建築設計施工編第二百零八條之二之建築物，其立面之外牆平均熱傳透率 U_{aw} 、窗平均熱傳透率 U_{af} 以及窗平均遮陽係數 SF 等三指標，依其立面開窗率 WR 之條件，必須同時限制於表 1 所示 U_{aws} 、 U_{afs} 、SFs 等三項基準值以下之水準。另外，住宿類建築物每一居室之可開啟窗面積 OWR 應大於開窗面積之百分之十五。各指標依下列諸式規範之：

$$U_{aw} < U_{aws} \text{ ----- (1)}$$

$$U_{af} < U_{afs} \text{ ----- (2)}$$

$$SF < SFs \text{ ----- (3)}$$

$$\text{住宿類建築物每一居室空間 } OWR_j > 0.15 \text{ ----- (4)}$$

表 1 U_{aw} 、 U_{af} 、SF 之基準值規定

建築分類	U_{aws}	WR > 0.5		0.5 ≥ WR > 0.4		0.4 ≥ WR > 0.3		0.3 ≥ WR > 0.2		0.2 ≥ WR > 0.10		0.1 ≥ WR	
		U_{afs}	SFs	U_{afs}	SFs	U_{afs}	SFs	U_{afs}	SFs	U_{afs}	SFs	U_{afs}	SFs
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

單位： U_{aws} ：W/(m².K)； U_{afs} ：W/(m².K)；WR、SFs：無單位

7. 指標計算法

本規範所規定之外牆平均熱傳透率 U_{aw} 、窗平均熱傳透率 U_{af} 、窗平均遮陽係數 SF、可開啟窗面積 OWR、立面開窗率 WR 等，依下列公式計算之：

$$U_{aw} = \frac{\sum (U_{wi} \times A_{wi})}{\sum A_{wi}} \text{ ----- (5)}$$

$$U_{af} = \frac{\sum ((U_{fi} \times r_{fi} + U_{gi} \times (1.0 - r_{fi})) \times A_{gi})}{\sum A_{gi}} \text{ ----- (6)}$$

$$SF = \frac{\sum (K_i \times \eta_i \times A_{gi})}{\sum A_{gi}} \text{ ----- (7)}$$

$$OWR_j = \frac{\sum OW_{ij}}{\sum A_{gij}} \text{ ----- (8)}$$

$$WR = \frac{\sum A_{gi}}{\sum A_{ek}} \text{ ----- (9)}$$

$$r_{fi} = m \times (a \times A_{gib}) \text{ ----- (10)}$$

其中

i：外牆或開窗部位參數，無單位。

j：居室空間參數，無單位。

k：方位參數，無單位。

U_{aw} ：外牆平均熱傳透率 (W/(m².K))，只計算一般外牆。柱、樑及樓版視同外牆計算。

- Uaf：窗平均熱傳透率 (W/(m².K))，計算玻璃及窗框部位。
- SF：窗平均遮陽係數，無單位，累算玻璃與外遮陽之日射遮蔽效果。
- OWRj：j居室空間之可開啟窗面積比，無單位。
- OWij：j居室空間之可開啟窗面積 (m²)。
- WR：立面開窗率，無單位。
- Uwi：i部位外牆部位熱傳透率[W/ (m².k)]，依表3、表4中Ui值之規定計算。柱、樑及樓版視同外牆計算。
- Ufi：i部位開窗窗框部位熱傳透率[W/ (m². k)]，依表4 - 1中Ui值之規定計算。
- Ugi：i部位開窗玻璃部位熱傳透率[W/ (m². k)]，依表4 - 1中Ui值之規定計算。
- Awi：i部位外牆部位面積 (m²)。
- Agij：i部位包含玻璃及窗框之開窗部位面積 (m²)。
- Agij：j居室空間之i部位之開窗部位面積 (m²)。
- Aek：k方位建築立面面積 (m²)。
- rfi：i部位開窗部位之窗框面積比，無單位。可由表2查得或公式(10)求得。
- η_i ：i部位玻璃日射透過率，無單位，查表5。
- Ki：i部位玻璃之外遮陽係數，無單位，無外遮陽時為1.0，查表6。
- m：窗框材料常數，不鏽鋼窗為0.8，鋁窗為0.9，塑鋼窗或木窗為1.0
- a：計算常數，無單位，固定窗為0.25，推窗為0.41，拉窗為0.41。參見圖1。
- b：指數常數，無單位，固定窗為-0.486，推窗為-0.406，拉窗為-0.446。

表 2 木窗或塑鋼窗窗框面積比 rfi 速查表(不鏽鋼窗之 rfi 必須依此數據再乘上 0.8，鋁窗之 rfi 必須依此數據再乘上 0.9)

開窗面積(m ²) 開窗類型	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7	3.0	3.5	4.0
固定窗	0.55	0.45	0.39	0.35	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13
推窗	0.79	0.67	0.59	0.54	0.50	0.45	0.41	0.38	0.35	0.32	0.31	0.30	0.28	0.27	0.26	0.25	0.23
拉窗	0.84	0.70	0.62	0.56	0.51	0.45	0.41	0.38	0.34	0.32	0.30	0.29	0.27	0.26	0.25	0.23	0.22

8. 指標計算相關規定

8.1 本規範指標對於建築立面之計算範圍，為建築外殼位於地面層以上且為室內空間臨接外氣之部位。但不包括屋頂版、女兒牆、不與室內空間接鄰之構造物及屋頂突出物部位，以外殼中心線為基準計算之。立面開窗率WR就是所有立面範圍之開窗面積比，WR越大，則管制越嚴格。

8.2 外牆平均熱傳透率Uaw之計算範圍，為除了開窗部位、不透光的門扇部位及活動式捲門捲窗部位以外，其他建築立面對戶外之所有不透光部位。計算外牆平均熱傳透率Uaw時，柱、樑及樓版部位之Uwi值取與牆面相同。

8.3 凡是有透光功能之部位均被視為開窗部位，包括可開窗、固定窗或玻璃磚外殼，其面積 (Agi、Agij等) 必須包括透光部位之玻璃與非透光部位之窗框，其面積範圍之認定與一般建築圖對於窗面積之標示無異。窗平均熱傳透率Uaf必須依公式(6)由窗框與玻璃的Ui值與面積之加權計算求得。若為無框構造之玻璃帷幕構造或玻璃磚外殼，則以玻璃Ui值計之即可。

8.4 窗框面積比rfi是公式(6)簡化計算的關鍵。根據成大建築研究所對實際開窗設計型錄之統計資料顯示，rfi以固定窗、拉窗、推窗三種形式之乘幂關係 (如圖1所示)，隨著開窗增大而縮小。本規範以圖1之統計公式以及表2之速查表提供rfi最簡易精確之算法，申請者可擇一處理之。

8.5 因結構強度之要求，其窗框面積比 rfi本來會因開窗面積與開窗形式而異，但為了簡化計算，假如開窗為多種開窗形式與多種格框數分割

所組成，則以最大面積之開窗形式為其唯一之開窗形式代表，並以總開面積對總分割格框數之平均面積為其唯一的窗面積代表，再依表2求取單一 rfi 值充當全幢開窗之 rfi 值即可，不必分多次組合計算。例如圖2所示的組合窗，左窗應被假定為6格框數分割之拉窗，右窗因推窗面積較小，應被假定為6格框數分割之固定窗，其單一之 rfi 值依其平均分割面積來求取。



圖2 左右兩幢窗應各被認定為6格框數分割之拉窗與固定窗

8.6 全棟大樓有許多形式之開窗，本來 rfi 應以每一幢窗計算而得，但為了簡化起見，本規範可允許對同一類型窗之所有開窗部分，以總開窗面積除以總分割格框數量先求得該類開窗之平均窗框分割面積 A_{gi} ，依此計算該類窗之單一 rfi 值。申請者可先依固定窗、拉窗、推窗將所有開窗分成三類，以其各類之總開窗面積與總格框分割數量求出三類之平均 rfi 值，再依公式(6)累算出窗平均熱傳透率 U_{af} 即可，亦即對於任何建築物最多三次累算即可完成。若申請者不願採此簡化公式方法，或出現三類以外的開窗形式，或想採用對自己更有利的實際數據，亦可以實際設計圖逐一詳細計算窗框、玻璃之面積與比例，再逐一累算 U_{af} 值亦未嘗不可。

8.7 可開啟窗面積 OWR_j 指標是為了確保住宿類建築物自然通風而設的指標，對於住宿類建築以外的建築物則免於評估。同時 OWR_j 是針對居室空間的指標，必須逐一居室空間檢討才行。其可開啟窗面積 OW_{ij} 之認定法還是依建築繪圖習慣以窗框中心線所形成的窗面積來從寬判定其面積即可，不必以實際玻璃面積或開啟尺寸來計算其面積。

9. 指標計算之程序及文件

- 9.1 有關外牆平均熱傳透率 U_{aw} 之計算評估應採附件A之表格為之
- 9.2 窗平均遮陽係數 SF 與立面開窗率 WR 之計算評估應採附件B之表格為之
- 9.3 窗平均熱傳透率 U_{af} 之計算評估應採附件C之表格為之
- 9.4 可開啟窗面積比 OWR 之計算評估應採附件D之表格為之

表 3 熱傳透率 U_i 表

表 3-1 熱傳透率 U_i 計算表

某建築物外殼 i 部位(實牆或玻璃)之熱傳透率 U_i 之計算，依下式求得：

$$U_i = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \sum \frac{dx}{kx} + r_a + \frac{1}{h_i}} \dots\dots\dots(a)$$

其中

U_i ： i 部位之熱傳透率 [W/(m^2 .K)]

r_a ：中空層之熱阻 [m^2 .K/W]，自下表讀取

h_o ：外表面的熱傳透率 (本規範取 23.0) [W/(m^2 .K)]

h_i ：內表面的熱傳透率 (本規範牆面取 9.0，屋頂取 7.0) [W/(m^2 .K)]

kx ： i 部位內第 x 層材料之熱傳導係數 [W/(m .K)]，查表 5-2

dx ： i 部位內第 x 層材料之厚度 [m]

R ：外殼 i 部位之總熱阻 [m^2 .K/W]

中空層熱阻 r_a

中空層之種類	熱阻 r_a [m^2 .K/W]
雙層玻璃之中空層(密閉)	0.155
雙層窗之中空層(半密閉)	0.13
屋頂、壁體密閉中空層	0.086
屋頂、壁體密閉中空層(附鋁箔)	0.24
閣樓空間雙層壁或雙層屋頂之中空層	0.28(無通風)
	0.46(有通風，空氣層 < 20cm)
	0.78(有通風，空氣層 \geq 20cm)
閣樓空間雙層壁或雙層屋頂之中空層(附鋁箔)	1.09(無通風)
	1.36(有通風)

註：(1) 當某部位無中空層時，上式中之 r_a 可省略不計 (即 $r_a=0$)

(2) 新材料、新構造之熱性能數據，應取得實驗證明。

(3) 計算常用之 U_i 請參見表 6。假如不為表 6 上所列者應依上式計算。

表 3-2.1 建材熱傳導係數 k_x 表

分類	材 料 名 稱	密 度 ρ [kg/m ³]	熱導係數 k 濕潤 80% [W/(m.K)]
金屬	鋼材、鍍鋅鋼板	7860	45
	鋁板、鋁合金板	2700	210
	銅板	8960	375
	不銹鋼板	7400	25
水泥	泡沫混凝土 (ALC)	600	0.17
	輕質混凝土	1600	0.8
	普通混凝土	2200	1.4
	預鑄混凝土 (PC)	2400	1.5
	水泥砂漿	2000	1.5
	輕型空心磚 (實心)	1380	0.51
窯業製品	磁磚、琺瑯披覆	2400	1.3
	紅磚	1650	0.8
	耐火磚	1950	1.1
	陶瓦	2000	1.0
	平板玻璃 (含染色玻璃、毛玻璃)	2540	1.0
土、石	大理石	2670	2.8
	花崗石、岩石	2810	3.5
	土壤 (黏土質)	1860	1.5
	土壤 (砂質)	1560	0.93
	土壤 (壤土質)	1450	1.05
	土壤 (火山灰質)	1070	0.47
	砂粒	1850	0.62
	泥壁	1300	0.8
瀝青、塑膠、紙	合成樹脂板、硬塑膠	1000-1500	0.19
	玻璃纖維強化膠 (FRP)	1600	0.26
	柏油	2230	0.73
	柏油磚	1800	0.33
	油毛氈	1020	0.11
	壁紙	550	0.15
	防潮紙類、厚紙板	700	0.21
纖維材	礦棉	300	0.046
	纖維	200	0.044
	玻璃棉	200	0.042
	玻璃棉保溫板	10-96	0.04
	岩棉保溫材	40-160	0.042
	噴岩棉	1200	0.051
	岩棉吸音板	200-400	0.064

表 3-2.2 建材熱傳導係數表 Kx (續)

分類	材 料 名 稱	密度 ρ [kg/m ³]	熱導係數 k 濕潤 80%(W/(m.K))
木 質 纖 維	軟質纖維板	200-400	0.097
	半硬質纖維板	400-800	0.13
	硬質纖維板	1050	0.22
	塑合板	400-700	0.17
	木絲水泥板 (纖維板)	430-800	0.18
	木片水泥板	670-1080	0.19
木 材	杉、檜木 (輕量材)	330	0.13
	松、橡木 (中量材)	480	0.17
	柳安、柚木、紅木、櫟木 (重量材)	557	0.2
	合板	550	0.18
	鋸木屑	200	0.093
	絲狀木屑	130	0.088
	炭化軟木板	240	0.051
石 膏 、 水 泥 二 次 製 品	石膏	1950	0.8
	石膏板	710-1110	0.17
	纖維板、水泥瓦	1500	1.20
	纖維水泥矽酸鈣板	600-1200	0.15
	纖維水泥珍珠岩板	400-1000	0.12
	泡沫水泥板	1100	0.24
	半硬質碳酸鎂板	450	0.12
	硬質碳酸鎂板	850	0.21
	岩棉板	200-400	0.37
	木粒片水泥板	430-800	0.35
	矽酸鈣板	600-1200	0.31
纖維水泥板	430-800	0.45	
合 成 樹 脂 板	成形聚苯乙烯 (低密度保利龍, PS 板)	16-30	0.040
	發泡聚苯乙烯 (高密度保利龍, PS 板)	28-40	0.037
	硬質聚烏保溫板 (PU 板)	25-50	0.028
	噴硬質聚烏板 (氨基甲酸乙酯)	25-50	0.029
	軟質聚烏板(PU)	20-40	0.050
	聚乙烯發泡板(PE)	30-70	0.038
	硬質塑鋼板	30-70	0.036
	聚氯乙烯發泡板(PVC)	30-70	0.039
	賽路路(硝酸纖維板)	30	0.044
其 他	砂土	455	0.094
	煤渣	500	0.4
	輕石	550	0.1
	地毯、毛織布	400	0.11
	鋁箔	220	0.67
	水 (靜止)	998	0.60
	壓克力 乾草		0.196 0.07

註：(1)表中未列之建材，可依材質相近者代之，(2)特殊效果之新建材，若取得實驗證明，可依實驗數據使用之，(3)本表由成功大學建築研究所整理。

表 4-1 常用玻璃熱傳透率 U_i

玻璃 (數字代表厚度 mm)		熱傳透率 U_i [W/(m ² .k)]	玻璃 (數字代表厚度 mm)		熱傳透率 U_i [W/(m ² .k)]
單層玻璃	3	6.31	雙層玻璃 乾燥空氣層	3+A12+3	3.10
	5	6.21		5+A12+5	3.05
	6	6.16		6+A12+6	3.03
	8	6.07		8+A12+8	2.98
	10	5.97		10+A12+10	2.94
	12	5.88		12+A12+12	2.90
	15	5.75			
19	5.59				
雙層玻璃 乾燥空氣層	3+A6+3	3.31	雙層玻璃 惰性氣體層	3+Aig12+3	1.93
	5+A6+5	3.25		5+Aig12+5	1.90
	6+A6+6	3.23		6+Aig12+6	1.89
	8+A6+8	3.17		8+Aig12+8	1.86
	10+A6+10	3.12		10+Aig12+10	1.83
	12+A6+12	3.07		12+Aig12+12	1.80
雙層玻璃 惰性氣體層	3+Aig6+3	2.62	膠合玻璃	5+隔熱膜+5	4.92
	5+Aig6+5	2.58		6+隔熱膜+6	4.88
	6+Aig6+6	2.56		8+隔熱膜+8	4.71
	8+Aig6+8	2.52	玻璃磚	8+A60~80+8	2.98
	10+Aig6+10	2.48			
	12+Aig6+12	2.44			
備註： A6 代表空氣層厚度 6mm，熱阻 $R_a=0.14$ [m ² .k/W] A12 代表空氣層厚度 12mm，熱阻 $R_a=0.16$ [m ² .k/W] Aig6 代表空氣層填充惰性氣體，厚度 6mm。 Aig12 代表空氣層填充惰性氣體，厚度 12mm。 無論普通、吸熱、反射玻璃、膠合玻璃，均依其厚度適用本表之 U_i 值，亦即 U_i 值與玻璃厚度有關。但與顏色、日射遮蔽性能關係不大。 PC (polycarbonate) 中空板以合成樹脂版依各層厚度與空氣層數計算其 U 值。					

表4-2.1 常用外牆熱傳透率 U_i

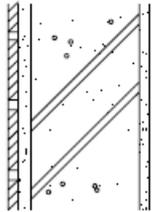
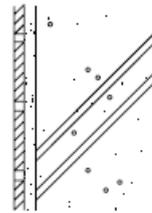
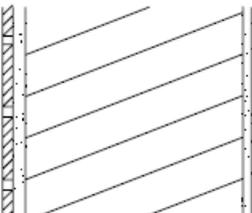
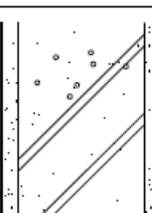
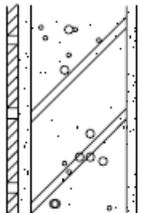
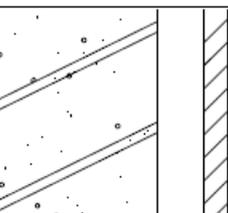
構造	編號	構造大樣	厚度 dx [m]	熱阻係數 $1/k_x$ [m.K/W]	熱傳透率 $U_i = 1/R$ [W/(m ² .K)]
鋼筋混凝土牆	W001		外氣膜 ---- 磁磚 0.0100 水泥砂漿 0.0150 鋼筋混凝土 0.1200 水泥砂漿 0.0100 內氣膜 ----	1/23.000 1/ 1.300 1/ 1.500 1/ 1.400 1/ 1.500 1/ 9.000	3.78
	W002		外氣膜 ---- 磁磚 0.0100 水泥砂漿 0.0150 鋼筋混凝土 0.1500 水泥砂漿 0.0100 內氣膜 ----	1/23.000 1/ 1.300 1/ 1.500 1/ 1.400 1/ 1.500 1/ 9.000	3.49
磚牆	W003		外氣膜 ---- 磁磚 0.0100 水泥砂漿 0.0150 紅磚 0.2300 水泥砂漿 0.0100 內氣膜 ----	1/23.000 1/ 1.300 1/ 1.500 1/ 0.800 1/ 1.500 1/ 9.000	2.14
琺瑯板牆	W004		外氣膜 ---- 琺瑯披覆 0.0060 鋼板 0.0030 水泥砂漿 0.0150 鋼筋混凝土 0.1200 水泥砂漿 0.0100 內氣膜 ----	1/23.000 1/ 1.300 1/45.000 1/ 1.500 1/ 1.400 1/ 1.500 1/ 9.000	3.82
預鑄版牆	W005		外氣膜 ---- 磁磚 0.0100 水泥砂漿 0.0150 輕質混凝土 0.1000 水泥砂漿 0.0100 內氣膜 ----	1/23.000 1/ 1.300 1/ 1.500 1/ 0.800 1/ 1.500 1/ 9.000	3.30
	W006		外氣膜 ---- 磁磚 0.0080 鋼筋混凝土預鑄版 0.1800 空氣層 ---- 鑽泥板 0.0250 內氣膜 ----	1/23.000 1/ 1.300 1/ 1.500 0.086 1/ 0.180 1/ 9.000	1.98

表4-2.2 常用外牆熱傳透率 U_i (續)

構造	編號	構造大樣	厚度 dx [m]	熱阻係數 1/kx [m.K/W]	熱傳透率 $U_i = 1/R$ [W/(m ² .K)]	
玻	W007		外氣膜	----	1/23.000	2.25
			玻璃	0.0080	1/ 0.780	
			空氣層	----	0.086	
			纖維板	0.0100	1/ 1.200	
			空氣層	----	0.086	
			合板	0.0180	1/ 0.180	
			內氣膜	----	1/ 9.000	
璃	W008		外氣膜	----	1/23.000	0.89
			玻璃	0.0080	1/ 0.780	
			空氣層	----	0.086	
			鋁板	0.0016	1/210.00	
			玻璃棉	0.0300	1/ 0.042	
			空氣層	----	0.086	
			石膏板	0.0120	1/ 0.170	
內氣膜	----	1/ 9.000				
帷	W009		外氣膜	----	1/23.000	0.98
			玻璃	0.0080	1/ 0.780	
			空氣層	----	0.086	
			纖維浪板	0.0040	1/ 1.200	
			岩棉保溫材	0.0320	1/ 0.042	
			纖維浪板	0.0040	1/ 1.200	
			內氣膜	----	1/ 9.000	
幕	W010		外氣膜	----	1/23.000	2.40
			玻璃	0.0080	1/ 0.780	
			空氣層	----	0.086	
			纖維矽酸鈣板	0.0250	1/ 0.150	
			內氣膜	----	1/ 9.000	
牆	W011		外氣膜	----	1/23.000	0.79
			玻璃	0.0080	1/0.780	
			空氣層	----	0.086	
			纖維矽酸鈣板	0.0250	1/0.150	
			空氣層	----	0.086	
			纖維浪板	0.0040	1/1.200	
			岩棉保溫材	0.0320	1/0.042	
			纖維浪板	0.0040	1/1.200	
			內氣膜	----	1/9.000	

表4-2.3 常用外牆熱傳透率 U_i (續)

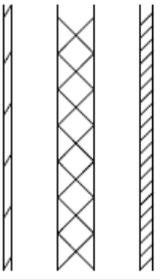
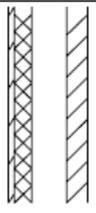
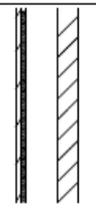
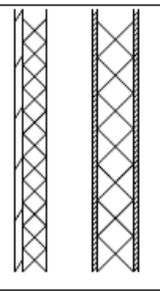
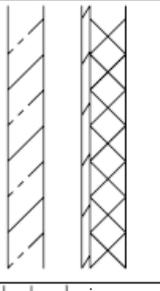
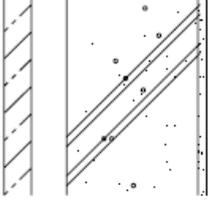
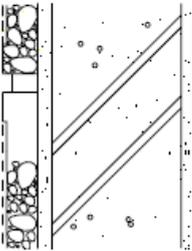
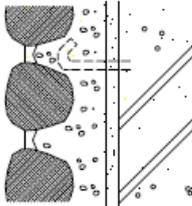
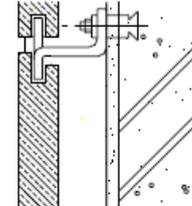
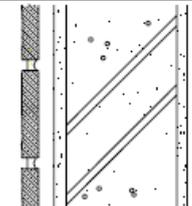
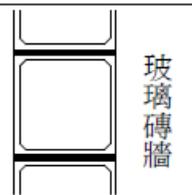
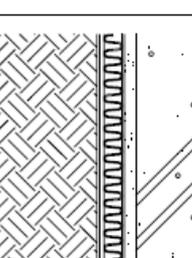
構造	編號	構造大樣	厚度 dx [m]	熱阻係數 $1/kx$ [m.K/W]	熱傳透率 $U_i = 1/R$ [W/(m ² .K)]
鋁 金 屬	W012		外氣膜 --- 鋁板 0.0060 空氣層 --- 鋁板 0.0016 玻璃棉 0.0300 空氣層 --- 石膏板 0.0120 內氣膜 ---	1/23.000 1/210.00 0.086 1/210.00 1/0.042 0.086 / 0.170 1/9.000	0.90
	W013		外氣膜 --- 鋁板 0.0060 噴岩棉 0.0200 空氣層 --- 纖維矽酸鈣板 0.0250 內氣膜 ---	1/23.000 1/210.00 1/0.051 0.086 1/0.150 1/9.000	1.25
帷 幕	W014		外氣膜 --- 鋁板 0.0060 瀝青防音塗料 0.0030 空氣層 --- 纖維矽酸鈣板 0.0250 內氣膜 ---	1/23.000 1/210.00 1/0.730 0.086 1/0.150 1/9.000	2.43
花 崗 石 帷 幕	W015		外氣膜 --- 鋁板 0.0060 噴岩棉 0.0200 空氣層 --- 纖維浪板 0.0040 岩棉保溫材 0.0320 纖維浪板 0.0040 內氣膜 ---	1/23.000 1/210.00 1/0.051 0.086 1/1.200 1/0.042 1/1.200 1/9.000	0.71
	W016		外氣膜 --- 花崗石 0.0300 空氣層 --- 鋁板 0.0016 玻璃棉 0.0300 空氣層 --- 石膏板 0.0120 內氣膜 ---	1/23.000 1/3.500 0.086 1/210.00 1/0.042 0.086 1/0.170 1/9.000	0.89
幕 牆	W017		外氣膜 --- 花崗岩 0.0300 空氣層 --- 鋼筋混凝土 0.1500 水泥砂漿 0.0100 內氣膜 ---	1/23.000 1/3.500 0.086 1/1.400 1/1.500 1/9.000	2.75

表4-2.4 常用外牆熱傳透率 U_i (續)

構造	編號	構造大樣	厚度 dx [m]	熱阻係數 1/kx [m.K/W]	熱傳透率 $U_i = 1/R$ [W/(m ² .K)]	
琺瑯	W018		外氣膜	----	1/23.000	1.24
			琺瑯披覆	0.0060	1/ 1.300	
			鋼板	0.0030	1/45.000	
			噴岩棉	0.0200	1/ 0.051	
			空氣層	----	0.086	
			纖維矽酸鈣板	0.0250	1/ 0.150	
			內氣膜	----	1/ 9.000	
鋼板	W019		外氣膜	----	1/23.000	2.40
			琺瑯披覆	0.0060	1/ 1.300	
			鋼板	0.0030	1/45.000	
			柏油	0.0030	1/ 0.730	
			空氣層	----	0.086	
			纖維矽酸鈣板	0.0250	1/ 0.150	
			內氣膜	----	1/ 9.000	
帷幕牆	W020		外氣膜	----	1/23.000	0.71
			琺瑯披覆	0.0060	1/ 1.300	
			鋼板	0.0030	1/45.000	
			噴岩棉	0.0200	1/ 0.051	
			空氣層	----	0.086	
			纖維浪板	0.0040	1/ 1.200	
			岩棉保溫材	0.0320	1/ 0.042	
			纖維浪板	0.0040	1/ 1.200	
內氣膜	----	1/ 9.000				
其它類	W021		外氣膜	----	1/23.000	0.66
			壓克力岩牆塗料	0.0050	--	
			水泥防水塗料	0.0030	1/1.5	
			抗裂纖維網	--	--	
			隔熱材(PS.PES.PU)	0.0500	1/0.042	
			水泥防水塗料	0.0030	1/1.5	
			防火水泥板	0.012	1/ 0.26	
			吸音棉	0.090	1/ 23.88	
			石膏板	0.012	1/ 0.17	
			內氣膜	----	1/ 9.000	
			牆面	W022		
壓克力岩牆塗料	0.0050	--				
抗裂纖維網	--	--				
水泥防水塗料	0.0030	1/1.5				
隔熱材(PS.PES.PU)	0.050	1/0.042				
水泥防水塗料	0.0030	1/ 1.50				
鋼筋混凝土	0.1500	1/ 1.4				
水泥砂漿	0.0150	1/ 1.50				
內氣膜	----	1/ 9.000				

表4-2.5 常用外牆熱傳透率 U_i (續)

構造	編號	構造大樣	厚度 dx [m]	熱阻係數 $1/kx$ [m.K/W]	熱傳透率 $U_i = 1/R$ [W/(m ² .K)]
其 他	W023		外氣膜 ---- 石粒斬琢 0.0200 純水泥漿 0.0050 水泥砂漿 0.0100 RC 0.1500 水泥砂漿 0.0100 內氣膜 ----	1/23.000 1/ 3.500 1/1.500 1/ 1.500 1/1.400 1/ 1.500 1/ 9.000	3.52
	W024		外氣膜 ---- 石材 0.0300 水泥砂漿 0.0300 RC 0.1500 水泥砂漿 0.0100 內氣膜 ----	1/23.000 1/ 3.50 1/1.500 1/ 1.400 1/1.500 1/ 9.000	3.37
類	W025		外氣膜 ---- 石材 0.0180 水泥砂漿 0.0150 RC 0.1500 水泥砂漿 0.0100 內氣膜 ----	1/23.000 1/ 3.500 1/ 1.500 1/ 1.400 1/ 1.500 1/ 9.000	3.53
	W026		外氣膜 ---- 石材 0.0240 空氣層 ---- RC 0.1500 水泥砂漿 0.0100 內氣膜 ----	1/23.000 1/ 3.500 0.086 1/ 1.400 1/ 1.500 1/ 9.000	2.77
牆	W027	 玻璃磚牆	外氣膜 ---- 玻璃 0.0100 空氣層 ---- 玻璃 0.0100 內氣膜 ----	1/23.000 1/ 0.78 0.155 1/ 0.78 1/ 9.000	2.98
	W028		外氣膜 ---- 覆土50CM以上 0.5000 不織布 ---- 排水版 0.0200 防水層 0.0100 水泥砂漿 0.0150 RC 0.1500 水泥砂漿 0.0100 內氣膜 ----	1/23.000 1/ 1.050 ---- 0.086 1/ 0.110 1/ 1.500 1/ 1.400 1/ 1.500 1/ 9.000	0.93

附錄四 專家訪談會議紀錄

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」專家學者訪談紀錄 -1

開會事由：訪談廖俊茂建築師並參觀經濟部中部創新園區之外牆設計

開會時間：中華民國 104 年 2 月 10 日(星期一)下午 2 時

開會地點：經濟部中部創新園區會議室

與會人員：

工研院 廖俊茂組長

成功大學建築系 鄭泰昇 教授

桃園創新技術學院 陳嘉懿 教授

成功大學建築系 潘晨安 研究助理

成功大學建築系 吳典育 研究助理

成功大學建築系 呂啟銘 研究助理

成功大學建築系 黃紹筑 研究助理

成功大學建築系 陳思吟 研究助理

記錄人員：陳嘉懿

案例參觀：由廖俊茂組長親自導覽 103 年 9 月甫完工之經濟部中部創新園區，介紹室內外空間各部分之設計特色，包含 PV 遮簷、綠屋頂、中庭、雙層牆...等，同時說明以業主角度，如何看待整個園區之需求、規劃設計、施工、營運等各方面之考量重點。

專家訪談：參觀完畢，廖俊茂組長針對大家所提出之議題，提供意見並進行討論。本次討論議題主要以中創園區案例為中心，除了請教本案之節能外牆相關設計模擬議題外，亦討論 BIM 元件在本案可扮演之角色。下表中主要節錄本案與節能外牆案相關之請教議題與專家意見：

鄭泰昇 教授 陳嘉懿 教授	廖俊茂組長
- 作為本案業主，在節能設計之要求有哪些？	設計過程主要考量未來營運過程之空調及照明節能，因此在空調迴路配置上分別出內週區及外週區；在照明設計上則運用背景照

	明及區域照明搭配個人重點照明之方式。餐廳等空間具有較高天花，開窗設計配合浮力通風及外氣冷房。
- 外牆節能設計上，是否有做特殊考量？	外牆節能主要透過 U 值很快算出空調負荷，但目前僅限於特定時間點之計算，尚未能進行即時之負載變化追蹤。本案例外牆因應建築物外部及中庭共有八種立面物環條件，設計多種雙層牆面的組合型式，包含：遮陽之有無；low-e 玻璃+各種不同角度之水平遮陽、玻璃+各種不同密度之沖孔板遮陽…等。
- 建築物完工使用後，是否曾實際量測或追蹤監控建築物的節能成效(或耗能情形)？	目前室外設有小型氣象站、室內亦設有感測器，希望先以現況抓出數據，透過簡單方法即可推估實測運轉值與先前透過 Envload、U 值所概估的能耗負荷值之間的差異。
- 以濟部中部創新園區營運單位角度，在外牆效能實證上希望能得到哪些資訊？	因各方位辦公空間將分區出租給不同單位使用，希望選定幾個特定方位的房間型式，模擬不同方位外牆與室內外溫度變化之關係，以比較空調與非空調之系統效率。亦希望能透過模擬，了解目前外牆遮陽外推距離與角度是否恰當。
- 是否方便提供中創園區之外牆相關細部圖說資料，做為本計畫之研究案例？	指定連絡窗口，進行後續聯繫。

散會：下午 16 時 30 分

活動照片



(本研究拍攝)

		
<p>活動照片三 (本研究拍攝)</p>	<p>活動照片四 (本研究拍攝)</p>	<p>活動照片五 (本研究拍攝)</p>



活動照片六
(本研究拍攝)

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」專家學者訪談紀錄-2

開會事由：訪問成大建築系-林子平教授，了解學界對於節能外牆之應用經驗

開會時間：中華民國 104 年 3 月 23 日(星期一)下午 2 時

開會地點：台南成功大學建築系 耐震擴建大樓 三樓未來教室

主講人：林子平 教授

與會人員：

成功大學建築系 林子平 教授

桃園創新技術學院 陳嘉懿 教授

成功大學建築系 潘晨安 研究助理

成功大學建築系 吳典育 研究助理

成功大學建築系 呂啟銘 研究助理

成功大學建築系 黃紹筑 研究助理

成功大學建築系 陳思吟 研究助理

記錄人員：陳思吟

議題內容

1. 對於外殼節能部分除了須達到室內溫度舒適性外，此外也需要注意，材料運用、使用年限、維護需求等。
2. 在台灣，需要防範的是光的輻射熱，阻擋輻射熱的條件即為不要讓陽光直射室內。南向遮陽，考量水平遮陽；東南或西南，考量垂直遮陽；處理西曬或東曬問題，可透過垂下式，可達到雙層牆隔熱，舉例如：建研所歸仁實驗群百葉外層、高雄美國學校，透過簾式遮陽，阻擋短波。
3. 在設計上，需要有光線或景色，可透過特殊玻璃解決。主要條件將 U 值控管好。

專家訪談

林子平教授針對大家針對所提出相關議題，進行請教與討論。

陳嘉懿 教授：	林子平教授：
外牆設計優略可對整體建築物耗能比例之影響程度？	在台灣，需達到適宜當地氣候的設計。僅要在外牆做適當的外遮陽，且 U 值差不多的話，可減少 2-3 成室內用電量，但這些還是要依據建築物的形式跟規模，此推估是根據我的經驗，不一定會是節省百分之二十，會根據建築物的高度，以及開窗有不一樣的變化，舉例住宅的開窗跟高樓層的開窗。

<p>從建築節能角度來看，台灣現階段外牆設計應考慮的議題有哪些？</p>	<p>優先順序即為，控制輻射問題、外遮陽以及玻璃的處理，第二個是讓牆面有多一些對流的機會，當更有閒錢，才去處理牆面的U值，前提必須是屋頂的隔熱必須要做好。</p>
<p>台灣各氣候分區適合推廣的主動式、被動式節能外牆設計手法有哪些？（是否有既有的分類法及相關的設計樣式資料庫？上述設計手法對節能貢獻，是否有經驗數據？）</p>	<p>手法或分類無法給大家通論的答案，需要依據多種限制或不同的環境條件等。其實台灣地的氣候分區並沒有太大的差別度，除非今天在高緯度的地方，才需要不一樣的處理方式。</p>
<p>若要整合感應式立面(Responsive Facade)，複式帷幕(double skin)，太陽光電遮陽，植生綠牆，ETFE材料應用等手法於立面上，應如何透過模擬或實驗手法加以驗證其效果？</p>	<p>首先我們原本的議題即為節能，若使用這樣的設施，是否能夠達到節能，必須去考量。智慧不代表節能。 若智慧的方法可以節約更多能量，固然是好，但更需要去思考是否節約室內能量的部分。複合材料的模擬是相對困難的。以我們的經驗，單純的遮陽是可以做到，如果中間還有複雜的技術，即要有測試與嘗試。 電腦模擬僅能只是一種動態的Photoshop，真實性可待考量，僅能做參考，真正需要做一個足尺實驗，在現地同樣狀況模擬，才可驗證是否屬實。</p>
<p>可否建議適合探訪的外牆節能設計實例、設計顧問或廠商？</p>	<p>目前台灣沒有工程顧問公司或產業設計帷幕，通常為建築師的作品，舉例九典建築師事務所案例，台灣在投入此部分或材料的研發很少。</p>
<p>屋頂控制U值高低，以及開口的大小或多寡是否有影響？舉例成大魔法學校。</p>	<p>舉例魔法學校外牆隔熱，僅是示範性，是因為建築物開口不多以及有需多遮陽，所以非因為U值降低，而屋頂花園只是從生態觀點去看。這些開口率需要透過綠建築規範有一定的規範。 當然開口率越低越好，舉例住宅若減少至30-40%，高層建築物的部分開窗也許更多，但不需要整片都是玻璃，在日本學界有提出開口率只要達40-50%即可達到滿意視野，在設計時僅需要有景觀時才開窗。</p>

	<p>決策的優先順序，開口率與方位在設計階段即要被思考，接下來才是遮陽以及玻璃的使用，等到有餘錢才去做屋頂的隔熱以及牆面的隔熱。此外在氣流的部分，除非是特別的設計手法，否則不需要特別去做，其實氣流也是要到很後面才去提起，這些都是對應台灣氣候產生的概念。</p>
<p>有關於建築物牆化外殼部位熱性能節約能源設計技術規範之 p. 5，OWR 可開窗面積僅是對於住宅有效還是對於高樓也有相同的效益？</p>	<p>在高層如果使用可開窗率指標，僅是提供不使用主動控制的機會。</p>

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」專家學者訪談紀錄 -3

開會事由：邀請陳震宇教授針對「帷幕牆與環境策略運用」為題進行演講與討論。

開會時間：中華民國 104 年 3 月 30 日(星期一)下午 2 時

開會地點：台南成功大學建築系 耐震擴建大樓 三樓未來教室

主講人：陳震宇 教授

與會人員：

成功大學建築系 陳震宇 教授
成功大學建築系 鄭泰昇 教授
桃園創新技術學院 陳嘉懿 教授
成功大學建築系 潘晨安 研究員
成功大學建築系 吳典育 研究員
成功大學建築系 呂啟銘 研究助理
成功大學建築系 黃紹筑 研究助理
成功大學建築系 陳思吟 研究助理
記錄人員：黃紹筑

議題內容

1. 帷幕牆在現代的設計重點在於性能，目前根據業主需求，達到材料、構造形式與施工法不同的設計。
2. 針對帷幕牆的定義、特性、機能、必須滿足的性能、系統的分類、構成組件逐一進行說明。
3. 案例分享：
 - 高雄世運 1MW 太陽能發電
 - 新瓦屋集會堂
 - 複層中空 LowE 玻璃內藏電動百葉
4. 關於帷幕牆的設計互相影響之重要決策因子：性能、設計、維護、成本、施工。

專家訪談

陳震宇教授針對大家針對所提出之四大類議題，進行請教與討論。

<p>陳嘉懿 教授： 潘晨安 研究員：</p>	<p>陳震宇 教授：</p>
<p>1. 外牆設計流程：</p>	
<p>- 立面外牆設計，採用帷幕牆的決定因素有哪些？</p>	<p>主要還是在於建築師、業主的需求，另外可依個人設計需求希望達到的性能，同時在規範上訂定。</p>
<p>- 一般進行外牆設計的流程及策略為何？（通常在哪個設計階段需要決定外牆的形式？一般會同時導入節能策略嗎？）</p>	<p>通常外牆的形式仍然由建築師與業主而決定。以各種不同案例而異。一般若導入節能策略重點在於<u>遮陽與開口部</u>或是 <u>Double Skin</u> 等概念，但做到甚麼樣的程度決定於成本。</p>
<p>2. 外牆節能：</p>	
<p>- 以節能觀點來看，可以如何將立面外牆(或帷幕牆)做分類或分級？</p>	<p>參考法令規章來制定。</p>
<p>- 國外的帷幕牆單元引進國內時，是否會因應國內氣候條件，進行調整？</p>	<p>會，因此需做研究分析，通常重點在於開口部的調整。如：Low-E 玻璃於日本設計重點在於斷熱(室內熱不外傳)，台灣的重點在於隔熱(室外熱不傳入)。</p>
<p>- 帷幕外牆若要加上太陽光電設計(BIPV)有哪些注意事項？</p>	<p>可達到的效能與維護考量。</p>
<p>- 既有的帷幕外牆若要加上外遮陽(或可動式外遮陽)進行節能改善，是否會有困難？</p>	<p>電機系較為了解。成大能源中心曾與林憲德教授和電機系合作。</p>
<p>- 若要在帷幕牆系統中導入環境感應與自主調適機制，請問以台灣氣候條件而言，適合哪一類主動系統及構造型態？(哪些調適機制或效能特性，是國內必須優先考慮的？)</p>	<p>透光部、驅動方式、機構裝置。</p>
<p>3. 外牆 BIM 元件開發：</p>	
<p>- 國內目前帷幕牆設計的主要標準及規範有哪些？</p>	<p>CNS or ASTM，AAMA，帷幕牆的構成與精度。</p>

<p>- 若要開發帷幕牆的 BIM 元件，應注意哪些標準及參數？(BIM 元件的產品分類及資訊內容定義，如何適用於台灣的營建生態及氣候條件？應加入哪些效能屬性，以利輔助設計端、建造端、製造端的業務內容？)</p>	<p>各種性能設計的取向。 帷幕牆有許多構件，如遮陽等皆可在帷幕牆中控制，單元式較容易做到，包含成本預算等等。 外牆通常與樓板預留件接合。</p>
<p>- 若在 BIM 平台上建置帷幕牆的 BIM 產品元件庫，從建管單位、設計端與製造端來看，可獲得哪些效益？是否具必要性？</p>	<p>牆體生產流程 VS. 建築生產流程的差異。</p>
<p>4. 外牆產業實務參訪：</p>	
<p>- 外牆(或帷幕牆)產業的業界分工方式為何？</p>	<p>每家公司產業分工方式皆不同。 有些帷幕牆公司是有工廠的生產線為一條龍，也有些帷幕牆公司純粹做設計，有需要時才去找廠商配合。</p>
<p>- 針對帷幕牆之節能設計議題，請建議業界參訪對象、參訪案例</p>	<p>透光部與 lightself。</p>
<p>- 關於主動式節能帷幕牆的技術、構法、及材料等方面之近年趨勢為何？國內是否有具代表性的案例及廠商，可前往深入訪談，請老師提供建議。</p>	<p>高雄世運館、舊台南縣府。 可以參考台灣現有帷幕牆協會。</p>

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」專家學者訪談紀錄 -4

開會事由：訪談九典聯合事務所針對事務所之節能外牆設計策略與模擬研討

開會時間：中華民國 104 年 4 月 13 日(星期一)上午 11 時

開會地點：九典聯合建築師事務所

與會人員：

九典聯合建築師事務所 陳志淵 建築師

九典聯合建築師事務所 陳柏儒 先生

九典聯合建築師事務所 張淳榕 小姐

成功大學建築系 鄭泰昇 教授

桃園創新技術學院 陳嘉懿 教授

成功大學建築系 潘晨安 研究助理

成功大學建築系 吳典育 研究助理

成功大學建築系 呂啟銘 研究助理

成功大學建築系 黃紹筑 研究助理

成功大學建築系 陳思吟 研究助理

記錄人員：黃紹筑

專家訪談

陳志淵建築師、陳柏儒先生與張淳榕小姐針對大家針對所提出之議題，進行請教與討論。

<p>鄭泰昇 教授： 陳嘉懿 教授：</p>	<p>陳志淵 建築師： 陳柏儒 先生：</p>
<p>1. 元件建置與資料庫</p>	
<p>- 元件進入事務所流程 哪些事務所或是廠商開發，可重複使用 哪些元件？ 廠商提供的元件為什麼不符合事務所 想要？ 花博與嘉創都有重複使用的牆，是否可 以提供？</p>	<p>事務所使用的元件都是基本的柱、樑、 牆。 通常都是廠商元件提供，事務所做搭 配，但是事務所通常都還是會自己重 建，因為設計常常都不同。 外牆部分 關於模擬的部分：比較像是軟體開發 商的事情，事務所通常在 LOD-300 的 時候設備不會進來一起模擬，當 LOD- 100、200、300 怎麼跟軟體做結合？</p>

	而外牆搭配模擬需要抓那些資訊，怎麼簡化模型才可以模擬？
- 外牆建置過程分割跟材料設置通常的流程是如何？	基本上我們一開始模型不會建置太詳細，因為做太細會導致衝突檢討的問題，我們會設定材料參數做未來綠建築的連結。
- 單元設計的帷幕牆對事務所的使用功效大嗎？	要用也是可以，但通常固定尺寸對我們而言較不適合，還是傾向給尺寸大小，然後讓帷幕牆廠商依尺寸給形式。
- 細部圖說的部分是否會建置在 3D 模型中？	細部或是包括鋁擠型都是以 2D 表現，而這部份都是帷幕牆廠商回饋的細部詳圖，對事務所而言還是越簡單越快執行完工。
- 開發元件 智慧型元件與用後評估 可提供事務所重複使用的元件	其實比較多的還是基本簡單的外牆設計並做互相搭配。 幾乎沒有甚麼智慧型元件。 可以思考：元件+元件→樣板
2. 外牆節能：	
- 請教貴事務所是否有內部的節能團隊、或外部的節能顧問配合？合作流程及配合方式為何？	設計過程先將重點提出再移轉給模擬組的做測試，事務所所有這樣的團隊，從初步到中期設計皆有配合階段性的流程進行模擬。
- 規劃設計流程，會在哪些階段進行 Energy Performance 的數據模擬？是否有針對外牆的省能效果進行檢討？	初步到中期設計皆有模擬照度、通風、日照，階段性的流程，到後期都有比較細部的模擬。
- 建築物完工使用後，是否有哪些案例曾實際量測或追蹤監控建築物的節能成效(或耗能情形)？	北投圖書館有配合業主(台達電)做監測，有完整的完工後太陽能板與節能效果的測試。 青年圖書館也有資訊可以取得，嘉創與中創也有機會索取。
- 請教貴事務所作品，在外牆設計上，可否推薦幾件做為本研究之示範案例？其特點、差異性為何？(如：北投圖書館、青年公園太陽圖書館 Solar	中創作品在當初有試著做可動式的外遮陽，但因成本關係最後沒有做成，關於模擬軟體滿多都是使用 Ecotect 做模擬。

Library、花博新生三館、經濟部嘉義創新園區、經濟部中部創新園區…等)	
- 上述外牆節能特色作品,是否方便提供相關細部圖說資料?	後續可以再聯繫。
陳嘉懿 教授:	永續科技專家 / 張淳榕 小姐:
3. 永續科技的模擬:	
- 想請問您在事務所設計過程中的模擬階段說明?	<p>如果需要做特殊遮陽設計,初步設計階段就會討論決定是要做雙層牆或是垂直遮陽等,初期會做快速分析,大方向的去分析性能,案子的氣候條件評估,後續拿到案子之後,才會去做詳細評估,相對尺寸大小,多少片多寬距離多少,配合其他的考量,可能配合 lighting 和 CFD,後期才會使用精密的軟體做評估。</p> <p>根據個人經驗認為將所有模擬軟體整合一起分析不見得是好的,根據需求來配合軟體是比較實際的做法。</p> <p>後期如果做到像是隔柵的設計,局部分分析會使用設計相對評估的方式。</p> <p>使用過的軟體:CFD、Energy Plus、Ecotect、e-Quest、IESVE。</p>
- 模型每個階段都不同,您如何使用模型來進行模擬?	初期團隊一定要做事前規劃,決定甚麼是這個案子的重點模擬,根據需求再進行建置模擬需要的模型,這是比較有效率的做法。
- 模擬結束會提供設計決策嗎?	至少會有兩次性的回饋。
- 遮陽跟採光如果是不同的軟體評估的話,如何去平衡這兩件事情?	<p>一個案子會先去看你的重點在哪裡?照理來說,應該去想我做這樣的遮陽,建築整體的性能提升了多少,而採光對於建築整體又減少多少,需要補多少的人工光來輔助他。</p> <p>但在實務上,因為很難做到很深入的研究,所以通常會透過找標準的方式,例如:讀書的地方照度應該要 300-</p>

	500lux，以這樣的基本要求去做遮陽，期待遮陽做到一定的程度，但不影響採光。通常透過找到標準與底限在哪，再去做設計。
- GBS 的效果是可以信賴的嗎？	軟體的效果如果不確定，可以透過實驗做測試，也是以相對性的觀念來看。

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」專家學者訪談紀錄 -5

開會事由：訪談美港聯和帷幕牆設計公司汪俊宏建築師，針對帷幕牆之節能性能及設計案例討論

開會時間：中華民國 104 年 4 月 14 日(星期二)下午 14 時

開會地點：美港聯和帷幕牆設計公司

與會人員：

美港聯和帷幕牆設計公司 汪俊宏 建築師

成功大學建築系 鄭泰昇 教授

桃園創新技術學院 陳嘉懿 教授

成功大學建築系 潘晨安 研究助理

成功大學建築系 呂啟銘 研究助理

成功大學建築系 黃紹筑 研究助理

成功大學建築系 陳思吟 研究助理

記錄人員：黃紹筑

專家訪談：汪俊宏建築師針對大家針對所提出之議題，進行請教與討論。

陳嘉懿 教授：	汪俊宏 建築師：
- 可否分享貴公司在帷幕牆設計所涵蓋的範圍?	我們公司的帷幕牆沒有既有的標準系統，都是特殊設計的帷幕牆，都是透過 1. 建築師給的圖來發展，加上 2. 性能標準規範，在不違背建築設計原則之下，滿足性能標準的功能，設計完才會開始生產材料。
- 關於帷幕牆的節能設計，公司內部是否有節能專責團隊或與外部顧問團隊合作?) 依循的節能標準及模擬工具有哪些?	最近越來越多案子建築師會要求一些數值例如：U 值、透光率等等。 對本公司而言，帷幕牆設計標準來自於 1. 建築師樣品+規範 2. 綠建築標準、模擬數據(這也是建築師請能源顧問得到的數據)。與本公司較無關。 只有一個案子我們去做過模擬：普訊創投總部，原因是建築師想做雙層牆，要求本公司做模擬說服業主。我們委託北科大教授(李魁鵬)去做這個模擬分析，看其效益如何，但設計已經定案。

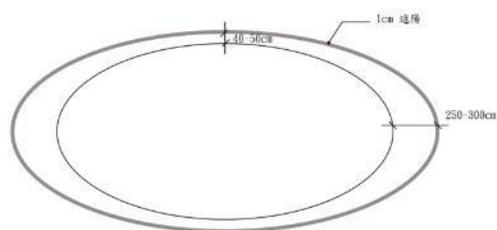
	<p>這個案子不想做遮陽擋住景觀，所以做 Double Skin。</p> <p>比較東北與西南，雙層牆+中間的百葉可以降低多少熱負荷，將熱負荷轉成電費。犧牲了 75 公分的空間，外牆皮層做到最外層，所以雙層牆是算在容積內的。</p>
<p>- 請教貴公司常採用的節能設計手法、模組單元有哪些？可達到的節能數據？（懇請提供相關型錄）</p>	<p>沒有常用與慣用的手法，許多事情都是建築師的設計。</p> <p>通常建築師會找帷幕牆顧問，如果沒有找帷幕牆顧問才會找我們來做討論。</p> <p>顧問再主導規範、材質...等，我們依規範行事。</p>
<p>- 貴公司所完成的實例案件中（如：長谷世貿聯合國、富邦金融中心、昇陽立都大樓、富邦襄陽大樓、國巨電子高雄二廠、大陸工程企業總部、旺宏電子企業總部、仁寶電腦企業總部、國巨電子高雄三廠、華邦電子企業總部、婦聯美齡樓、台新金控企業總部、台灣高鐵新竹站、真理堂全人關懷大樓、聯發科技企業總部、台灣工業銀行企業總部、華新麗華企業總、普訊創投企業總部、德律科技企業總部、克緹企業總部、台北金融中心、鈺象電子企業總部、國泰金星大樓、大倉久和飯店、台積電 15P1、The Ellipse 360、遠東百貨板橋購物中心、合作金庫銀行總行大樓及國泰置地廣場...等），請問哪幾棟在外牆節能上，較為推薦作為研究案例？</p>	<p>Double skin→普訊、中鋼。</p> <p>尤其是普訊當初的模擬有多接近真實是我有興趣的。當初這個案子的主要隔熱在於中間的百葉。</p> <p>台灣是不是真的適合做 double-skin，百葉性能設定如何？</p> <p>會動的百葉實體與軟體是分開供應的，我認為雙層牆保溫效果是比隔熱好的。</p> <p>關於 Double-Skin 的定義應該是雙層「牆」，事實上許多人都只是做第二層遮陽便稱為 Double-Skin。</p> <p>普訊和中鋼兩個案子的 Double-Skin 是不會有外循環的，因為空氣品質不好，以台灣的天氣沒有溫差(7 度)並不會有循環，利用設備做純粹室內的循環。</p> <p>額外的雙層牆案例： 國泰潭美、KingYoger</p>
<p>- 可否分享貴公司在「台北淡水 ellipse 360」案例中，外牆設計所參與的角色？（是否有與節能顧問合作？）所採用的設計手法、模組單元、所達到的節能效果有哪</p>	<p>據我所知，這案子沒有與節能顧問合作，Michael Flynn 在帷幕牆是專家，沒有額外請帷幕牆顧問。</p> <p>事實上玻璃有一些係數和特性，美國 LEED 都有登錄。</p>

些? (ellipse 360 跨國設計團隊成員：貝聿銘聯合建築師事務所設計團隊專案經理 Roy Barris，羅浮宮金字塔玻璃帷幕工程師 Michael Flynn，建築師林洲民)



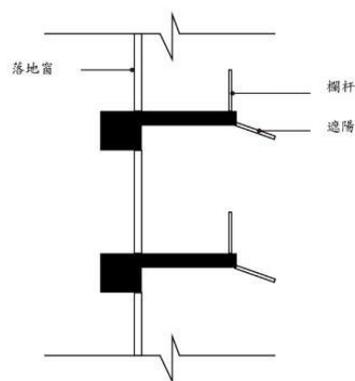
(資料來源：美港聯和帷幕設計公司提供)

平面圖



(本研究繪製)

帷幕牆廠商施作物件：



(本研究繪製)

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」專家學者訪談紀錄 -6

開會事由：訪談歐洲在台商會節能委員會暨旭格帷幕牆公司顧安德先生

開會時間：中華民國 104 年 4 月 22 日(星期二)下午 14 時

開會地點：富創建設公司會議室

與會人員：

歐洲在台商會節能委員會主席暨旭格帷幕牆公司代表 **Mr. Andreas Gursch** (顧安德先生)

富創建設公司 程景玄 建築師

成功大學建築系 鄭泰昇 教授

桃園創新技術學院 陳嘉懿 教授

成功大學建築系 黃紹筑 研究助理

成功大學建築系 陳思吟 研究助理

記錄人員：陳嘉懿

計畫簡介：

由計畫主持人針對本案期程、訪談目的進行說明。

專家簡報：

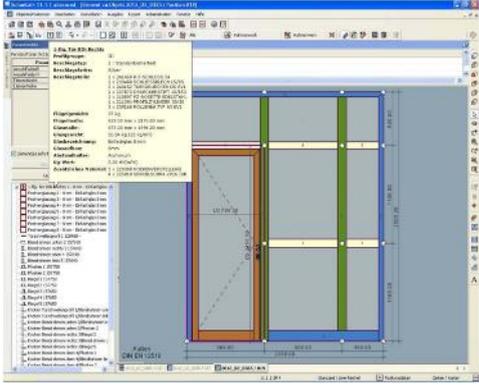
- 今天原本要偕同邀請德國技術工程師 Mr. Stefan Kling 前來解說，但因臨時工作調度關係，無法前來。
- 旭格公司創建於 1951 年，是在帷幕牆、採光罩、門窗、溫室花園、光電等方面占主導市場的系統研究、開發和供應商。現擁有 4300 餘名員工，在 60 多國擁有約 12000 家合作夥伴，年銷售額達 18 億歐元。
- 今天針對先前研究團隊提供給我的訪談議題，簡報內容。

專家訪談

顧安德先生針對大家針對所提出之議題，進行請教與討論。

陳嘉懿 教授： 程景玄 建築師： 鄭泰昇 教授：	顧安德先生：
德國旭格發展的牆面單元，是否遵循德國哪些相關規範？當全世界各不同地區採用時，可以針對各地氣候條件，提供哪些部分的調整？	如下簡報參考資料附表為德國建築法規中外殼保溫斷熱規定(WSchVO) 及 U 值規定(EnEv 2006)，1977 年起先針對新建築，1995 年後亦納入既有建築，隨著地球暖化並逐年調高標準。外牆 U 值亦從 <1.45 調到 <0.45 [W/m ² k] 以下。 台灣地處亞熱帶及熱帶之間，和德國較不同之處，為外牆斷熱材料厚度及等級的要求，但冬季也可能低於 15 度以下，依德國標準，會要求斷熱設計。但台灣相對濕度高，內部結露、防霉等問題需要考量。

<p>針對不同的使用機能(如：商辦、住宅、學校…等)，在單元選用上通常會有甚麼不同的建議?</p>	<p>產品提供範圍如下： 住宅用戶 - 門窗、遮陽、通風及熱回收、建築物自動化、BIPV； 商辦用戶外殼 - 門窗、立面系統、建築物自動化、防火防煙系統、LED 立面照明、遮陽簾幕系統、BIPV、通風系統。</p>
<p>根據型錄「主題工作室」單元中提到「智慧化功能」，如：adaptive building envelope / LED light system / Ventilation / the façade layer system / the thermal active wall / highly flexible façade system (結合參數化設計) / Solar shading / PV，請問上述立面類型，台灣是否有可推薦參考的實例？是否能提供更詳細的型錄及熱性能相關數據？</p>	<p>許多實驗性的單元，如圖之 Layer System 為例，可使玻璃、紗窗、遮陽等三層單元依使用者需求，在軌道搭配組合，但產品在市場上常因造價較高，不易推廣。下圖為 BIPV 外牆帷幕之正能源建築，但太陽能發電效益低且台灣電價較低，所以回收年限可能長達 50-60 年，不敷成本效益。</p>  <p>(資料來源：旭格帷幕設計公司提供)</p>  <p>(資料來源：旭格帷幕設計公司提供)</p>
<p>型錄 p.13，如何透過高效隔熱、熱回收及傳熱牆，實現動態 U 值(Dynamic U value)? 如何計算模擬？ 是否可示範如何使用 SchuCal? 另有一 SchuCAD for Revit 可否提供試用？這些單元設</p>	<p>SchuCal 是本公司專門開發的計算軟體，應該是全世界門窗設計最大的軟體，但目前只開放給合作夥伴，在台灣如力霸、中華等廠商，需要 3-6 的月的操作訓練，可透過玻璃厚度、窗框、寬度高度，計算重量、造價、安全性及概估節能效果。若有興趣深入了解，可進一步安排到協力廠商處參觀。</p>

<p>計可否直接匯入 REVIT? SchuCal Mobile</p>	 <p>(資料來源：旭格帷幕設計公司提供)</p> <p>SchuCAD 可用來與 Grasshopper, Rhino 接軌，進行 3D 參數化客製化設計模擬。 SchuCal Mobile 可提供工地現場的雲端資料服務。</p>
<p>貴公司在簡介中提到「360°全方位永續發展」(360° Sustainability)，其內容有哪些?</p>	<p>延續搖籃到搖籃的議題，提出兩種廢棄物回收原則：</p> <p>消費性產品的生物鏈生命週期循環 工業產品廢棄回收再製的循環</p> <p>因此「360°全方位永續發展」即是強調鋁門窗材料的回收再利用與碳排控制。如圖界定了產業個分工在其中的角色與工作重點。</p>
<p>如網路上影片介紹，旭格已經開發了許多成熟的牆面單元，台灣的建築業合作夥伴在採用或導入相關技術時，建議如何互相配合?</p>	<p>技術的導入不是問題，但台灣在相關技術實踐上，相較少於其他先進國家，要使工法進步最大的驅動因素有兩項，一是造價、一是法令要求。以歐洲德國、瑞士、奧地利之經驗為例，因反核社會運動，帶動 30 多年前的節能政策立法，並推動一系列示範性先導案例、教材、工作營，使其目前建築節能水準得以領先於美國 LEED 之成效，一般民眾住宅品質也多能達到 LEED 銀級標準。因此政府的角色相關重要。未來在低碳趨勢下，符合 ISO 14000 等規範要求的設計，也是必須立法要求的部分。</p> <p>如圖，旭格也針對德、美、英等國的綠建築認證系統發展相關的設計指南及產品證書 (Fact Sheet)，以負起供應端的職責。</p>
<p>簡報中重要參考資料： 德國建築法規 - 外殼保溫斷熱要求</p>	

— Thermal Insulation Ordinance (WSchVO)

	<u>new buildings</u>	<u>existing buildings</u>
1977	<ul style="list-style-type: none"> — limitation of the mean heat loss due to transmission — requirements for building elements (minimum thermal insulation; double glazing; air-tightness) 	—
1984	<ul style="list-style-type: none"> — requirements tightened by 20 % 	—
1995	<ul style="list-style-type: none"> — requirements tightened by 30 % — limitation of the annual energy demand for heating — Certificate on energy demand for heating 	<ul style="list-style-type: none"> — when undergoing extensive renovation: requirements for the new building elements

(資料來源：旭格帷幕設計公司提供)

	external walls	windows	roofs	ceilings to unheated
1977	≤1,45 [W/m ² -K]		≤0,45 [W/m ² -K]	≤0,80 [W/m ² -K]
1984	≤1,20 [W/m ² -K]		≤0,30 [W/m ² -K]	≤0,55 [W/m ² -K]
1995	≤0,50 [W/m ² -K]	≤ 1,80 [W/m ² -K]	≤0,30 [W/m ² -K]	≤0,50 [W/m ² -K]
2002/ 2004	≤0,45 [W/m ² -K]	≤ 1,70 [W/m ² -K]	≤0,30 [W/m ² -K]	≤0,40 [W/m ² -K]
2006*	≤0,45 [W/m ² -K]	≤ 1,70 [W/m ² -K]	≤0,30 [W/m ² -K]	≤0,40 [W/m ² -K]

* EnEV 2006 draft, no change in requirement level.

(資料來源：旭格帷幕設計公司提供)

旭格強調地球永續、資源回收再利用的「360° 全方位永續發展」(360° Sustainability) 概念

360° SUSTAINABILITY FOR FUTURE GENERATIONS
Conserving resources and reducing CO₂

43 03.03.2015 Introduction seminar - march 2015 **SCHÜCO**

(資料來源：旭格帷幕設計公司提供)

旭格對應德國 DGNB、美國 LEED、英國 BREEAM 等認證系統所發展的設計指南

(資料來源：旭格帷幕設計公司提供)

旭格相關連結資料：
<https://www.youtube.com/embed/3lJc1K4gB98?autoplay=1&controls=0&rel=0>
<https://www.youtube.com/watch?v=Tfyfgcq0LIE>
<https://www.youtube.com/watch?v=4uA2HfkW3X4>

<https://www.youtube.com/watch?v=QgtEihrUPjs>
<https://www.youtube.com/watch?v=l2gWOpgzjZY>
<https://www.youtube.com/watch?v=Zd4ITsMPGV0>
<https://www.youtube.com/watch?v=X7LYIRWi2jc>
https://www.youtube.com/watch?v=R_rDmpqWfaU
https://www.youtube.com/watch?v=kg2_O9ge8Ew
<https://www.youtube.com/watch?v=n460EFiK8UY>
<https://www.youtube.com/watch?v=INIWcZt5JD8>

U 值計算軟體下載：

Schüco U-Cal software for calculating U values

http://www.schueco.com/web/downloadGateway?wf_gated_resource=11579176&wf_site=de-en

SchuCal Mobile (Schüco reference project App) Sunalyzer/ Docu Center/
SchueCal mobile/ Schüco DCS Fingerprint BT/ Schüco 360° Viewer.

<https://itunes.apple.com/us/app/schuco-reference-project-app/id844202107?mt=8>

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」專家學者訪談紀錄-7

開會事由：訪談葉世宗建築師有關節能外牆設計經驗

開會時間：中華民國 104 年 8 月 27 日(星期四)上午 10 時

開會地點：葉世宗建築師事務所會議室

與會人員：

葉世宗建築師

成功大學建築系 鄭泰昇 教授

桃園創新技術學院 陳嘉懿 教授

成功大學建築系 潘晨安 研究員

成功大學建築系 黃紹筑 研究助理

成功大學建築系 陳思吟 研究助理

記錄人員：陳嘉懿

議題內容：

1. 計畫簡介：

由計畫主持人針對本案訪談目的進行說明。

2. 專家訪談：

葉世宗建築師針對大家針對所提出之議題，提供意見與討論。

陳嘉懿 教授： 鄭泰昇 教授：	葉世宗建築師：
- 請推薦幾件貴事務所代表作，作為本研究編撰“建築物外牆節能指南”之示範案例？（特別是整合特殊遮陽、BIPV、double skin之案例，如：台南縣政府、…等）可否提供特寫照片及外牆斷面材料之細部圖說？	<ul style="list-style-type: none"> ● 案例：台南縣政府外牆更新(雙層牆+BIPV)、台北風光住宅大樓(BIPV+水平風力發電機)、南台科大體育館外牆更新、南台科大能源工程館(80m 立面水平隔柵+廊道式深遮陽)、嘉義玉山國中體育館(內斜隔柵外牆)。 ● 特寫照片及外牆斷面材料之細部圖說將再由事務所人員進一步協助提供電子檔。另外也可提供相關綠建築計算報告及光電量化計算資料。 ● 太陽能板一般以乾式構造，後面留空氣層散熱。目前透光率(5%、10%)及尺寸規格，因市場搶手的關係，已無法像過去可以客製化。
- 規劃設計階段，如何進行能源效率模擬計算？是否針對外牆的省能與創能效果進行檢討？（由內部人員或外部節能顧問執行？使用軟體？）	<ul style="list-style-type: none"> ● 事務所一般設計階段會進行簡單初步的模擬及綠建築計算。 ● 以較特殊的案例來說，則會找外部顧問。（目前有一教堂和吳綱立老師合作檢討 CFD 模擬。） ● 特殊建材有需要我們會送實驗單位檢驗。如：外牆礦纖隔熱板材。
- 建築物完工使用後，是否進行能源效率之實際量測或追蹤統計？	<ul style="list-style-type: none"> ● 一般太陽光電部分會委託廠商測試。其他數據則通常按業主需求裝設量表及顯示裝置。 ● 德國有補助用後實測，但國內普遍都沒有追蹤驗證，建議政府能獎勵裝置後的追蹤驗證。

<p>- 針對整合式外牆 (BIPV、double skin、環境感應式外牆等)之造價如何推估? 是否計算投報率 ROI? 是否配合相關獎勵?</p> <p>3.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 太陽光電板目前進口反而比國內廠牌便宜。目前太陽能板1千瓦已從10年前60萬降到目前6萬，因此更有普及的誘因。 ● BIPV造價應和所取代的外牆建材相比較，以台北風光大樓為例，柱體表面若貼石材每米平方1萬多元，若貼BIPV每米平方8-9千元，且還能發電。依目前回收電價，BIPV造價推估方法若用到20千瓦左右，每平方米6-8萬估算，加上框料再乘以4倍，大約20萬上下，但應扣除鋁擠型隔柵原造價去計算增加預算的部分，裝設角度水平最快回收，推估下來平均9-20年可回收。 ● Low-E雙層隔熱玻璃過去800-900/才，目前台玻新研發只要400-500/才，所以非常有推廣的誘因。
<p>- 以目前的綠建築法規與標章評估標準，檢討整合式外牆 (BIPV、double skin、環境感應式外牆等)設計時，是否有任何需修正之建議?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 面積計算部分，目前隔柵已可不算面積，但陽台1/2透空之規定，會造成立面視覺比例不佳，建議能調整為1/3；無陽台用途之雙層牆平面面積計算也建議由內牆中線來計算。 ● 現在的Low-E玻璃及隔柵設計很進步、價格已降低，厚度也變薄，只有12mm，不需更改外框厚度，建議應容許挑戰材料的最大極限，並兼顧建築美學及使用者視覺景觀需求，建議綠建築法規不應限制透光部位大小，而改以要求玻璃性能。 ● 光電在綠建築的得分應提高。建築物要達成零耗能只有透過產電裝置，建築物大量設置太陽光電才可能減少核電廠設置。建議可參考引用工研院綠能所10年來測試成果。 ● 建議仿效德國，立法規範建築物開口玻璃不用單層玻璃，以增加隔熱效果、可減少全台灣空調總負荷量。目前新的抽真空複層玻璃及隔熱玻璃之所以不夠普及，與法令的強制性有關。 ● 目前新材料日新月異(如新的隔熱材料)，但綠建築規範上都還未列入，送驗需要花費幾十萬，這部分是否可以每年更新?
<p>- 其他意見：</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 台南縣政府立面：太陽能遮陽板分兩層，串聯、並聯排列方式需考慮陽光角度陰影深度。雙層牆浮力通風散熱。因空氣中有微粒，台灣最好的高度角是15-20度。 ● BIPV的評價方式應將美學與發電量等量齊觀，不能只是考慮最大發電效率。BIPV是工法，而非模組，但通常業界會以為BIPV是有框的模組。 ● 太陽能系統：獨立型、併聯型、混合型。以賣電給台電每度6.5元來看，用併聯型較好。 ● PV模組現有規格240W, 320W；目前多晶系較為普遍採用(轉換率16%)、薄膜吸收漫射光效率佳，適用於外牆(14%)。

	<ul style="list-style-type: none">● 建議明年能編「屋頂節能設計指南」。
<p>參考資料：</p> <ol style="list-style-type: none">1. 葉世宗建築師著作：“透境 - 光電構築與鋼鐵風情”2. 案例圖面資料：台南市納骨堂、台南大學校友樓、台南縣政府光電立面、南台科大育成中心、南台科大能源工程館。	

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」專家學者訪談紀錄-8

開會事由：訪談石昭永建築師有關節能外牆設計經驗

開會時間：中華民國 104 年 8 月 27 日(星期四)下午 13 時

開會地點：石昭永建築師事務所會議室

與會人員：

石昭永建築師

成功大學建築系 鄭泰昇 教授

桃園創新技術學院 陳嘉懿 教授

成功大學建築系 潘晨安 研究員

成功大學建築系 黃紹筑 研究助理

成功大學建築系 陳思吟 研究助理

記錄人員：陳嘉懿

議題內容：

1. 計畫簡介：

由計畫主持人針對本案訪談目的進行說明。

2. 專家訪談：

石昭永建築師針對大家針對所提出之議題，提供意見與討論。

陳嘉懿 教授： 鄭泰昇 教授：	石昭永建築師：
4. 請推薦幾件貴事務所代表作為本編撰“建築物外牆節能指南”之示範案例？（特別是整合特殊遮陽、BIPV、double skin之案例）可否提供特寫照片及外牆斷面材料之細部圖說？	<ul style="list-style-type: none"> ● 案例：南科育成中心(鋁百葉、輕型鋼骨、預鑄不鏽鋼構件)、屏東縣政府行政中心增建工程(外挑板構造、植生牆、各面向不同深度的陽台)、工研院六甲分院數位科技示範屋(鋼構+遮簷+木構雨淋板+環保材料)、台南捐血中心新作業場所(外牆塗料加絕緣層+水平垂直遮陽)、C-Hub 外牆(RC 外牆+內側節能層) ● 外牆構造有兩大方向：實牆不透光部分(絕材+空氣層+保麗龍隔熱材+STO 隔熱漆)、開口部分(外牆結構+節能玻璃+設備百葉+遮陽百葉+通風排熱)
規劃設計階段，如何進行能源效率模擬計算？是否針對外牆的省能與創能效果進行檢討？(由內部人員或外部節能顧問執行？使用軟體？)	<ul style="list-style-type: none"> ● 以交大宿舍競圖案為例，協力廠商亞新曾以 BIM 上的外掛軟體模擬熱負荷。 ● 其他案例多半是計算綠建築法規及綠建築標章。 ● DOE2 或 eQuest 軟體事實上只能做整體熱負荷模擬，無法計算外牆局部熱流狀況模擬，只能假設外牆為小開口或大開口。
建築物完工使用後，是否進行能源效率之實際量測或追蹤統計？	<ul style="list-style-type: none"> ● 目前像魔法學校及淡水新市國小因業主需求，有進行能效追蹤。相關資料可以再詢問業主是否能提供。

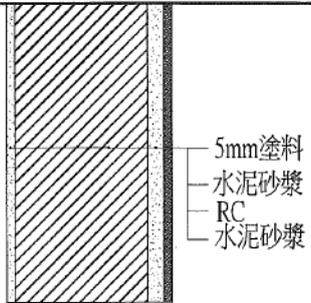
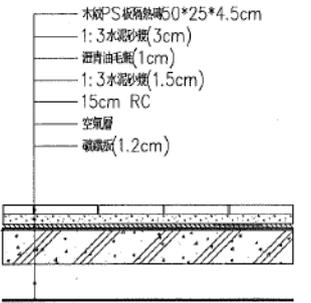
<p>- 針對整合式外牆(BIPV、double skin、環境感應式外牆等)之造價如何推估? 是否計算投報率 ROI? 是否配合相關獎勵?</p> <p>5.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 目前外牆造價粗估方式：RC 體(模板+鋼筋)每米平方 2000 元左右之外，外飾可從每米平方 1000-10000 元都有。(塗料 700-800、磁磚 1000、石材或清水模 4000、中空陶磚 8000-9000、多層次百葉不一定很貴，以育成中心為例，一坪造價 38000、格柵外牆 1000 左右) ● 太陽光電部分，以前幫建研所做過綠建築改善的研究結論是光電板到壽命一半 (20 年) 已故障時仍未能回本。此爭議與台電的獎勵電價有關。根據歐文生博士的研究，台灣地區因雲量較其他國家多，因此直射日射量不足、隨氣溫上升光電板發電效率變差(氣溫每高 1 度效率衰減 1%) 等因素，因此使回本的時間拉長。
<p>- 以目前的綠建築法規與標章評估標準，檢討整合式外牆(BIPV、double skin、環境感應式外牆等)設計時，是否有任何需修正之建議?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 目前的綠建築標章簡算法，無法反映多層牆的效果，熱傳要精確計算複雜度很高，包含隔柵、陽台、Low-E 玻璃等多層次外牆，建議可以按照每層熱流折減率相乘來計算節能效果。目前的簡算法只容許以一種類型來認定，針對多層構法的計算，我們也很願意請事務所人員協助一同來研究。 ● 法規對於屬於屋頂或是百葉的定義很模糊 (如：目前進行中的台南美術館坂茂所設計的屋頂)，目前法規垂直透空率 50% 之規定，對於有些較複雜具變化的造型，建議能採認合理之電腦模擬平均值，如同國外 LEED 標章也是可以這樣認定。(如同目前消防檢討也是可以用法規檢討或實際模擬檢討) ● 以屏東縣政府為例，10-20cm 薄層綠化植生牆在綠建築認證檢討時可以得分，但在縣市政府法規卻要到 60cm(灌木)-1m(喬木)才可認定，這部分建議可以統一修正。

重要參考資料：

1. 南科育成中心外牆剖面大樣圖
2. STO 外牆熱傳透率資料及檢驗報告
3. 屏東縣政府外牆資料



(資料來源：石昭永建築師事務所提供)

構造編號	構造大樣	厚度 d [m]	熱阻係數 1/k [m.K/W]	熱阻 r=d/k [m ² .K/W]	總熱阻 R=Σr [m ² .K/W]	熱傳透率 U _i =1/R [W/(m ² .K)]	
W01	 <p>5mm塗料 水泥砂漿 RC 水泥砂漿</p>	外氣膜		1/23	1/23	0.424	2.3
		塗料	0.005	1/0.0488	0.1025		
		水泥砂漿	0.03	1/1.5	0.02		
		RC	0.15	1/1.4	0.11		
		水泥砂漿	0.015	1/1.5	0.01		
		內氣膜		1/9	1/9		
R01	 <p>木紋PS板隔熱磚50*25*4.5cm 1:3水泥砂漿(3cm) 瀝青油毛氈(1cm) 1:3水泥砂漿(1.5cm) 15cm RC 空氣層 瀝青(1.2cm)</p>	外氣膜		1/23	1/23	1.44	0.69
		木紋 PS 隔熱磚	0.045	1/0.0754	0.597		
		水泥砂漿	0.03	1/1.5	0.02		
		瀝青熱熔式防水 毯(5mm)	0.005	1/0.11	0.05		
		橡化瀝青防水膠	0.008	1/0.11	0.07		
		水泥砂漿	0.02	1/1.5	0.01		
		鋼筋混凝土	0.15	1/1.4	0.11		
		水泥砂漿	0.015	1/1.5	0.01		
		內氣膜		1/7	1/7		
玻璃代號	玻璃材質			玻璃 η _i 與 U _i 值			
所有玻璃	6+6mm 茶色 Low-E 玻璃			η _i =0.31 U _i =2.34			

(資料來源：石昭永建築師事務所提供)

內政部建築研究所「建築物節能外牆之應用研究」專家學者訪談紀錄-9

開會事由：訪談元根建築工房有關節能外牆設計經驗

開會時間：中華民國 104 年 8 月 27 日(星期四)下午 15 時

開會地點：元根建築工房會議室

與會人員：

元根建築工房 鄭乃夫建築師

元根建築工房 呂其東設計經理

成功大學建築系 鄭泰昇 教授

桃園創新技術學院 陳嘉懿 教授

成功大學建築系 潘晨安 研究員

成功大學建築系 黃紹筑 研究助理

成功大學建築系 陳思吟 研究助理

記錄人員：陳嘉懿

議題內容：

1. 計畫簡介：

由計畫主持人針對本案訪談目的進行說明。

2. 專家訪談：

元根建築工房針對大家針對所提出之議題，提供意見與討論。

陳嘉懿 教授： 鄭泰昇 教授：	元根建築工房 鄭乃夫建築師 元根建築工房 呂其東設計經理
6. 請推薦幾件貴事務所代表作，作為本研究編撰“建築物外牆節能指南”之示範案例？（特別是整合 EPS+STO 外牆構造，如：南星光屋；或特殊遮陽、double skin 之案例）可否提供特寫照片及外牆斷面材料之細部圖說？（本研究可協助檢討材料 U 值）	<ul style="list-style-type: none">● 住宅案例：南星光屋(節能板)、高雄住宅大樓(正面 2m 外凸陽台+垂直鋁格柵、背面雨遮)● 外牆構造：<ul style="list-style-type: none">■ RC 牆：厚度一般均設計 30cm 厚，與柱樑形成複合結構，使室內空間效果較平整。■ STO：德國外牆塗料的牌子，有各種紋理顏色，本事務所大多案例都有採用，以使用白色為主。乾式或濕式工法均可，濕式施作方式為塗抹。■ EPS：德國進口節能材料、局部採用；厚度分：3cm 側牆無直射日光用、5cm 一般主要立面用、25cm 造型用。開口部需要做金屬框包覆處理，抗裂網邊角處理及防雨水污染考量。

<p>- 規劃設計階段，如何進行能源效率模擬計算？是否針對外牆的省能與創能效果進行檢討？（由內部人員或外部節能顧問執行？使用軟體？）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 目前有建 SketchUp 3D model，但未進行能源模擬。 ● 節能板部分廠商會提供 U 值及相關測試資料。 ● 有些申請標章的案子會委託顧問計算，但對於設計的回饋不大。
<p>- 建築物完工使用後，是否進行能源效率之實際量測或追蹤統計？</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 因事務所各專案亦包含施工，因此節能部分會依施工經驗調整回饋。設計初期的材料定義到完工會有些調整，因此會有數據上的落差。節能板不僅具有隔熱效果，其外觀厚度對造型美學亦有幫助。 ● 驗證部分請教成大林子平教授結果，建議能先蒐集各種外牆斷面構造圖面，再委託林教授用 U 值來做整年度的計算，較短暫的實測更為有效。
<p>- 針對整合式外牆(BIPV、double skin、環境感應式外牆等)之造價如何推估？是否計算投報率 ROI？是否配合相關獎勵？</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 節能板可節省外牆粉刷費用、若業主常態空調使用時可降低空調負荷。 ● STO 比磁磚貴，外牆沒加節能板每米平方 1000 元左右，加節能板為 2000 以上，室外需加抗裂網，連工帶料。
<p>- 以目前的綠建築法規與標章評估標準，檢討整合式外牆(BIPV、double skin、環境感應式外牆等)設計時，是否有任何需修正之建議？</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 建築節能法規外殼計算上，天窗的等價開窗率(水平方向 Ki 值)影響較大，較難通過。 ● 深天井的大片開窗方式，在檢討時無法反映出對應的 Ki 值，因此不易通過，以致於每一個開窗都要繪製剖面一一解說，非常費工。若是可以用 3D Model 來驗證節能表現，應該會更省事。
<p>重要參考資料：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 吳鳳妹住宅外牆斷面設計詳圖 2. 南星光屋住宅案之 EPS+STO 外牆 U 值計算 	

構造編號	構造大樣簡圖	厚度d (m)	熱阻係數 1/k (m.k/W)	熱阻 r=d/k (m ² .k/W)	熱傳透率 U _{wi} = 1/R (W/(m ² .k))	面積 A _{wi} (m ²)
W033		外氣膜 — 耐候保護塗料 0.0001 EPS板 0.0500 抗裂膠泥 0.0003 水泥砂漿 0.0200 鋼筋混凝土 0.2500 水泥砂漿 0.0150 內氣膜(1/9) —	1/23.000 1/0.040 1/0.037 1/1.900 1/1.500 1/1.400 1/1.500 1/9.000	— 0.002500 0.810800 0.000200 0.013300 0.178600 0.010000 —	0.572	
W034		外氣膜 — 耐候保護塗料 0.0001 EPS板 0.0300 抗裂膠泥 0.0003 水泥砂漿 0.0200 鋼筋混凝土 0.2500 水泥砂漿 0.0150 內氣膜(1/9) —	1/23.000 1/0.040 1/0.037 1/1.900 1/1.500 1/1.400 1/1.500 1/9.000	— 0.002500 0.810800 0.000200 0.013300 0.178600 0.010000 —	0.854	
W035		外氣膜 — 耐候保護塗料 0.0001 EPS板 0.2500 抗裂膠泥 0.0003 水泥砂漿 0.0200 鋼筋混凝土 0.2500 水泥砂漿 0.0150 內氣膜(1/9) —	1/23.000 1/0.040 1/0.037 1/1.900 1/1.500 1/1.400 1/1.500 1/9.000	— 0.002500 6.756800 0.000200 0.013300 0.178600 0.010000 —	0.14	
W015		外氣膜 — 耐候保護塗料 0.0001 抗裂膠泥 0.0003 水泥砂漿 0.0200 鋼筋混凝土 0.1500 水泥砂漿 0.0150 內氣膜(1/9) —	1/23.000 1/0.040 1/1.900 1/1.500 1/1.400 1/1.500 1/9.000	— 0.002500 0.000200 0.013300 0.107100 0.010000 —	3.475	
W018		外氣膜 — 耐候保護塗料 0.0001 抗裂膠泥 0.0003 水泥砂漿 0.0200 鋼筋混凝土 0.1800 水泥砂漿 0.0150 內氣膜(1/9) —	1/23.000 1/0.040 1/1.900 1/1.500 1/1.400 1/1.500 1/9.000	— 0.002500 0.000200 0.013300 0.128600 0.010000 —	3.234	
W030		外氣膜 — 耐候保護塗料 0.0001 抗裂膠泥 0.0003 水泥砂漿 0.0200 鋼筋混凝土 0.3000 水泥砂漿 0.0150 內氣膜(1/9) —	1/23.000 1/0.040 1/1.900 1/1.500 1/1.400 1/1.500 1/9.000	— 0.002500 0.000200 0.013300 0.214300 0.010000 —	2.532	

(資料來源：元根建築工房提供)

附錄五 外牆節能技術指南草案 (20151215)



內政部建築研究所 - 外牆節能技術指南

Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior
Technical Document of High Performance Building Façades

(草案 B20151215)



成大研究發展基金會 NCKU Research and Development Foundation
台南市東區大學路一號 1Hao, Da Xue Lu, East Dist., Tainan City

前言

本外牆節能技術指南係依據內政部建研所 104-107 年度『創新低碳綠建築環境科技計畫－建築節能減碳科技』下之「建築物節能外牆之應用」研究結論加以編撰。

目前台灣建築產業界針對建築物外牆耗能評估雖已有「建築物強化外殼部位熱性能節約能源設計技術規範」與多種綜合性指標之計算方法如：「ENVLOAD、Req、AWSG...等」可達到綠建築法規之標準，但在綠建築評估手冊中亦指出，任何一種綠建築評估系統都可能有美中不足之處，應預留彈性以鼓勵良好之綠建築技術與創意，雙層牆除溼通風及誘導式通風設計等即是現行系統無法評估的範圍，但卻是亟待獎勵之設計案例。因應現今都市高層化建築設計手法日新月異，整合帷幕、遮陽、隔熱、通風散熱及發電效益等主被動設計手法之節能外牆，如何應用於整體建築物中，需要深入的研究並結合產官學多方加以探討，以臻於相關規範標準之建立。

本外牆節能技術指南係參考英國工程服務協會所出版『玻璃幕牆的環境性能技術文件(TM35)』之作法，並參考我國內政部營建署所編輯之『民間建築物綠建築設計及改善示範專輯』之呈現方式，提供豐富的立面外觀案例、外牆設計樣式與相關模擬手法，作為設計初期擬定外牆節能策略之參考。

本指南研擬是針對「複合通風型建築」與「全空調型建築」等不同建築使用類型，在室內基本舒適度條件下，所建議採取的外牆節能機制加以整理，以提供涵蓋環境感應式立面、太陽光發電遮陽裝置與複式帷幕等整合性外牆節能手法之較佳化構造設計模式，期望有利於設計者作為設計發想與整合運用。

本指南將外牆節能設計手法分為五大類型 - 建築造型遮陽(SS)、遮陽構件(S)、開口率控制(WR)、開口部通風(G)、隔熱構造與材料(M)。其編碼如表 1-1，以便於使用者快速查詢。表 1-2 為本外牆技術指南之篇幅安排示意說明。

表 1-1 指南技術手法分類表

指南技術手法之分類		
外牆節能設計手法	複合通風型(RS)	全空調型(BC)
SS 建築造型遮陽 (Building Self-Shading)	RS-SS01 造型陽台遮陽 RS-SS02 翻展式立面	BC-SS01 造型陽台遮陽 BC-SS02 樓板退縮 BC-SS03 翻轉式立面 BC-SS04 表層單元模組化
S 遮陽構件 (Shading Elements and Devices)	RS-S01 盒狀遮陽 RS-S02 格柵遮陽 RS-S03 百葉遮陽 RS-S04 沖孔遮陽	BC-S01 盒狀遮陽 BC-S02 格柵遮陽 BC-S03 沖孔遮陽 BC-S04 可動導光板 BC-S05 可動遮陽板 BC-S06 立面分段板片 BC-S07 環境感應式轉動遮陽 BC-S08 環境感應式形變遮陽 BC-S09 植生綠牆遮陽 BC-S10 多層次遮陽 BC-S11 太陽能板遮陽
WR 開口率控制 (Window Ratio)	RS-WR01 漸變開口 RS-WR02 轉向開口	BC-WR01 漸變開口 BC-WR01 模組式開口
G 開口部通風 (Glazed Ventilation)	RS-G01 可開啟窗 RS-G02 先進窗系統	BC-G01 層間換氣口 BC-G02 先進窗系統
M 隔熱構造與材料 (Thermal Insulation Materials)	RS-M01 複層帷幕 RS-M02 隔熱牆體構造 RS-M03 隔熱塗料	BC-M01 複層隔熱造型構件 BC-M02 複層帷幕 BC-M03 特殊材料複層隔熱牆

本外牆節能技術指南篇幅安排示意說明

表 1-2 本外牆節能技術指南篇幅安排示意表

技術編號 / 技術名稱	
適用對象	技術說明
技術對策	
關鍵參數	
對策圖說資料	
案例照片	

目 錄

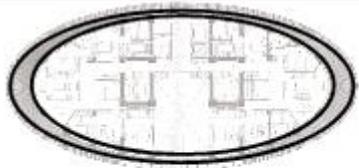
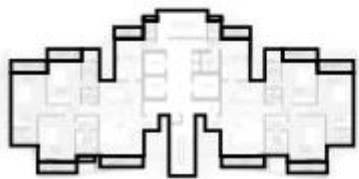
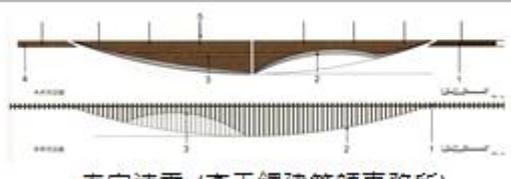
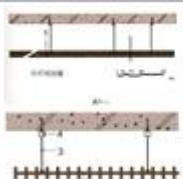
前 言.....	II
目 錄.....	III
定義性能標準.....	1
國內綠建築法規參考基準.....	4
案例使用流程模擬.....	7
【 複 合 通 風 型 】	15
RS-SS 建築造型遮陽 (Building Self-Shading)	16
RS-SS01 造型陽台遮陽	17
RS-SS02 翻展式立面	18
RS-S 遮陽構件 (Shading Elements and Devices)	19
RS-S01 盒狀遮陽	21
RS-S02 格柵遮陽	22
RS-S03 百葉遮陽	23
RS-S04 沖孔遮陽	24
RS-WR 開口率控制 (Window Ratio)	25
RS-WR01 漸變開口	27
RS-WR02 轉向開口	28
RS-G 開口部通風 (Glazed Ventilation)	29
RS-G01 可開啟窗	31
RS-G02 先進窗系統	32
RS-M 隔熱構造與材料 (Thermal Insulation Materials)	33
RS-M01 複層帷幕.....	35
RS-M02 隔熱牆體構造.....	36
RS-M03 隔熱塗料.....	37
【 全 空 調 型 】	39
BC-SS 建築造型遮陽 (Building Self-Shading)	41
BC-SS01 造型陽台遮陽	43
BC-SS02 樓板退縮	44
BC-SS03 翻轉式立面	45
BC-SS04 表層單元模組化	46

BC-S 遮陽構件 (Shading Elements and Devices)	47
BC-S01 盒狀遮陽	49
BC-S02 格柵遮陽	50
BC-S03 沖孔遮陽	51
BC-S04 可動導光板	52
BC-S05 可動遮陽板	53
BC-S06 立面分段板片	54
BC-S07 環境感應式轉動遮陽	55
BC-S08 環境感應式形變遮陽	56
BC-S09 植生綠牆遮陽	57
BC-S10 多層次遮陽	58
BC-S11 太陽能板遮陽	59
BC-WR 開口率控制 (Window Ratio)	61
BC-WR01 漸變開口	63
BC-WR02 模組式開口	64
BC-G 開口部通風 (Glazed Ventilation)	65
BC-G01 層間換氣口	67
BC-G02 先進窗系統	68
BC-M 隔熱構造與材料 (Thermal Insulation Materials)	69
BC-M01 複層隔熱造型構件	71
BC-M02 複層帷幕	72
BC-M03 特殊材料複層隔熱牆體	73
參考資料	75

RS-SS01 造型陽台遮陽

適用對象	住宅大樓	技術說明	利用自主遮陽 Self-Shading 方法，將建築體本身造型陽台深淺改變，減少直射陽光熱輻射。
技術對策	建築自主遮陽 Self-Shading		
關鍵參數：遮陽係數 k_{i-} 水平遮陽			

對策圖說資料

 <p>利用陽台延伸作為建築造型自主遮陽 (資料來源 - The Aqua Tower)</p>		<p>橢圓連續陽台 大型連續陽台延伸除可作為遮陽，也為居民提供環境的視野。</p>
		<p>單元陽台 可依據不同空間使用特性，單元陽台可提供獨立空間的遮陽也提供了彈性的組合方式。</p>
	 <p>泰安連雲 (李天鐸建築師事務所)</p>	

案例照片

 <p>複合老年住宅 MVRDV (1997)</p>	 <p>鄉林皇居 戴育澤建築師事務所</p>	 <p>淡水 ellipse 360 貝律銘建築師事務所</p>	 <p>淡水 ellipse 360 貝律銘建築師事務所</p>
 <p>高雄璞御 元根建築工房</p>	 <p>高雄璞御 元根建築工房</p>	 <p>泰安連雲 李天鐸建築師事務所</p>	 <p>若山餘山住宅大樓 張德昌+江文淵建築師</p>

參考書目

1. 陳嘉懿，2012，西班牙的 Media-ICT Building，智慧化居住空間網站【創新應用案例】，2012/08/07，[引用網址] <http://www.ils.org.tw/intelligent/>
2. 陳嘉懿，2013，「開放式物聯網架構下的智慧綠建築設計樣式」，國科會專題研究計畫成果報告，NSC101-2221-E-253-003。
3. 林谷陶，”紅外線熱影像法於外牆磁磚表面溫度檢測特性之實驗研究”，內政部建築研究所，2011.
4. 韓選棠、徐嘉宏、劉康胤，鋼筋混凝土外牆降低熱傳改善方式之研究—以台灣鄉村地區農宅為例，農業工程學報 第 56 卷第 3 期，99 年 9 月
5. 黃淑惠，遮陽網對建築外殼不同材料表面降溫效果影響之研究，國立高雄大學都市發展與建築研究所碩士論文，101 年 8 月
6. 方煒，建築設施空調節能設計新思維 --- 市售隔熱漆產品遮熱性能之再思考，台大生物產業機電工程學系，www.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/sysEng/遮熱漆.htm，查詢日期：2015 年 1 月
7. 宜蘭綠建築專網，<http://green.e-land.gov.tw/page.aspx?uid=20>，查詢日期：2015 年 1 月
8. 鄭泰昇、陳嘉懿，2012，「智慧建築創新研究方向與課題規畫」結案報告，內政部建築研究所委託財團法人成大研究發展基金會。
9. 周家鵬，2010，台灣地區建築遮陽板採光與遮陽效益評估與策略研究(II)，國科會專題研究成果報告，NSC 97-2221-E-032-041。
10. 周家鵬，2012，基隆、恆春、南投與金門地區建築遮陽板採光與遮陽策略評估研究，國科會專題研究成果報告，NSC 100—2221—E—032—051。
11. 周鼎金，2009，多功能建築物外遮陽裝置之研發，國科會專題研究計畫成果報告，NSC 97-2622-E-027 -017 -CC3。
12. 周鼎金，2010，建築物垂直外遮陽整合太陽能集熱系統之性能，研究國科會專題研究成果報告，NSC 98-2221-E-027-077。
13. 資策會網多所，2007，具感知功能之智慧型建築外層，資訊尖兵 96 年 78 期封面故事，http://media.iii.org.tw/itpd/itis/78/78_11.html。
14. 歐文生、何明錦、陳瑞鈴、陳建富、羅時麒，台灣太陽能設計用標準日射量之研究，「建築學報」第 64 期，103~118 頁，中華民國建築學會，2008 年 6 月
15. 詹肇裕，學校建築太陽光發電系統整合水平遮陽導光裝置應用設計之研究，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 NSC94-2211-E-146-005
16. 詹肇裕，太陽光電技術應用於建築設計之評估與策略研究，台科大建築系博士論文，94 年 7 月
17. 建築技術規則設計施工篇，內政部，101 年發布。

18. 建築物強化外殼部位熱性能節約能源設計技術規範」,內政部, 101 年發布。
19. 林憲德, 2009, 綠建築設計技術彙編, 內政部建築研究所。
20. 林憲德, 2010, 綠建築 84 技術-綠色建築設計指南, 詹氏書局。
21. 林憲德, 2010, 綠色魔法學校, 新自然主義出版。
22. 建築節能技術手冊
23. 綠建築評估手冊基本型 EEWH-BC 技術手冊, 2015, 內政部建築研究所
24. 綠建築評估手冊住宿類 EEWH-RS 技術手冊, 2015, 內政部建築研究所
25. 綠建築設計技術手冊, 2012, 中華民國全國建築師公會。
26. 智慧建築標章解說與評估手冊 2011 版
27. 智慧建築標章解說與評估手冊 2016 版草案, 內政部建築研究所, 104 年 5 月
28. 葉世宗, 2015, 透境: 光電構築。鋼鐵風情, 葉世宗建築師事務所。
29. 建築師雜誌 2015 年 3 月
30. Addington, M. and Schodek, D., 2005, Smart Materials and New Technologies for the Architecture and Design Professions. Architectural Press.
31. Anderson, 2014, Design Energy Simulation for Architect , pp. 89-90
32. Coelho, M. and Maes, P., 2008, Responsive Materials in the Design of Adaptive Objects and Spaces, in the Interactive and Adaptive Furniture Workshop. (Aarhus, Denmark, 2008)
33. Coelho, M. and Maes, P. Shutters: A Permeable Surface for Environmental Control and Communication, in the 3rd Tangible and Embedded Interaction Conference (TEI '09). (Cambridge, UK, 2009)
34. Ad van der Aa, Per Heiselberg, Marco Perino, 2011, Designing with Responsive Building Elements, Aalborg University, Denmark. (IEA, ECBCS, ANNEX44)
35. Eleanor Lee, Stephen Selkowitz, Vladimir Bazjanac, Vorapat Inkrojrit, Christian Kohler, High-Performance Commercial Building Façades, Building Technologies Program, Environmental Energy Technologies Division, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, Berkeley, CA, 94720, June 2002
36. Fortmeyer, R., & Linn, C. (2014). Kinetic Architecture: Designs for Active Envelopes. pp.176~183
37. A. GhaffarianHoseini, U. Berardi, and N. Makaremi, 2013, Intelligent Facades in Low-Energy Buildings, British Journal of Environment & Climate Change, vol.2(4): 437-464, 2012.
38. Øyvind Aschehoug and Inger Andresen (editors), 2008, State of the Art Review. Volume 1 State of the Art Report, Aalborg University, Denmark. (IEA, ECBCS, ANNEX44)
39. Per Heiselberg, 2012, Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings – Project Summary Report, IEA ECBCS Annex 44.

40. M. Perino(Eds.), 2008, State-of-the-Art Review vol. 2A, Responsive Building Elements, (IEA, ECBCS, ANNEX44)
41. Suralkar R. Solar Responsive Kinetic Facade Shading Systems inspired by plant movements in nature. Proceedings of Conference: People and Buildings held at the offices of Arup UK, 23rd; 2011.
42. DesignBuild-Network, 2011/09/02, <http://www.designbuild-network.com/features/featureclimate-control-intelligent-facades/>
43. 阿布達比投資公司案例 Aedas Research, 2012, <http://aedasresearch.com/features/view/advanced-modelling/project/al-bahar-towers>
44. Åke Blomsterberg, 2007, “Best Practice for Double Skin Facades” WP5 Best Practice Guidelines, EIE/04/135/S07.38652
45. Q1ThyssenKrupp 案例 <http://www.archdaily.com/326747/q1-thyssenkrupp-quarter-essen-jswd-architekten-chaix-morel-et-associes/>
46. 外牆外保溫及防水裝飾系統 EIFS: <http://www.eima.com/about-efs.shtml#sthash.y2AsiXTW.dpuf>
47. <http://www.cracktwo.com/2012/01/aqua-tower-in-downtown-chicago.html>
48. Jon Sargent, Jeffrey Niemasz and Christoph F Reinhart, 2011, Shaderade: combining Rhinoceros and EnergyPlus for the design of static exterior shading devices (Harvard GSD, 2011).
49. (資料來源：<http://www.bullittcenter.org/>)
50. 北歐大使館案例 <http://www.berger-parkkinen.com/home.php?il=24&l=e>
51. 北歐大使館案例 <http://www.coroflot.com/eanooe/precedent-studies>
52. 舊台南縣政府案例(資料來源：<http://www.new-life.com.tw/category/organic-greencity-60.htm>)
53. 宜蘭地政大樓，綠建築在蘭陽，<http://green.e-land.gov.tw/innerCaseList.aspx?uid=34&cid=13>)
54. 阿格巴塔 - 維基百科 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%98%BF%E6%A0%BC%E5%B7%B4%E5%A1%94>
55. 巴塞隆納自來水公司總部大樓 <http://www.archinfo.com.tw/member/09/090213.aspx>
56. ZVK Building , Detail: Zeitschrift fur Architektur & Baudetail & Einrichtung, Vol.41-No.7.
57. ZVK Building , 建築 Dialogue 雜誌, No.68, pp.103-111, 04/2003.
58. 赫爾佐格 (2006). 立面構造手冊. Pp. 302~303
Expo-Turm Wesertal , http://tuprints.ulb-tu-darmstadt.de/290/10/Anhang_B5_B8.pdf

建築物節能外牆之應用研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路3段200號13樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：陳嘉懿、鄭泰昇、潘晨安、馬瑜嬪、黃紹筑、
陳思吟

出版年月：104年12月

版次：第1版

ISBN：978-986-04-6595-2