

因應氣候變遷調適的
智慧綠建築發展課題探討研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 105 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)

105301070000G0070
PG10505-0091

因應氣候變遷調適的 智慧綠建築發展課題探討研究

計畫主持人：呂文弘

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 105 年 12 月

MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

**Research on the Development Topic of Intelligent and Green Building in the Face of
Climate Change Adaptation**

BY

Wen-Hung Lu

Dec. 2016

目次

表目錄.....	III
圖目錄.....	IV
摘要.....	VII
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與背景.....	1
第二節 研究目的與範圍.....	2
第三節 研究方法.....	3
第二章 氣候變遷與臺灣智慧綠建築發展現況.....	5
第一節 全球氣候變遷與我國調適政策.....	5
第二節 臺灣綠建築科技研發與標章制度.....	8
第三節 臺灣智慧建築科技研發與標章制度.....	16
第四節 臺灣智慧綠建築案例.....	25
第五節 小結.....	32
第三章 國際智慧綠建築發展現況.....	35
第一節 歐美與大陸智慧綠建築發展.....	35
第二節 歐美與大陸智慧或綠社區發展.....	41
第三節 國際近零能源建築發展.....	44
第四節 其他國際氣候變遷與建築耗能研究發展.....	50
第五節 小結.....	53
第四章 智慧綠建築科技研發趨勢與案例分析.....	55

第一節 第 20 屆世界建築研討會年會（WBC 2016）	55
第二節 歐洲冷凍空調聯盟大會暨第 8 屆建築室內空氣 品質、 通風換氣與節約能源國際研討會（CLIMA 2013）	62
第三節 山東青島智慧城市案例	64
第四節 中新天津生態城案例	76
第五節 深圳南山區華僑城生態社區案例	80
第六節 北京智慧綠建築案例	83
第七節 芬蘭捷克與美國智慧綠建築與社區案例	98
第八節 智慧綠建築科技發展主軸與課題	121
第五章 結論與建議	129
第一節 結論	129
第二節 建議	131
附錄一 審查會議紀錄與回應	133
參考書目	135

表目錄

表 2-1 EEWB 家族的內容差異	13
表 2-2 鼓勵項目總得分與智慧建築等級判定表	19
表 2-3 各指標鼓勵項目配分原則	20
表 2-4 不同建築類別之各指標鼓勵項目總分與分數比例	22
表 2-5 基本規定評估項目表.....	22
表 2-6 智慧建築綜合佈線管線設備空間與建物位置對照表	23
表 3-1 大陸綠色建築評價標準與技術細則一覽表	38
表 3-2 兩岸綠色建築評價標準對比分析說明一覽表	39
表 4-1 CLIMA 2013 研討會主要議題.....	62
表 4-2 創新低碳綠建築與智慧化環境科技計畫研發主軸與執行 策略比較.....	121

圖目錄

圖 2-1 臺灣綠建築科技研發沿革	9
圖 2-2 臺灣綠建築科技研發歷程與主軸方向	9
圖 2-3 創新低碳綠建築環境科技計畫發展主軸	10
圖 2-4 EEWB 家族評估體系適用範圍	11
圖 2-5 臺灣綠建築標章評估系統發展沿革	12
圖 2-6 綠建築標章核發數與民間綠建築數量統計圖	16
圖 2-7 綠建築標章案與全國建築總樓地板面積占比分析	16
圖 2-8 智慧化環境科技發展推廣計畫問題與策略關連分析	17
圖 2-9 綜合佈線系統空間結構示意圖	24
圖 2-10 候選智慧建築證書申請作業流程圖	25
圖 2-11 臺北市立圖書館北投分館.....	26
圖 2-12 臺北市立圖書館北投分館東南向立面	26
圖 2-13 台達電子工業股份有限公司南科廠	27
圖 2-14 台達電子工業股份有限公司桃園研發中心	28
圖 2-15 成功大學孫運璿綠建築科技大樓	30
圖 2-16 交通部公路總局辦公大樓	31
圖 2-17 光世代建設-「光點」集合住宅	32
圖 2-18 智慧建築與綠建築之相關指標內容圖	34
圖 2-19 綠建築政策措施推動歷程	34
圖 3-1 ISO/TC268 系列標準工作組織圖	42
圖 3-2 零耗能建築概念.....	47
圖 3-3 加拿大近零耗能建築概念	49
圖 3-4 歐盟近零耗能建築的推動期程	49

圖 4-1 World Building Congress 2016 議題構成關係圖.....	58
圖 4-2 智慧城市架構圖.....	58
圖 4-3 計畫主持人等與芬蘭科技中心 Miimu Airaksinen 教授等合影..	60
圖 4-4 計畫主持人與新加坡大學 George Ofori 教授合影.....	60
圖 4-5 計畫主持人等於坦佩雷會議中心留影	61
圖 4-6 計畫主持人等於坦佩雷會議中心主會場內留影	61
圖 4-7 中德生態園智慧城市體系發展架構與智慧城市工程架構	66
圖 4-8 中德生態園規劃理念.....	66
圖 4-9 中德生態園導入資通訊技術營運管理說明	66
圖 4-10 中德生態園體驗運營中心規劃發展歷程展示說明	66
圖 4-11 中德生態園體驗運營中心總體規劃模型展示現況	66
圖 4-12 中德生態園綠化工區質量標準化展示牌	67
圖 4-13 山東魯信長春花園智慧社區全區鳥瞰與配置圖	68
圖 4-14 北側高層住宅棟區.....	68
圖 4-15 中區低層住宅棟區.....	68
圖 4-16 中央綠地與生態水池.....	69
圖 4-17 魯信長春花園智慧社區防災避難動線圖	69
圖 4-18 麥島區域能源中心.....	70
圖 4-19 麥島區域能源中心模型	70
圖 4-20 中節能建築節能股份有限公司業務範疇與部分業績展示	70
圖 4-21 藍色硅谷總體規劃全區配置模型展示館現況	71
圖 4-22 青島藍色硅谷發展目標與總體規劃願景	71
圖 4-23 青島藍色硅谷規劃發展為海洋科技新城科研背景說明	72
圖 4-24 青島藍色硅谷總體規劃	72
圖 4-25 青島藍色硅谷區位分析	72
圖 4-26 藍色硅谷總體規劃展示館海洋科研展品	72
圖 4-27 藍色硅谷總體規劃青島藍色中心設計模型	72
圖 4-28 青島藍色中心綠色建築應用技術展示說明（一）	73

圖 4-29 青島藍色中心綠色建築應用技術展示說明（二）	73
圖 4-30 青島藍色中心綠色建築應用技術展示說明（三）	74
圖 4-31 青島藍色中心通過 LEED 金級及德國建築能源證書認證	74
圖 4-32 青島藍色中心外牆現況	74
圖 4-33 力諾瑞特新能源公司零碳社區構想模型	75
圖 4-34 力諾瑞特新能源公司零碳工業構想模型	76
圖 4-35 中新生態城基礎配套措施規劃項目（一）	77
圖 4-36 中新生態城基礎配套措施規劃項目（二）	78
圖 4-37 中新天津生態城位置圖	79
圖 4-38 中新天津生態城太陽光電設施陣列	79
圖 4-39 中新天津生態城規劃與建設指標體系導覽	79
圖 4-40 中新天津生態城總體規劃模型	79
圖 4-41 中新天津生態城遠雄開發計畫總體規劃	80
圖 4-42 中新天津生態城遠雄開發計畫總體規劃現況	80
圖 4-43 天津生態城遠雄開發計畫中心商業區與遊憩設施規劃情形 ...	80
圖 4-44 華僑城生態社區道路綠化現況	81
圖 4-45 華僑城社區全區遊園輕軌電車	81
圖 4-46 華僑城社區生態廣場.....	82
圖 4-47 社區生態廣場立體綠化	82
圖 4-48 社區生態廣場立體綠化	82
圖 4-49 建築物屋頂綠化現況.....	82
圖 4-50 生態廣場生態水池.....	82
圖 4-51 生態廣場生態循環水池	82
圖 4-52 西向立面外遮陽設施.....	83
圖 4-53 建築物屋頂與立體綠化	83
圖 4-54 清華大學建築學院節能研究中心位置圖	85
圖 4-55 節能研究中心剖面圖.....	85
圖 4-56 清華大學節能研究中心	85

圖 4-57 地下室晝光導光光束照明裝置	85
圖 4-58 節能研究中心垂直壁面輻射空調	86
圖 4-59 節能研究中心天花板面輻射空調	86
圖 4-60 節能研究中心天花板面輻射空調控制器	86
圖 4-61 節能研究中心單元空調出風口概念設計	86
圖 4-62 節能研究中心浮力通風換氣井上部	86
圖 4-63 節能研究中心浮力通風換氣井進氣口	86
圖 4-64 節能研究中心浮力通風換氣井頂部	87
圖 4-65 節能研究中心屋頂綠化實驗區	87
圖 4-66 栗德祥教授導覽節能設計相關研究成果	87
圖 4-67 節能研究中心能源管理監控螢幕	87
圖 4-68 節能研究中心展示區	87
圖 4-69 節能研究中心天窗遮蔽研究區	87
圖 4-70 節能研究中心外觀	88
圖 4-71 節能研究中心東側實驗立面	88
圖 4-72 節能研究中心屋頂綠化實驗區植栽種類與構造設計	88
圖 4-73 清華大學節能研究中心研發課題架構簡介看板	89
圖 4-74 清華大學節能研究中心綠建築設計簡介看板	90
圖 4-75 清華大學節能研究中心能源與管理系統簡介看板	91
圖 4-76 清華大學節能研究中心奧運場館節能設計評估成果看板	92
圖 4-77 世紀財富中心雙層外牆構造	93
圖 4-78 雙層外牆空氣層進氣口	93
圖 4-79 10 樓訪客區節能照明	94
圖 4-80 10 樓訪客區遮陽百葉與健康牆板	94
圖 4-81 晝光輔助之視覺穿透型遮陽百葉	94
圖 4-82 細孔設計之遮陽百葉	94
圖 4-83 戶外水景設施（施工中）	94
圖 4-84 高隔熱性能外牆與玻璃帷幕構造	94

圖 4-85 世紀財富中心獲得美國 LEED 黃金級認證 (2004 年)	95
圖 4-86 北京世紀財富中心綠建築節能設計效益評估簡介	95
圖 4-87 北京世紀財富中心區位與平面配置圖	96
圖 4-88 北京世紀財富中心建築節能設備列表與 VAV 空調系統示意..	97
圖 4-89 坦佩雷 Härmälänranta 永續住宅開發區原址工廠設施	98
圖 4-90 坦佩雷 Härmälänranta 永續住宅先期開發區完成現況	98
圖 4-91 SKANSKA 公司 Härmälänranta 永續住宅個案工程告示.....	99
圖 4-92 Härmälänranta 永續住宅個案高反射外牆及導入南向日照	100
圖 4-93 Härmälänranta 住宅雨水排水管及玄關過篩導水格柵	102
圖 4-94 坦佩雷市區至 Härmälänranta 住宅開發區智慧公車系統	102
圖 4-95 Härmälänranta 住宅社區、新建區與區域供暖設施	103
圖 4-96 Härmälänranta 永續住宅開發區雨水排水、滲透及貯留設施 ...	103
圖 4-97 Härmälänranta 永續住宅採預鑄式開放建築工法施作	104
圖 4-98 Härmälänranta 永續住宅施工完成現況.....	104
圖 4-99 City Green Court 地面層平面圖	105
圖 4-100 City Green Court 標準層平面圖.....	106
圖 4-101 City Green Court 南向與東向立面.....	106
圖 4-102 City Green Court 外觀各向立面.....	106
圖 4-103 西向立與中庭採光天井	107
圖 4-104 中庭與室內簡單明亮裝修	107
圖 4-105 中庭室內綠化.....	107
圖 4-106 戶外透水鋪面與植栽綠化	108
圖 4-107 入口透水鋪面設計.....	108
圖 4-108 中庭樓梯.....	108
圖 4-109 戶外透水鋪面與植栽綠化	108
圖 4-110 入口透水鋪面設計.....	108
圖 4-111 中庭採光與綠化.....	109
圖 4-112 地板出風式空調送風設計.....	109

圖 4-113 西向立面遮陽板與敷地透水設計及雨水截水溝	109
圖 4-114 西向立面垂直遮陽設計	110
圖 4-115 City Green Court 通過美國 LEED 認證項目之簡介說明	110
圖 4-116 芝加哥綠色科技中心 LEED 白金級認證	111
圖 4-117 芝加哥綠色科技中心入口	112
圖 4-118 芝加哥綠色科技中心正面外觀	112
圖 4-119 芝加哥綠色科技中心採光天井與浮力通風口	113
圖 4-120 芝加哥綠色科技中心敷地透水鋪面與綠化設計	113
圖 4-121 芝加哥綠色科技中心雨水收集貯留槽	114
圖 4-122 綠色科技中心志工展示透水建材模型	115
圖 4-123 綠色科技中心志工介紹省水器具	115
圖 4-124 與伊利諾大學共同建立的太陽光電發電與木構造實驗屋	116
圖 4-125 千禧公園 Cloud Gate 與高層建築	117
圖 4-126 千禧公園 Cloud Gate 與與互動民眾	117
圖 4-127 千禧公園 Cloud Gate	117
圖 4-128 千禧公園 Jay Pritzker Pavilion 音樂廣場	117
圖 4-129 Diamond Valley Lake Visitor Center 入口	118
圖 4-130 Diamond Valley Lake 湖區設施展示看板	118
圖 4-131 Westerncenter museum 建築外觀	119
圖 4-132 節約水資源宣導展示台	119
圖 4-133 太陽光電與自然能源展示模型	120
圖 4-134 Diamond Valley Lake 水力發電設施解說海報	120
圖 4-135 水力發電設施機組運轉模型	120
圖 4-136 氣候變遷減緩與調適的關係圖	121

摘要

關鍵詞：氣候變遷調適、綠建築、智慧建築、智慧綠建築

一、研究緣起

面對全球氣候變遷，對於生態環保與能源永續的需求日益殷切，加上高齡化與少子化的社會經濟風險到來，如何結合並運用智慧及綠色科技的突破與創新，以及網路、雲端技術與物聯網等的應用普及，來對應自然與社會環境的衝擊挑戰，近年已成為全球各國家與地區所面臨的永續發展之政策課題與重點。隨著電腦及資訊通訊科技發展，尤其是網路的普及應用，除綠建築規劃設計技術外，將 ICT 技術應用於節能領域，是二十一世紀聯合國環境規劃署（UNEP）、世界經濟論壇（WHF）及各國認為極具發展潛力的作法，依據行政院核定之推動方案，內政部積極展開綠建築與智慧建築的整合與推動工作，以智慧綠建築為發展基礎，應用各項 ICT 技術提供服務，包含 IOT 物聯網、雲端應用服務、大數據及開放資料（Open Data）模式等，藉由智慧科技系統設施相助實施包括城市治理、居住安全安心、節能管理、交通運輸、產業創新等應用服務，有效提供城市居民在生活、工作、交通、教育、醫療、照護、休閒等服務，建置更安全便利、健康舒適且節能永續的居住環境，2016 年行政院再核定「永續智慧城市-智慧綠建築與社區推動方案」，更將智慧綠建築由建築點推向社區線、城市面等發展，以建設節能永續的智慧新臺灣，本計畫即擬從科研角度蒐集國內外智慧綠建築研發成果、制度現況與案例資料，分析研議未來發展策略與主軸。

二、研究方法及過程

本研究首重蒐集並檢視國外先進國家及地區之智慧綠建築科研文獻與標章

系統之發展現況，並將針對國內現有智慧綠建築標章科研發展與評定制度現況，進行比較分析，據以研提我國智慧綠建築科技研發方向與架構，規劃未來發展願景。我國刻正由智慧綠建築點逐步邁向社區線與城市面發展，參考國際間蓬勃發展的綠建築、永續環境、智慧建築 ICT 產業，以及因應氣候變遷調適下的韌性城市概念，政府科技發展計畫如何對應臺灣環境與氣候特徵，規劃具體可行的科研藍圖，作為政策措施擬議的根基，將是本計畫執行的核心。

我國目前智慧綠建築科技研發以綠建築科技面向較為完整紮實，智慧建築科技計畫則偏向應用推廣內涵，相關智慧建築研究課題礙於 ICT 科技與建築、設備系統技術的差異，相關關鍵技術與專利授權問題，始終未能有完整的研發戰略，包括整合建築產業、設備系統開發方與供應商、乃至於系統整合與服務技術等，故本計畫將在綠建築科研基礎下，嘗試探討研議下一階段智慧建築或智慧綠建築、社區科技發展架構與策略，俾能作為引領我國智慧綠建築科技發展的標竿。

本研究執行內容包括：

- (一) 蒐集與比較分析我國與先進國家在智慧綠建築政策制度、科技研發方向與案例資料。
- (二) 藉由組織架構階層分析，配合綠建築的發展經驗，導入我國領先國際的 ICT 技術與產業服務，研議可行的科研方向與課題。

三、研究發現

- (一) 依據國際智慧綠建築發展的經驗，智慧綠建築在整體建築技術層面而言，是包含了被動式與主動式建築設計的範疇，被動式綠建築從生態、節能、減廢與健康四大面向導入新建建築物之永續設計，從建築本體創造的優質性能；而主動式智慧建築，則以建築安全、健康、便利、舒適、節能、永續相關的

設備面向著眼，分別在綜合佈線、資訊通信、系統整合、設施管理、安全防災、節能管理、健康舒適、智慧創新等 8 大指標設備項目逐一落實。

(二) 智慧綠建築政策歷經綠建築推動方案、生態城市綠建築推動方案、智慧綠建築推動方案及永續智慧城市-智慧綠建築與社區推動方案的推動後，已建立紮實的基礎，並將從建築點擴大到社區線、城市面，近期並積極推動智慧社區實證計畫，將能透過實際案例落實應用智慧綠建築技術的經驗，帶動臺灣全面拓展永續智慧城市理念。

(三) 創新低碳綠建築、智慧建築、智慧社區、智慧城市及近零耗能建築為目前國際永續建築與環境科技研發的主軸，現階段研究課題與未來政府科技研發計畫應積極規劃，並配合總統政見有關創新產業發展方向審慎研議。

(四) 規劃國際及兩岸智慧綠建築科技研發合作與交流活動，積極參與國際會議發表分享研發成果，爭取跨國合作與產業輸出的機會。

四、建議事項

建議一

智慧綠建築科技研發主軸應順應環境所面臨的危機與挑戰，從環境、資源、安全、健康與產業發展等面向依序評估，導入科技研發、政策引導、規範管理與成果應用的整合服務機制，完整考量土地、建築與人的供需平衡，規劃循環永續智慧綠建築科技研發整合服務方案，從環境（溫室氣體排放、暖化、都市熱島效應）、資源（水、能源、電力及建築資材）、土地（生態體系、承载力與容受度）及人（安全、健康與舒適）等主軸方向規劃具體計畫課題，並將綠建築與智慧建築發展內涵縱橫連結，以健全新建建築物設計施工管理，並達到既有建築效能提升延長年限的積極目標：立即可行建議。

主辦機關：內政部建築研究所

建議二

在既有國家建築實驗設施與研發技術的基礎上，積極尋求產學合作與國際交流機會，研議合作研發體制，增加計畫維運的彈性與滾動檢討空間：長期性建議。

主辦機關：內政部建築研究所

建議三

參照國際建築研究會議針對未來建築科技研發議題規劃之重要專題演講，包括從新興經濟體和發展中國家發展永續建築與營建體系的創新商業契機、歐盟資助的FP7建築科技研究方案（協同整體設計實驗室和嵌入式節能建築的方法）、建築設計與管理研究路線圖及芬蘭推動永續智慧社區發展的個案經驗等，協助公私部門營造節能永續低碳智慧綠建築，後續可納為循環永續綠建築創新環境科技發展主軸規劃的參考：長期性建議。

主辦機關：內政部建築研究所

ABSTRACT

Keywords: climate change, green building, smart building

In the face of global climate change, the demand for sustainable environmental protection and energy growing, coupled with the aging of the social-economic risks of the arrival of less child, how to breakthrough in green technology and innovation of ICT technology has become the policy issues and priorities of world's countries and regions to cope with the impact of natural and social environment challenges in recent years. In addition to green building design technic, ICT technology will be applied to the field of energy conservation by the United Nations Environment Program (UNEP), the World Economic Forum (WEF) and lot of countries to do great potential for green smart building development. According to the promotion of the smart green building program, approved by the Executive Yuan, the Ministry of the Interior actively carry out green building and intelligent building integration and promotion work within the application of ICT technology services, including IOT networking, cloud application services, big data and open data model. Through the intelligent science and technology system facilities, ABRI help to implement a sustainable living environment, effectively to provide urban residents in the life, work, transportation, education, health care, care, leisure and other services, safe and convenient, healthy and comfortable and energy-saving. The Executive Yuan re-approved " Green Building and Community-Promotion Program " in 2016, and forced the smart green building from the building point to the community line, the development of urban areas, to build energy-saving and sustainable Taiwan.

This research focuses on the perspective of scientific research, policy and cases, for the planning of future development strategies and spindle in Taiwan and abroad. According to the experience of the international smart green building development from UK, USA, Australia, Canada, Japan, Korea, etc., the intelligent green building is contains the passive and active architecture design category, passive green building from ecological, energy saving, waste reduction and health for the new building in the whole construction technology level. And the active intelligent building technologies, including the building safety, health, convenience, comfort, energy-saving, sustainable-oriented equipment-oriented, one by one implemented respectively in the integrated wiring, information and communication systems integration, facilities management, safety and disaster prevention, energy management, health and comfort, innovation and other intelligent indicators of the eight major projects.

Finally, this research proposed that innovative low-carbon green buildings, intelligent buildings, intelligent communities, smart cities and near-zero energy- consumption buildings are the mainstays of the international R&D of sustainable buildings and

environmental technologies. At present, research projects and future government R&D programs should be actively planned and coordinated. Furthermore, international and cross-strait of smart green building science and technology research and development cooperation and exchange activities should be planned strongly, and participating in international conference actively for publish and share the research and development achievements, for transnational cooperation and industrial output opportunities.

第一章 緒論

第一節 研究背景與動機

在全球氣候變遷下，對於生態環保與能源永續的需求日益殷切，加上高齡化與少子化的社會經濟風險到來，如何結合並運用智慧及綠色科技的突破與創新，以及網路、雲端技術與物聯網等的應用普及，來對應自然與社會環境的衝擊挑戰，近年已成為全球各國家與地區所面臨的永續發展之政策課題與重點。

全球暖化與氣候變遷的議題持續受到全球關注，從 2011 年 12 月在南非德班（Durban）召開的聯合國氣候變化綱要公約（UNFCCC）第 17 次締約國會議（COP 17）、2012 年 12 月在卡達杜哈開的 COP 18 會議、2013 年 11 月波蘭華沙召開的 COP 19 會議及 2015 年 12 月法國巴黎召開的 COP 20 會議及其後所達成的氣候協定，均確認了全球必須努力把溫度上升控制在 1.5~2°C 的範圍以內，各國因應減碳承諾與減碳路線必須仰賴挹注更大量資金發展綠能產業與減碳措施。國際間許多國家政府不得不開始思考如何在產業發展和促進環境永續之間找到一個平衡點，並且尋找新的科技與生活型態來支撐相關永續政策的推動，以建築部門而言，ICT 綠色產業概念，已被視為兼顧帶動產業發展及確保環境永續的發展策略，在此背景下，全球主要國家對於「綠建築」與「智慧建築」所能發揮的減碳效益與產業推升效益，均予高度重視，並催化了「智慧綠建築」的快速發展。^[1]

面對氣候變遷的嚴肅課題，上世紀末全球發展出新的「永續發展」思維，已成為人類最重要的課題，國際上不論地區國家，都必須加強對當地的環境努力及強化國際間相互的合作，以謀求人類最大的福祉。世界各國（包括美國、歐盟、日本等國際組織及國家）皆積極倡導環境保護，發展節能減碳的綠建築，期降低對環境的衝擊。目前全球各國已經有 26 個國家建立綠建築標章制度，「綠建築」在歐洲稱為「永續建築」、日本稱為「環

境共生建築」，美加與臺灣都稱為「綠建築」，基本理念大致相同；臺灣從 1991 年左右，即體認建築開發與使用對生態環境、資源與能源耗用等節能與環境議題之重要，1997 年開始積極致力於綠建築、綠建材與永續環境技術的研究發展，並在 1999 年底建立綠建築標章評估制度，為全球第 4 個實施具科學量化且是第一個適用於熱帶及亞熱帶的綠建築評估系統。

而利用網路整合提升建築內部空間各項系統，並藉由外界服務支援滿足使用者需求，以提升居住環境之安全及加強對高齡者之照護，也是因應高齡社會的重要方法之一。因此結合綠建築技術與 ICT 設備、系統以達到節能永續、安全舒適、健康便利的智慧綠建築，已成為當前全球建築發展的趨勢，為了推動臺灣智慧綠建築的應用與發展，臺灣於 2004 年即建立「智慧建築評估系統」，藉由標章制度引導臺灣建築產業逐步朝向智慧化方向發展；此外，行政院亦於 2010 年核定「智慧綠建築推動方案」，積極展開綠建築與智慧建築的整合與推動工作，以智慧綠建築為發展基礎，應用各項 ICT 技術提供服務，包含 IOT 物聯網、雲端應用服務、大數據及開放資料（Open Data）模式等，藉由智慧科技系統設施相助實施包括城市治理、居住安全安心、節能管理、交通運輸、產業創新等應用服務，有效提供城市居民在生活、工作、交通、教育、醫療、照護、休閒等服務，建置更安全便利、健康舒適且節能永續的居住環境，2016 年行政院再核定「永續智慧城市-智慧綠建築與社區推動方案」，更將智慧綠建築由建築點推向社區線、城市面等發展，以建設節能永續的智慧新臺灣。

二、研究目的與範圍

本研究首重蒐集並檢視國外先進國家及地區之智慧綠建築科研文獻與標章系統之發展現況，並將針對國內現有智慧綠建築標章科研發展與評定制度現況，進行比較分析，據以研提我國智慧綠建築科技研發方向與架構，規劃未來發展願景。我國刻正由智慧綠建築點逐步邁向社區線與城市面發展，參考國際間蓬勃發展的綠建築、永續環境、智慧建築

ICT 產業，以及因應氣候變遷調適下的韌性城市概念，政府科技發展計畫如何對應臺灣環境與氣候特徵，規劃具體可行的科研藍圖，作為政策措施擬議的根基，將是本計畫執行的核心。

我國目前智慧綠建築科技研發以綠建築科技面向較為完整紮實，智慧建築科技計畫則偏向應用推廣內涵，相關智慧建築研究課題礙於 ICT 科技與建築、設備系統技術的差異，相關關鍵技術與專利授權問題，始終未能有完整的研發戰略，包括整合建築產業、設備系統開發方與供應商、乃至於系統整合與服務技術等，故本計畫將在綠建築科研基礎下，嘗試探討研議下一階段智慧建築或智慧綠建築、社區科技發展架構與策略，俾能作為引領我國智慧綠建築科技發展的標竿。

三、研究方法

本計畫將以文獻回顧與比較歸納等 2 種方法，進行我國與先進國家在智慧綠建築政策制度與科技研發方向之資料蒐集與比較分析，包括智慧綠建築科研成果、標章制度與成效、政策措施與國際合作等，藉由組織架構階層分析，配合綠建築的發展經驗，導入我國領先國際的 ICT 技術與產業服務，期能提出可行且具開創性的科研方向與課題。

第二章 氣候變遷與臺灣智慧綠建築發展現況

第一節 全球氣候變遷與我國調適政策

依據政府間氣候變遷專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）發表的氣候變遷第五次評估報告（IPCC AR5）指出，氣候系統觀測的變化顯示暖化是明確的，大氣和海洋變暖，冰雪的數量減少，海平面上升，溫室氣體的濃度也增加；最近的3個10年比1850年以來每個10年都溫暖，在北半球，1983-2012年可能是近1400年來最暖的30年。海洋部分，1971年至2010年間地球氣候系統能量的增加主要反應於海洋暖化，因為超過90%的能量累積於海洋中，而上層海水(0-700m)溫度的暖化，幾乎確定在1971年-2010年期間發生，但也可能發生於1870年代到1971年間。冰雪圈部分，過去20年格陵蘭與南極的冰層持續損失質量，冰川退縮也繼續在世界各地發生，北極與北半球春雪覆蓋面積則持續減少。海平面部分，從19世紀中期至今的全球平均海平面上升速率已經超過在過去的兩千年的平均上升速率，1901年至2010年間，全球平均海平面上升了0.19公尺(0.17-0.21)。另大氣中的二氧化碳、甲烷及一氧化二氮濃度已經上升到過去至少80萬年來前所未有的程度。大氣中二氧化碳的濃度跟工業時代以前相比增加約40%，主要來自化石燃料排放，次為土地利用改變造成的排放；海洋吸收了約30%的人為產生的二氧化碳排放，造成海洋的酸化，自1750年以來，大氣二氧化碳濃度上升，對氣候變遷的總輻射作用力增加的影響最大。因此，人類對氣候系統確實有明顯的影響，包括：大氣與海洋的暖化、全球水循環變遷、冰雪減少、全球平均海水位上升、某些極端氣候的變遷。建築、商業、運輸或農業所排放的人為溫室氣體則已被公認是造成目前全球氣候暖化的主要原因。

因應未來全球與區域的氣候變遷，國際間在大氣溫度預測與溫室

氣體排放、能源耗用的相關性，正積極推動相關研究。在所有 RCP 情境下，除了 RCP2.6 情境（RCP2.6 的情境是指每平方公尺的輻射強迫力在 2100 年增加了 2.6 瓦）之外，相對於從 1850 至 1900 年間，21 世紀末的全球地表溫度的改變可能超過攝氏 1.5 度；在 RCP6.0 與 RCP8.5 情境下，可能超過攝氏 2 度，在 RCP4.5 情境下，超過攝氏 2 度也比較可能發生；而在所有 RCP 情境下，除了 RCP2.6 之外，2100 年以後暖化持續。在 21 世紀的暖化情況下，全球水循環變遷將不會一致；在所有的 RCP 情境下，由於海洋持續暖化以及冰河與冰層質量縮減，全球平均海平面上升速率很可能會超過 1971-2010 年間觀測到的速率。除了部分區域會有例外，乾溼區與乾濕季的降雨對比會增加。（資料來源：<http://tccip.ncdr.nat.gov.tw/AR5/>）

依據台灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫(TCCIP)分析結果[3]發現：1911 至 2009 年期間，台灣地區近地表的年平均溫度上升了 1.4°C，增溫速率相當於每 10 年上升 0.14°C，較全球平均值高(每 10 年上升 0.074°C)；在未來，以科學家認為未來世界最可能的發展情境(A1B)為例，推估 21 世紀末台灣地區的溫度上升幅度介於 2.0-3.0°C，略小於全球平均值的上升幅度。為因應氣候變化正在發生的強烈證據，IPCC 主席帕卓里博士在 2008 年時公開呼籲：「假如在 2012 年前沒任何行動的話，就太晚了。接下來的兩、三年是決定我們未來的關鍵時刻」，因此包括台灣在內的各國政府已經體認氣候變化是當今最大、長期的挑戰，所以莫不積極地尋求以及採取適當的調適作為。

因應全球氣候變遷與溫室效應的影響日益明顯，除了減少溫室氣體排放的行動外，必須有更積極的調適作為，行政院於 101 年 6 月 25 日院臺環字第 1010036440 號函核定「國家氣候變遷調適政策綱領」，透過政策引導社會與經濟發展模式的改變，在極端氣候與暖化效應下持續謀求生存、生活與發展，與減緩同等重要的調適策略。而臺灣因地理與地質因素，地震及颱風發生頻繁，災害（土石流及洪泛）潛勢

地區遍及全國，極端氣溫與降雨將加劇災害發生之頻率及規模；該項綱領先以分析臺灣氣候變遷情況及未來推估，並據以訂定政策願景、原則與政策目標，同時考量臺灣環境的特殊性與歷史經驗、國際調適經驗，分別就災害、維生基礎設施、水資源、土地使用、海岸、能源供給及產業、農業生產及生物多樣性與健康等 8 個調適領域受氣候變遷的衝擊與挑戰，提出因應調適策略、推動機制與配合措施。

(<http://www.ndc.gov.tw/cp.aspx?n=5E865E40CA33E974&upn=5A6FC15150F6BF01>)

台灣約有 70% 的人口居住於都市。隨著城市規模的擴大，都市熱島效應(urban heat island effect)的情形日益顯著。一項調查[4]指出台灣前三大城市(依序是台北、台中和高雄)的熱島強度(urban heat island intensity)達 4.5°C、3.2°C、2.7°C。日趨嚴重的熱島效應加上全球暖化趨勢使得都市微氣候(urban micro-climate)愈來愈惡化，這也讓建築師設計建築時面臨更加嚴峻的挑戰。

建築物本身做為分隔戶外氣候和室內環境的界面(interface)，所以建築的能耗量，特別是空調系統能耗，與室外氣象參數息息相關。戶外氣象參數在全球氣候暖化的大背景下，正發生變化：未來發生高溫的日數將增加，低溫度的日數則會減少。毫無疑問的，這將對建築物的能源使用，特別是空調能耗，帶來某種程度的衝擊。另一方面，受惠於建築技術的進步，當今建築物的生命週期短則三、五十年，長則甚至接近一百年，意謂往後建築物的拆除重建將會是相當緩慢的。況且，全球建築物能耗貢獻了 40% 碳排放量，在台灣建築能耗約占全國總能耗的 30%。因此，若想要在未來的氣候下，在建築中實現能源的合理使用，不論是從節能設計的角度，還是運轉管理的角度，如果不弄清楚氣候對建築動態的影響，可能會帶來不必要的能源浪費。

第二節 臺灣綠建築科技研發與標章制度

2.1 綠建築科技研發計畫演進

綠建築科技計畫是以符合「人本健康、地球永續」精神，積極發展符合臺灣亞熱帶及熱帶氣候條件與生態環境之綠建築，並強化綠建築產業技術發展，開創臺灣低碳節能的營建科技新契機，以達成「循環多樣的自然生態」、「節能再生的低碳家園」、「潔淨健康的生活環境」與「國土建設永續發展」為主要政策目標。創新低碳綠建築環境科技計畫是延續前期「永續綠建築與節能減碳科技中程綱要計畫（100-103 年）」，配合行政院核定實施之「永續智慧城市-智慧綠建築與社區推動方案」擴大推動智慧綠建築之政策方針與方向、「溫室氣體減量及管理法」、104 年「巴黎氣候協議」、國家性能實驗中心設施營運與本土綠建築及綠建材檢測技術開發、104 年度全國能源會議相關共識意見、以及國內外最新研究動態等議題詳予規劃，並以綠建築生態、節能、減廢、健康四大主軸及綠建築評估家族系統為基礎，賡續加強相關節能減碳技術研發與應用，以及擴大綠建築與永續環境推動政策施行之有效策略。

現階段計畫為創新低碳綠建築環境設計技術與科技研發之主軸計畫，分就「低碳綠建築與節能減碳科技」、「生態環境與低碳城市評估機制」、「創新低碳建築材料工法技術與開發應用」、「綠建築法制教育與應用推廣」四大領域，積極辦理基礎研究、調查研究、設計技術與材料研發、生命週期成本分析、產業推廣策略、國際接軌交流等。執行時著重上中下游各計畫之整合，研究成果可提供其他計畫應用；下游計畫則為政策面公共建設計畫之執行與應用，如永續智慧城市-智慧綠建築與社區推動方案等，將綠建築科技研究成果，落實於法規、基準、規範、國家標準等，俾利全面推動並達成國土永續建設之整體政策目標。^[2]



圖 2-1 臺灣綠建築科技研發沿革^[3]

資料來源：內政部建築研究所金檔獎參獎海報



圖 2-2 臺灣綠建築科技研發歷程與主軸方向^[4]

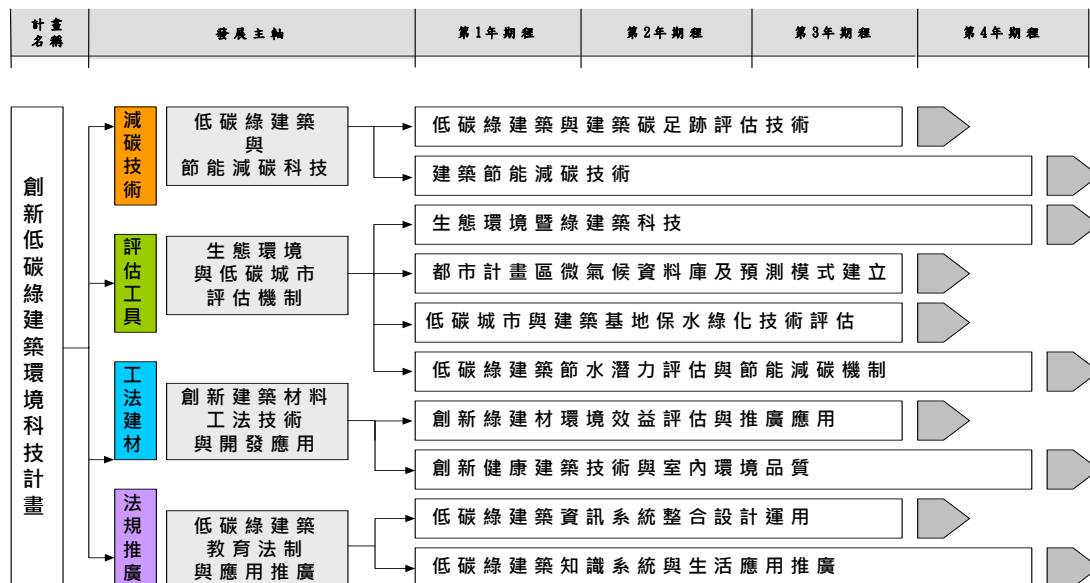


圖 2-3 創新低碳綠建築環境科技計畫發展主軸^[2]

2.1.2 綠建築推動策略與現況

2.1.2.1 綠建築內涵及評估指標

依據臺灣「綠建築評估系統」對綠建築的定義為：在建築生命週期中，消耗較少資源，使用較少能源、產生較少廢棄物，及兼顧健康舒適之建築物。

2011 年臺灣綠建築評估系統 EEW H 以「綠建築評估手冊-基本型」(EEWH-BC)為基準，發展出包含「住宿類」(EEWH-RS)、「廠房類」(EEWH-GF)、「舊建築改善類」(EEWH-RN)和「社區類」(EEWH-EC)等五種評估系統；基本型適用於除住宿類、廠房類、舊建築和社區以外的新建或既有建築物；住宿類則適用長或短期有住宿功能之新建或既有建築物；廠房類則以一般室內作業為主的新建建築或既有工廠建築為對象；舊建築改善類是針對使用執照為三年以上，且建築更新樓板面積不超過 40%以上之既有建築物；社區類的適用對象則包含面積 1 公頃以上之鄰里單元社區、新開發或既成住宅社區、農村或原住民聚落、住商混合區等類型住宅社區，或科學園區、工業區、大學城、商業區、工商綜合區與物流專用區等非住宅社區。



圖 2-4 EEW H 家族評估體系適用範圍^[5]

資料來源：綠建築評估手冊，2015

綠建築在建築類之評估內容係以基本型為基礎，其他廠房類及住宿類則依據其建築使用特色，酌予調整其評估內容，如廠房強調性能驗證、住宿類則加強其自然通風等。至於基本型之評估內容，主要考慮臺灣亞熱帶氣候特性及掌握本土建築特色，依生態（Ecology）、節能（Energy Saving）、減廢（Waste Reduction）及健康（Health）四大指標群，再細分為 9 項指標，包括生物多樣性、綠化量、基地保水、日常節能、CO₂ 減量、廢棄物減量、室內環境、水資源、污水垃圾等，以量化之標準作為評估依據，構成完整的「綠建築評估系統」基礎。至於舊建築改善，則是考慮臺灣目前舊建築比例約佔 97%，且多數舊建築於設計時並未將綠建築納入規劃，這些建築多存在極大改善潛力，為鼓勵這些建築物進行改善，特別以其改善前後之性能比較作為評估依據，依據 2015 版手冊規定，合格級門檻介於 3.25 %至 13%，鑽石級則介於 12.5 %至 50%之間，但針對大規模建築物及耗電強度強的建築物均有優惠，故各等級標章評定須視個案狀況而定。而社區類則是將原先建築物擴大，期望由點到面，形成更完整的區域，評估內容包括社區生態、機能、治安等以符合社區使用機能為主要項目。



圖 2-5 臺灣綠建築標章評估系統發展沿革^[3]

EEWH 的整體架構是依生態、節能、減廢、健康四大範疇和生物多樣性、綠化量、基地保水、日常節能、CO₂ 減量、廢棄物減量、室內環境、水資源和污水垃圾改善等九大指標所建立。而各 EEWB 評估系統之差異如表 2-5 所示。分別說明如下：1.EEWB-BC、EEWB-RS 和 EEWB-RN 以四大範疇和九大指標為架構，其中，EEWB-RS 在日常節能指標中多一項「固定耗能設備」，而 EEWB-RN 則多一個減碳指標；2.EEWB-BC 和 EEWB-RS 的門檻指標皆為節能和 water 資源指標，此為必要檢討項目，而 EEWB-RN 則無門檻指標；3.EEWB-GF 仍以四大範疇為主，但指標項增加高階主管承諾、空調系統測試調整平衡 TAB、綠色交通、再生能源、員工休閒健康管理指標、創新指標和環境彌補措施；在生態範疇內取消「生物多樣性指標」，在日常節能指標

中多一項「能源成本評估」；室內環境指標中增加「空氣品質」之項目；門檻指標則有高階主管承諾、空調系統測試調整平衡 TAB 和日常節能指標。

表 0-1 EEWB 家族的內容差異

手冊類別	大範疇	指標數	門檻指標	TAB制度
EEWH-BC	EEWH	9	節能、水資源	無
EEWH-RS	EEWH	9	節能、水資源	無
EEWH-GF	EEWH	19	高階主管承諾，設備TAB，節能	有
EEWH-RN	EEWH 或 減碳指標		無	有
EEWH-EC	五範疇	22	無	無

資料來源：綠建築評估手冊 2015 年版

2.1.2.2 綠建築推動策略

臺灣於 1999 年完成「綠建築評估系統」，並自同年 9 月開始推動實施，制度推動初期，因屬自願性質，成效有限，為擴大綠建築政策，行政院於 2001 年核定實施「綠建築推動方案」，規定公有建築物總工程造價在 5,000 萬以上者，需強制申請綠建築認證，由政府帶頭推動綠建築，自然形成綠建築產業之市場機制及環境。綠建築評估制度訂定之初並未分級，惟為鼓勵設計者追求較佳之綠建築設計，2007 年訂定分級制度，綠建築評估依其得分高低，分為合格、銅、銀、黃金及鑽石五個等級，如此可有效區分判別綠建築的高下優劣，以利提升更優良的綠建築技術工法研發，自 2007 年實施以來，許多申請案例為達到較佳的分級等第，爭相辦理綠建築設計改善，以提升企業的形象與榮耀，充分達到「政府」、「民間」及「環境永續」三贏之局面。另為鼓勵其他亦能符合綠建築精神之建築技術與創意，臺灣現行之綠建築評估系統，對於與綠建築生態、節能、減廢、健康四大範疇有密切關係而不能量化、不能計算的巧思，或一些合乎環境美學、健康舒適、環境調和、自然生態的建築設計，已訂有加分升級的相關規定，藉以廣納並表彰其特殊的綠建築設計創意。此外，為進一步提升臺灣

綠建築技術，參酌美、日、英等國家之綠建築評估制度，將原有一體適用的綠建築評估通用版本，於 2012 年完成綠建築評估手冊－基本型（EEWH-BC）、住宿類（EEWH-RS）及廠房類（EEWH-GF）等 3 類不同建築類型分類之專用綠建築評估手冊修訂，同時針對臺灣目前比例佔比較多之既有建築及社區，分別訂有綠建築評估手冊－社區類（EEWH-EC）及舊建築改善類（EEWH-RN）（如圖 4）之專用綠建築評估手冊，其中舊建築改善及社區類於 2012 年 7 月 1 日開始實施，其他 3 類則於 2013 年 1 月 1 日開始實施，使臺灣正式邁入綠建築分類評估時代。

2.1.2.3 綠建築標章推動現況

臺灣「綠建築評估系統」是針對熱帶及亞熱帶氣候條件所建立之「綠建築九大評估指標系統（EEWH）」進行評估，評估重點為建築設計規劃上強調簡潔的造型，避免濫用建材資源、過量設計，鼓勵藉由適當建築座向、開窗面積、基地綠化及基地保水等設計手法，以達到建築物節能減廢與健康舒適要求，同時具有調節氣候、增加大地涵養水能力、增進土壤生態等緩和都市熱島效應及減少都市洪水發生率等功能，進而提供一個健康舒適並兼顧永續發展的居住環境。由於綠建築強調減量設計，一般而言，相較於一般建築，興建綠建築費用並不會提高，但是在部分建蔽率較高之建築物，由於在綠化量、基地保水等項目不易得分，所以可能採用設置太陽能電板或使用 Low-E 玻璃等作法，則可能會造成費用提高。至於實施綠建築後，相較於一般建築物可達到之效益主要有以下幾項：

- （1）降低建築開發對環境之衝擊，善盡世界公民責任，並達到降低都市熱島效應等。
- （2）節約資源，平均節約用電量 20%，用水量 30%。
- （3）創造健康室內環境，增進居住環境品質。
- （4）促進建材及節能技術研發，推動綠色產業發展，促使傳統產業

轉型，提升產業競爭力。

綠建築標章評估制度包括針對完工建築物頒發之「綠建築標章」，以及針對完成規劃設計依據書圖評定通過的「候選綠建築證書」兩項，主要是希望藉由候選證書的評定，提供事先評估並調整不適當設計的機會，減少建築物完成後無法修改或必須耗費更大成本改正的狀況。截至 2016 年 6 月底止，已有 5,879 件公私有建築物取得標章或候選證書之評定（如圖 5），總樓地板面積約 6,216 萬平方公尺，不只案件數量逐年增加，民間自發性申請標章之比例，更從早期的 6% 逐年提升，到 2015 年已達到 40%（如圖 6）。獲得綠建築標章認證的建築物，無論是在節電、節水或降低 CO₂ 排放等方面，均較一般建築物有更好的成效。整體而言，總計這些綠建築完工啟用後，在未來長達 40 年的生命週期中，估算每年約可省電 14.78 億度，省水 7,000 萬噸。若按每度（噸）水需耗 1 度電計算（含都市供水、揚水及淨水處理），則兩者合計減少之 CO₂ 排放量約為 83.5 萬噸，其減碳效益相當於 5.62 萬公頃人造林（約等於 2,154 個臺北大安森林公園面積）所吸收的 CO₂ 量，合計每年約可節省水電費約新台幣 58.74 億元。

我國綠建築政策之發展，自 88 年起迄今已歷經 15 個年頭，循序從基礎技術研究擴展至建立綠建築與綠建材標章制度，同時積極應用推廣；另於 97 年及 99 年分別報奉 行政院核定「生態城市綠建築推動方案」及「智慧綠建築推動方案」，開創國際間以政府政策導向全面推動綠建築的先例。建築技術規則於 2004 年 3 月 10 日增訂第十七章綠建築專章，開啟了綠建築法制化的新頁，並自 2005 年 1 月 1 日實施「綠建築設計技術規範」，2009 年 7 月 1 日則將前述建築技術規則十七章章名修正為「綠建築基準」；該張部分條文及設計技術規範並於 2012 年 5 月至 6 月賡續修正施行。

綠建築政策實施以來，已累積公有新建建築物實施綠建築設計豐富的示範經驗，進而引導民間綠建築觀摩跟進，依照內政部相關單位

統計顯示，102 年綠建築標章新建建築案總樓地板面積占年度使用執照總樓地板面積已達 11.91%，可見綠建築在臺灣發展蓬勃可期。

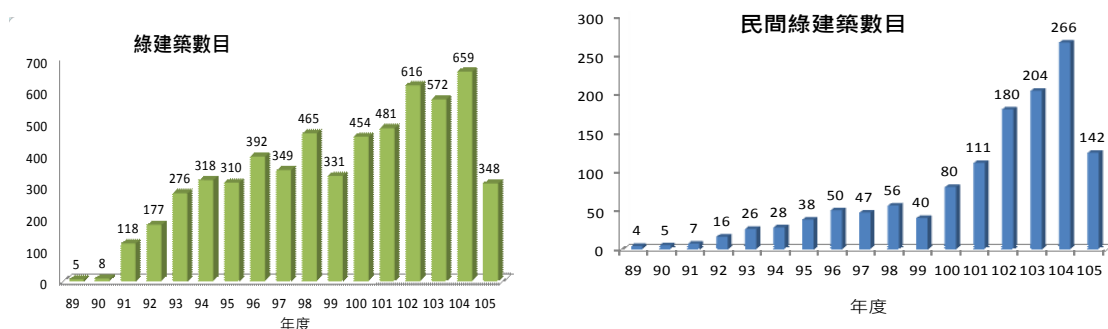


圖 2-6 綠建築標章核發數與民間綠建築數量統計圖

資料來源：內政部建築研究所，2016.07

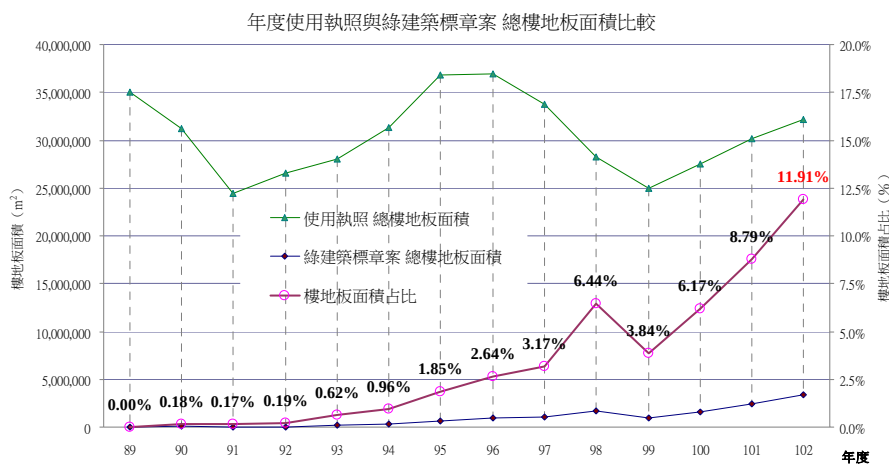


圖 2-7 綠建築標章案與全國建築總樓地板面積占比分析

(資料來源：本研究整理，營建統計年報 (2013)、綠建築標章統計 (2014))

第三節 臺灣智慧建築科技研發與標章制度

2.2.1 智慧建築科技研發計畫重點

智慧化環境科技發展推廣計畫主要目標在加速建築產業應用符合社會需求之智慧科技，帶動產業升級發展，探討範圍涉及：配合「行政院國家資通訊發展方案 (101 年至 105 年)」、「智慧綠建築推動方案」、「友善關懷老人服務方案第 2 期計畫」及「黃金十年國家願景」

等重要新政策，並銜接「100 至 103 年度智慧化居住空間產業發展推廣計畫」之成果上，廣續推動智慧化居住空間相關技術與整合應用及智慧建築認證制度等中長期措施。^[6]

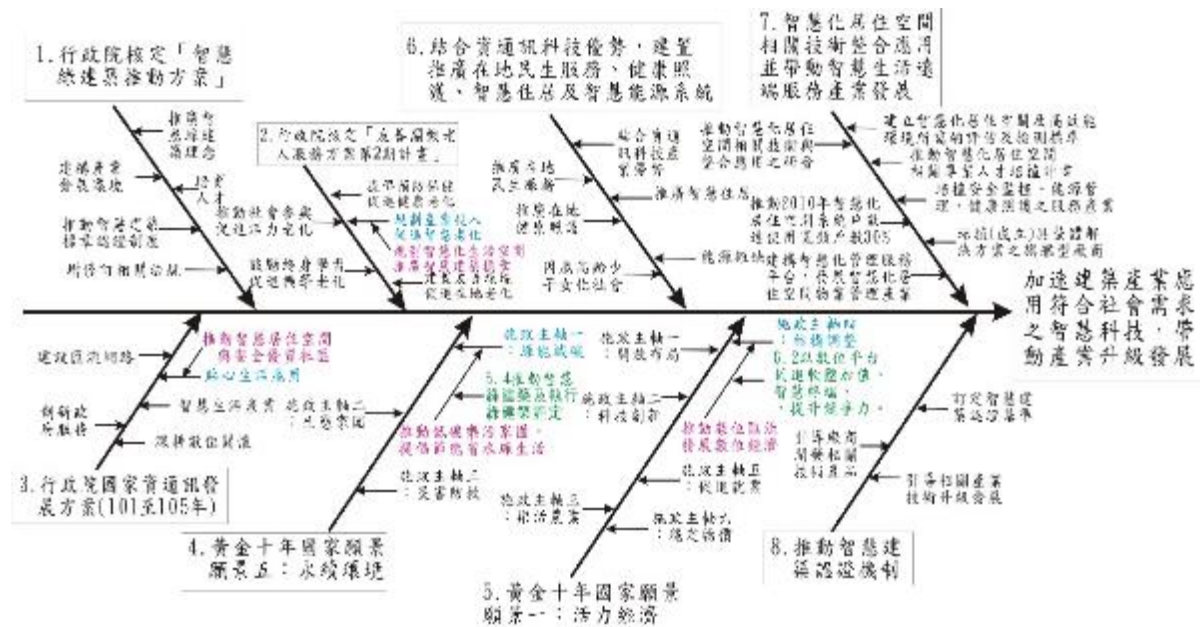


圖 2-8 智慧化環境科技發展推廣計畫問題與策略關連分析^[6]

資料來源：內政部建築研究所，2014 年 4 月

2.2.2 智慧建築推動策略與現況

2.2.2.1 智慧建築內涵及評估指標

我國自 1989 年將智慧建築相關觀念引進之後，早期智慧建築設計係業主為提高企業形象及提高建築物附加價值而採行，引進國外技術，而國內並無相關法令規範或評估方式可以評定智慧建築。內政部建築研究所自 2003 年建立智慧建築評估系統之後，已開啟我國智慧建築之依循方向與評估標準，其後因應國際間智慧建築技術發展，於 2011 年進行智慧建築解說與評估手冊改版，「智慧綠建築推動方案」並於 2013 年開始要求 2 億元以上新建公有辦公廳舍，需取得候選智慧建築證書及智慧建築標章，以下對於目前我國智慧建築之評定方式與內容行概要說明。

為使評估制度更簡便易操作及加強評估內容之明確與客觀性，

2014 年再邀請智慧建築之專家學者及具申請經驗之業界先進組成編審小組，分別針對各評估指標之內容，邀請該指標之原執筆委員與該領域之專家學者進行逐項檢討，為使評估內容更完備周延，於 2015 年 5 月完成草案後，進行網路徵詢及辦理多次說明會徵詢各界意見，針對 2011 年版標章個案進行試評，並檢討分級評估配分級距，於 2016 年 2 月完成修訂，並自 2016 年 7 月 1 日起開始實施。修訂重點主要包括分級方式由指標數改為總分制、調整指標項目、簡化評估內容、鼓勵智慧創新、明確說明各評估項目應檢附之圖說文件與鼓勵項目之計分標準，同時配合制訂申請參考範例等。^[7]

（一） 2011年版智慧建築評估指標

2011 年版智慧建築解說與評估手冊共有 8 項指標，並依各指標性質區分為「基礎設施指標群」及「功能選項指標群」，其中「基礎設施指標群」為建立智慧建築之基礎設施必須實施內容，爰屬智慧建築評估必須全數通過之指標項目，共計有綜合佈線、資訊通信、系統整合、設施管理等 4 項。另為彰顯建築智慧化，針對各指標基準於建築智慧化重要性之不同，將評估指標基準區分為基本性基準、必要性基準及鼓勵性基準指標等三大類，智慧建築之評定通過各有不同之得分要求。8 項評估項目包括「綜合佈線指標」、「資訊及通信指標」、「系統整合指標」、「設施管理指標」、「安全防災指標」、「健康舒適指標」、「貼心便利指標」、「設備節能指標」等。

- 1.綜合佈線指標：指標項目區分為6項目：（1）佈線系統規劃設計（2）佈線系統可支援之服務（3）佈線系統導入時機與流程管制（4）佈線系統等級與整合度（5）佈線系統管理機制（6）佈線新技術導入程度。
- 2.資訊及通信指標：指標項目區分為8項目：（1）廣域網路之接取（2）數位式（含IP）電話交換（3）公眾行動通信涵蓋（含共構）（4）區域網路（5）視訊會議（6）公共廣播（7）公共天線及有線電視（8）公共資訊顯示及導覽。

- 3.系統整合指標：指標項目區分為5項目：（1）系統整合之程度 （2）系統整合之方式 （3）整合管理方式 （4）系統整合平台 （5）整合的安全機制。
- 4.設施管理指標：指標項目區分為2項目：（1）使用管理 （2）建築設備維護。
- 5.安全防災指標：分為建築物防災與人身安全兩部分
 - （1）建築物防災之指標項目區分為3項目：（a）防火系統 （b）防震抗風系統 （c）防水系統。
 - （2）人身安全之指標項目區分為3項目：（a）防盜系統 （b）防破壞系統 （c）防有害氣體系統 （d）緊急求助系統。
- 6.健康舒適指標：指標項目區分為6項目：（1）空間環境指標 （2）視環境指標 （3）溫熱環境指標 （4）空氣環境指標 （5）水環境指標 （6）健康照護管理指標。
- 7.貼心便利指標：指標項目區分為3項目：（1）空間輔助系統 （2）資訊服務系統 （3）生活服務系統。
- 8.設備節能指標：指標項目區分為5項目：（1）能源監視系統 （2）能源管理系統 （3）設備效率 （4）節能技術 （5）再生能源設備。

（二）2016年版智慧建築評估指標

2016年版智慧建築評估除仍分成五等級（合格、銅、銀、金、鑽石級）外，再調整評估內容中基本規定為智慧建築之門檻，符合所有基本規定之要求者為合格級，至於銅級以上者，則依據該案鼓勵項目之得分加總後判定其等級，鼓勵項目總得分與智慧建築等級判定如表2-2。

表 2-2 鼓勵項目總得分與智慧建築等級判定表^[7]

等級	銅級	銀級	黃金級	鑽石級
得分	50 分以上未達 90 分	90 分以上未達 120 分	120 分以上未達 140 分	140 分以上

有關智慧建築評估內容之指標配分、評估內容訂定原則、提升評

估之客觀性、鼓勵創新及依建築使用類別調整評估內容等，分別說明如下。

一、指標配分原則

智慧建築評估內容依其性質分為八項指標，分別為綜合佈線、資訊通信、系統整合、設施管理、安全防災、節能管理、健康舒適及智慧創新；各評估指標內之評估項目，分成基本規定與鼓勵項目兩種：基本規定為智慧建築之門檻，各項目均不計分，符合所有基本規定之要求者為合格級，至於鼓勵項目總分為 200 分，各指標之權重原則如表 2-3。

表 2-3 各指標鼓勵項目配分原則

指標名稱	綜合佈線	資訊通信	系統整合	設施管理	安全防災	節能管理	健康舒適	智慧創新	合計
分數	30	30	40	30	17	30	10	13	200
占比	15%	15%	20%	15%	8.5%	15%	5%	6.5%	100%

二、評估內容訂定原則

- (一) 法規已有規定者，不納入評估，如無障礙相關規定等。
- (二) 無法客觀評估者，不納入評估，如色彩計畫等。
- (三) 與智慧建築無直接相關者，且非智慧評定人員專業可判斷者，不納入評估，如制震、耐震等。
- (四) 對提昇建築性能意義不大者，不納入評估，如甲醛、TVOC 偵測設備，由於該等有害氣體與室內裝修、新購置家具等有直接關係，可於需要時利用儀器偵測，無需固定偵測設備，反增維護困擾。
- (五) 各項性能項目需以達到該項性能才給分，並依據性能高低給予不同分數。如以室內二氧化碳濃度控制為例，如僅設置 CO₂ 濃度偵測系統裝置則不給分，必須設置 CO₂ 偵測系統連動排換氣

設備始給予分數。

- (六) 能源管理指標強調主動式節能感知、控制等與綠建築之日常節能指標之評估重點做適度區隔。

三、提升評估之客觀性及易操作性

- (一) 各項性能項目如分數大於 1 分者均明確說明如何取得較高分數，以減少爭議。
- (二) 考慮部分評估內容在候選階段無法提供，或在候選與標章階段，評估之重點應有不同，所以部分評估內容中會依評估階段分別說明，以符需求。
- (三) 明定各評估項目應檢附之圖說文件，並提供申請範例供參考。

四、鼓勵技術創新

- (一) 鼓勵創新設計與應用，應用智慧創新技術或設備系統經評定委員認定具創新意義者，最高可得 10 分。
- (二) 鼓勵設計者採用標準圖例，如全部弱電系統設計圖說皆採用內政部建築研究所於 103 年完成之電子圖塊製作圖說者，可以獲得 3 分。

五、依建築使用類別調整評估內容

考慮建築使用類別不同，對於智慧服務、設備系統之需求亦應有所不同，調整部分評估內容及鼓勵項目配分。

- (一) 依使用類型不同分為住宿類、辦公服務類及商業類等，其基本規定與鼓勵項目及配分作適度調整，惟為使評估具公平性，所有類別評估項目總分都是 200 分，所以各指標所占總分之比例如表 1.4 所示。
- (二) 在住宿類中，基本規定無須設置能源管理，至於鼓勵項目中則將視訊會議、公共環境資訊導覽等刪除，另加強門禁系統之計分等。

(三) 智慧建築評估內容依其性質分為八項指標，分別為綜合佈線、資訊通信、系統整合、設施管理、安全防災、節能管理、健康舒適及智慧創新；各評估指標內之評估項目，分成基本規定與鼓勵項目兩種：基本規定為智慧建築之門檻，各項目均不計分，符合所有基本規定之要求者為合格級。基本規定計有 29 項評估項目如表 2-4。智慧建築標章鼓勵項目依其性質分為八項指標，總計有 36 項，其中配合建築物使用類別不同，部分鼓勵項目內容及分數調整。

表 2-4 不同建築類別之各指標鼓勵項目總分與分數比例^[7]

建築類別 \ 指標名稱		綜合 佈線	資訊 通信	系統 整合	設施 管理	安全 防災	節能 管理	健康舒 適	智慧 創新	合計
住宿類		30 (15%)	20 (10%)	40 (20%)	30 (15%)	22 (11%)	30 (15%)	15 (7.5%)	13 (6.5%)	200 (100%)
非 住 宿 類	辦公服務類									
	休閒文教類	30 (15%)	30 (15%)	40 (20%)	30 (15%)	17 (8.5%)	30 (15%)	10 (5%)	13 (6.5%)	200 (100%)
	衛生福利 更生類									
	公共集會類 商業類 其他類	30 (15%)	30 (15%)	40 (20%)	30 (15%)	18 (9%)	30 (15%)	9 (4.5%)	13 (6.5%)	200 (100%)

表 2-5 基本規定評估項目表^[7]

指標名稱	項目
綜合佈線	1.1 佈線規劃與設計、1.2 佈線應用與服務、1.3 佈線性能與整合、1.4 佈線管理與維運
資訊通信	2.1 廣域網路之接取、2.2 數位式（含 IP）電話交換、2.3 區域網路、2.4 公共廣播、2.5 公共天線
系統整合	3.1 系統整合基本要求、3.2 系統整合程度、3.3 整合安全機制
設施管理	4.1 資產管理、4.2 效能管理、4.3 組織管理、4.4 維運管理
安全防災	5.1 防火系統、5.2 防水系統、5.3 防盜系統、5.4 監視系統、5.5 門禁系統、5.6 停車管理、5.7 有害氣體防制、5.8 緊急求救系統
節能管理	6.1 能源監視、6.2 能源管理系統、6.3 設備效率、6.4 需量控制
健康舒適	7.1 室內高度

（四）智慧建築評估指標與空間規劃相關項目

智慧建築評估指標與空間規劃較相關項目，基礎設施指標群主要在綜合佈線及資訊通信兩項指標。

綜合佈線做為提供智慧服務所需架構之網路的配線系統，其空間架構大體而言，依 TIA-568B（美國電信工業協會商業建築通信佈線標準），區分為外線引進設施（EF）、設備室（ER）、主幹配線系統（Backbone Cabling）、配線室（箱）（TC）、水平配線系統（HC）、工作區配線系統（WA）等，從架構上來看，係以建築物室內為主要佈線範圍。

因每個國家之標準或法令，對於類似之系統或設備的名稱、定義等因當地使用習慣與需求訂定而略有差異，為便於討論理解，僅就下一節討論之美國 TIA-568B（美國電信工業協會商業建築通信佈線標準）、中國大陸 GB50311-2007（綜合佈線系統工程設計規範）、國際標準組織 ISO-/IEC15018（家庭綜合佈線）及我國「建築物屋內外電信設備工程技術規範」相關之名稱與建築物之空間位置進行對照比較，如表 2-6。

表 2-6 智慧建築綜合佈線管線設備空間與建物位置對照表^[8]

建築物空間位置	我國「建築物屋內外電信設備工程技術規範」
地下室、一樓	引進設施、集線室（屋外電信管線設施、集線電信設備、電信引進管等）
地下室、一樓	電信室（電信室設備、總配線箱等）
垂直貫穿各樓層	垂直主幹配線系統（垂直管線、配線線纜等）
各樓層	主配線室（配線室電信設備）
水平連接各樓層	水平主幹配線系統（水平管線、配線線纜等）
各樓層分區	宅內配線系統（電信配線設備）

2.2.2.2 智慧建築推動策略與執行現況

「智慧建築評估架構」本智慧建築標章評定制度由內政部建築研究所主管，其評定方式採行政與技術分立，有關技術審查部分由內政部建築研究所依「智慧建築標章評定專業機構申請指定作業要點」指定之評定機構辦理。智慧建築標章評定制度分成兩階段，第一階段為候選智慧建築證書，於建築物規劃設計階段或施工時申請，符合相關規定並取得建造執照者，核給候選證書；第二階段為智慧建築標章，合法使用中之建築物，或新建建築物於建築物完工後即得提出申請，符合智慧建築相關規定且取得使用執照後，核給智慧建築標章。

至 105 年 6 月底智慧建築標章及候選智慧建築證書累計通過共計 159 案，其中包括 1 萬 2 千餘戶將智慧綠建築納入規劃設計的合宜住宅及公營住宅，且已陸續取得候選證書，完工後可讓全民共享普及化之智慧永續生活環境。

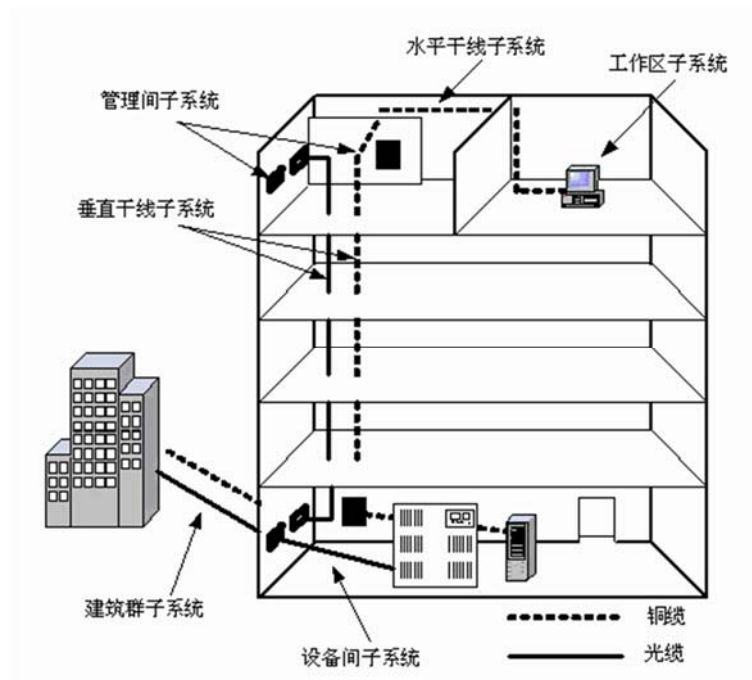


圖 2-9 綜合佈線系統空間結構示意圖^[9]

（資料來源：<http://lyj.fj61.net/upload/2014-11/14111908571935.gif>）

候選智慧建築證書申請流程圖

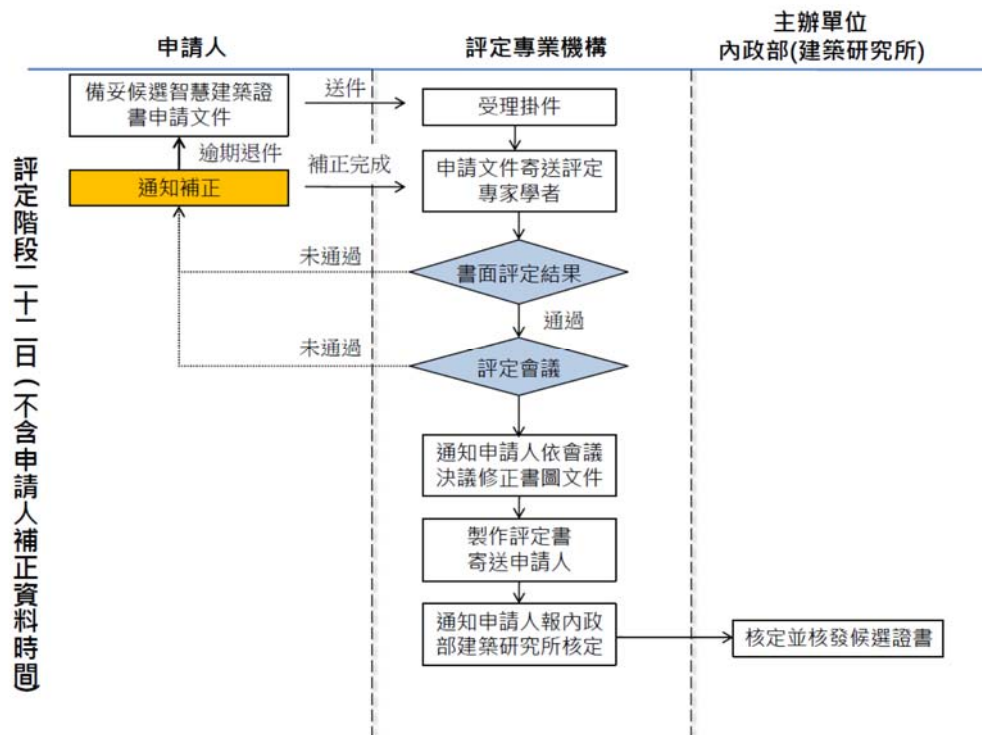


圖 2-10 候選智慧建築證書申請作業流程圖^[7]

第四節 臺灣智慧綠建築案例^{[16][17]}

一、臺北市立圖書館北投分館

臺北市立圖書館北投分館為地上 2 層、地下 1 層的木構造與鋼構造複合構造設計，基地位處於北投公園範圍內，建築本體向西面傾斜與原有地貌整合，可有效減少西向日曬得熱，屋頂採用覆土植栽綠化，並於南向屋頂面裝設太陽能光電發電設施；建築內部採光充分，自然通風性能良好，同時圖書館的閱讀空間亦延伸至戶外廊道的休憩空間，對於環境永續規劃與綠建築指標機能均充分考量，為我國第 1 座取得鑽石級綠建築標章的綠建築。



圖 2-11 臺北市立圖書館北投分館

（資料來源：本研究拍攝）



圖 2-12 臺北市立圖書館北投分館東南向立面（本研究拍攝）

二、台達電子工業股份有限公司南科廠

台達電子南科廠座落於台南科學園區內，為地上 4 層、地下 1 層鋼筋混凝土構造之健康環保綠色廠房，以「生態」、「節能」、「減廢」、「健康」為主要設計構想，為台灣首座通過黃金級綠建築九項指標的電子廠房，並包含多項綠建築創新科技設計手法，同時採取照明能源效率提升與綠化改善技術，為「黃金級」升級為「鑽石級」的綠建築廠房先例。

二期工程則以『會呼吸的建築』為理念，透過浮力通風及空調預冷系統的建築手法達到空調節能；研發實驗廠房則順應自然方位，引進適度的自然光線，並選用適度的遮陽板設計；為減少不必要的能源浪費，室內所有燈源皆採用台達自行生產的 LED 燈源，並於公共空間設置晝光自動點滅感應裝置；空調主機採離峰儲冰空調系統、冰水泵、水泵及散熱風扇則採用台達生產的變頻器；屋頂平台將雨水導入

筏基雨水回收池，並提供澆灌系統及部分衛生器具使用。



圖 2-13 台達電子工業股份有限公司南科廠（本研究拍攝）

三、台達電子工業股份有限公司桃園研發中心

台達電地桃園研發中心位於桃園龜山工業區，初期導入臺灣 EEWB 及美國 LEED 執行策略，落實節能減碳、永續環境與綠能投資成本回收的三贏成果，為下 1 層、地上 10 層鋼筋混凝土構造大型空間類建築，通過綠化量、日常節能、二氧化碳減量、室內環境、水資源及污水垃圾改善等 6 項評估指標項目之黃金級綠建築評定。延續該公司新建廠房必須是綠建築的政策，同時也充分應用自有發展的各種工業自動化技術和節能監控系統，全面導入台達節能與工業自動化產品和控制系統，設置太陽能板、LED 照明、水資源處理系統以及再生能源供電等節能裝置，台達可透過桃三研發中心的運作，獲得建築物自動化控制以及節能系統相關的實際數據以及使用經驗，隨時進行系統調整和功能驗證，預估未來一年可省下電費超過 5 百萬台幣、減少約 1 千公噸二氧化碳排放量；而採用節水器具以及雨水回收系統，每年預估節水可達到 75%(約 3 千公噸)。

本案並整合台達工業自動化與集團裡各項綠能產品與解決方案，包括變頻器、主動式電力回生單元、可程式控制器、人機介面、溫控器、雲端技術、室內外照明設備、太陽能面板、太陽能逆變器與充電樁，並可應用在例如燈光控制、HVAC 空調、電梯、水資源處理系統、再生能源供電等裝置。此外，整棟大樓的用電量將會傳送至 SCADA，

然後將資料視覺化並展現在 DLP 背投式電視主控牆上，能夠即時掌握節能動態並實施能源管理，可稱得上是一棟有高度智慧力的綠建築。



圖 2-14 台達電子工業股份有限公司桃園研發中心（本研究拍攝）

四、成功大學孫運璿綠建築科技大樓

本案設計屋頂綠化採用了 11 種耐旱-耐高溫-耐瘠-多年生-低維護-色彩豐富的植物，植栽土壤為利用水庫淤泥再製得到的多孔隙陶粒，除吸收大量水分減少水資源浪費，並具有良好的隔熱效果，另使用儲水型植栽槽及滴灌方式自動給水，減少浪費；開窗設計採用水平遮陽百葉及垂直混凝土遮陽板形式，減少直接日射。另在一樓博物館、二樓國際會議廳設計三個大煙囪引導自然通風，創造上升氣流引導四周辦公室之自然通風。屋頂空調設備以懸空結構支撐，與屋頂防水層分離設計，所有空調管路、給排水衛生管路皆採用明管設計，設備更新時不會傷及所有裝潢及結構軀體。基地的周圍地表設置大量的綠地與生態水池，具有良好的基地保水或透水能力，而硬鋪面則是使用舊輪胎回收再製的透水磚與可耐重壓的 JW 工法透水鋪面。本案以土方挖

填平衡為原則，減少廢土量，將開挖後之廢棄土方運置於成功大學安南校區，供園內其他基地填土使用。室內裝修使用環保生態紡織品，例如國際會議廳的地毯是以回收尼龍製造，會議室的窗簾則是以回收寶特瓶所製造。

本案天花板材、室內牆面環保漆、環保地毯、環保木作漆、環保電纜線等皆使用環保建材。屋頂設置通風器將廁所臭氣排出室外，辦公室設置百葉通風門，所有窗框皆有設換氣柵門；外牆保溫材為完全天然的岩棉，可隔熱保溫並維持室內的溫度穩定；另採用 UB-FINE 免手觸節水系統，達到免電源及省水的效果，同時規劃雨水儲集資源再利用之彌補措施，經由地面與屋頂收集雨水後，收集至筏基，作為景觀澆灌用水。屋頂則設置一處容量為 17.6 kW 的太陽能光電板，全年發電量為 22,484 kWh，約占本建築物總用電量的 14.3%（一般大樓為 1~5%），加上可隨季節變換調整角度的葉片造型光電板與瓢蟲雕塑都是在建築中增加一點趣味性。再來是以航空渦輪葉片設計技術設計風力渦輪葉片，起動風速低且可隨著風向的不同擺動到最佳方位，增加發電效率。



圖 2-15 成功大學孫運璿綠建築科技大樓（本研究拍攝）

五、交通部公路總局辦公大樓

本案屋頂及各樓層露台設計階梯式空中花園，降低室內熱負荷，並整合垂直綠化技術，創造人性化的綠色辦公空間；門廳挑空區域則以浮力通風原理強化自然對流，南北向開窗並設遮陽板，室內並導入高效率空調與智慧燈控系統，同時以二氧化碳濃度偵測系統控制新鮮外氣引入量，以確保健康空氣品質並提高能源使用效率；建築結構及隔間採輕量化設計，並將舊圍牆石材再利用作修補面及花台建材，減少二氧化碳排放及營建廢棄物。



圖 2-16 交通部公路總局辦公大樓^[17]

六、光世代建設-「光點」集合住宅案

本案在節能設計部分，主要以增加開窗與通風面積、採高效風扇促進自然對流、減少東西向開窗、利用錯層陽台增加外牆遮陽等技術手法為主，並導入自然採光與照明防眩設計，採用高效率照明燈具，另將能源使用管理納入中央監控系統即時監控，提升整體能源使用效率；室內則採用隔音良好的牆體、樓板及窗戶，同時減量裝修並廣泛採用綠建材，為住宅綠建築良好示範案例。

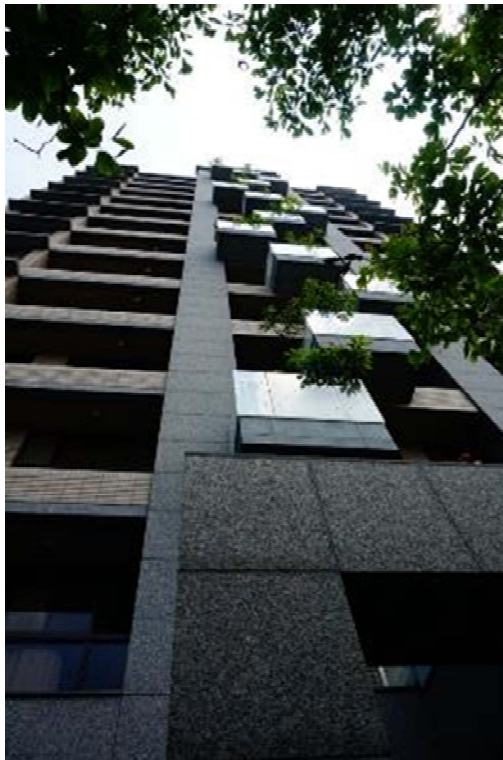


圖 2-17 光世代建設-「光點」集合住宅（本研究拍攝）

第五節 小結

智慧綠建築在整體建築技術層面而言，是包含了被動式與主動式建築設計的範疇，被動式綠建築從生態、節能、減廢與健康四大面向導入新建建築物之永續設計，從建築本體創造的優質性能；而主動式智慧建築，則以建築安全、健康、便利、舒適、節能、永續相關的設備面向著眼，分別在綜合佈線、資訊通信、系統整合、設施管理、安全防災、節能管理、健康舒適、智慧創新等 8 大指標設備項目逐一落實，相互關連如圖 2-11 所示。

智慧綠建築政策歷經綠建築推動方案、生態城市綠建築推動方

案、智慧綠建築推動方案及永續智慧城市-智慧綠建築與社區推動方案的推動後，已建立紮實的基礎，並將從建築點擴大到社區線、城市面，近期並積極推動智慧社區實證計畫，將能透過實際案例落實應用智慧綠建築技術的經驗，帶動臺灣全面拓展永續智慧城市理念。



圖 2-18 智慧建築與綠建築之相關指標內容圖

資料來源：呂文弘繪製，林宏霖更新。



圖 2-19 綠建築政策措施推動歷程

資料來源：內政部建築研究所，2016。

第三章 國際智慧綠建築發展現況

人類因長期無限制的使用環境資源，造成全球暖化速度加劇，近年來氣候異常變遷，在各地出現異常的豪雨或乾旱，使各地區的單位降雨強度遽增，豪大雨災害頻傳，以及許多地區異常且長時間的乾旱現象，全球暖冬現象尤其顯著，亦為半世紀以來的新高。對生命財產造成嚴重的影響。根據 2007 年氣候變遷綜合報告（IPCC, 2007）全球產業調查—建與生活息息相關的築業是二氧化碳排放量最高的產業之一，如何從興建、營運、到維護與拆除之全生命週期中，提高效能減低排放，進而成為各國關注的議題。國際間都積極透過智慧綠建築與社區相關技術發展，進行建築物生命週期碳排放減量控制，希望能達到降低產業環境衝擊的目的。

第一節 歐美與大陸智慧綠建築發展

相較於我國綠建築及綠色（生態）社區評估系統，國際智慧建築及智慧社區評估系統之發展較為緩慢，尤其智慧社區之評估方式，仍待持續發展，對於智慧建築，世界各地目前尚無公認之定義及也無一致認可之評估方式，對於先進國家及地區之智慧建築評估方式，略述如下。

一、美國智慧建築等級與智慧社區

最早的智慧建築被認為是 1984 年發展於美國，美國早期的辦公建築智慧化程度區分為 5 級，最低級別需具有包括冷暖空調、電梯、生命安全、及保安系統與能源管理系統的基礎設施，其最高級別要求在上述基礎設施上，再增加具有先進辦公自動化系統及包括視訊會議、高速語音及數據通信使用之寬頻信息處理服務。美國智慧建築之發展以民間產業及商業發展為主，雖無整體推動政策，但訂有自動化系統、通訊、及佈線的相關標準，作為業界執行的依據；另美國總務局

(U.S.GSA) 與美國能源局於 2009 年曾經進行智慧建築的商業案例與行動計畫研究，並於 2012 年以合約方式，導入 IBM 技術，以位於雲端的管理平台，監測建築物性能與相關數據，及時連接控制系統，進行其所管轄中 50 棟聯邦政府高耗能大樓的節能及效率改善，預期計畫完成後可減少 30% 的能源消耗。^[8]

二、加拿大的智慧建築商數 (CABA)

加拿大政府對於智慧建築亦無政策強制推動，是透過非營利的北美居家與建築自動化協會 (North America's Home & Building Automation Association) 在 2005 年發展可在網路線上使用的評估智慧建築商數 (Building Intelligent Quotient) 評估工具，其評估項目包括整體設計、教育訓練、子系統選擇、通信系統的價值參數、商業投資評估、系統表定功能、系統性能表現、系統聯結、及建築自動化系統設備等 9 項評估項目，並區分為專案管理、系統表定功能與性能表現、及系統於建築物之運轉等 3 部分分別進行評估。

三、歐洲的智慧建築評估矩陣工具

歐洲則是由英國建築研究所 (BRE) 結合希臘與法國的大學，再加上義大利的環境能源局及德國建築技術公司等，共同於加速智慧專案 (Smart Accelerate Project) 中發展智慧建築評估矩陣工具 (Matrix Tool)，提供做為評估智慧建築的工具，以建築環境、回應、功能、經濟議題及永續等五項主要性能指數為主，矩陣工具考量之五項參數因子為人群、系統、關鍵設備、建築管理及設計執行，矩陣交叉共有 25 項評估項目。

四、日本綠建築與智慧建築

依據國家發展委員會委託研究指出，日本綠建築標章分為「住宅省能等級標章」以及「建築環境總合性能評價」(CASBEE) 等 2 類，「住宅省能等級標章」主要是用來評判住宅的遮熱性能與建築設備的效率指標，僅限於獨棟建築使用，指標根據評價者分為藍色與綠色，

藍色由建商自行評價，綠色則由建築調查機關評價，另外搭配合格的遮熱性基準也為另一個等級。此等級標章自 2009 年開始推動，並沒有強制性，但針對消費者購買標章建築，可申請 20 年低利率房貸之優惠。建築環境總和性能評價（CASBEE）為同時考量室內外舒適度與景觀環境品質以及建物對外環境負荷的一種綜合性評價制度，不只針對既有建物與新建物，對於不同功能或範圍之建築，如學校、街道、都市皆可使用，從 S 最高級起，依序為 A、B+、B-、C 等 5 個等級。此標章自 2011 年開始推動，部分地區政府有強制性。

日本在智慧建築上的推動相當積極，2005 年前所探討的智慧建築稱之為「Smart House, Smart Building, Intelligent」，為日本第一代智慧建築，泛指網路等綜合佈線已完備之建築。2005~2008 年之間智慧建築由單點建築擴大至區域性之社區或城市，同時「Smart」的概念也從狹義的網路綜合佈線，擴大至廣義的透過網路或 ICT 技術所衍生的其他資源或服務，此類建築所構成之區域稱之為「Smart City, Smart Town」，為日本第二代智慧建築；2008 年後，日本智慧建築已進入第三代，探討的重點在於資源的服務化與共有化，意指透過 ICT 技術將建築物資源服務化或共有化（例如雲端服務），使用者本身不需「擁有」資源。日本智慧建築目前並沒有標章認證制度，而是由業者為主的 Smart House 推動委員會制訂出 Smart House 基本設計準則，包括共通規格與商業模式，並以此規格與商業模式進行實證實驗。商業模式所存在之主體定義為使用者（Home Server）、資訊儲存・提供者（Eco Server）以及服務提供者（Service Provider）。^[11]

五、大陸綠色建築評價體系

大陸國家標準《綠色工業建築評價標準》GB/T 50878-2013 於 2013 年 8 月 8 日發佈，自 2014 年 3 月 1 日起實施。《綠色工業建築評價標準》是大陸工業領域第一本綜合性綠色建築評價標準，具有指導絕大多數行業工業建築評價的複雜性。為了更好地實行《綠色工業建

築評價標準》，引導綠色工業建築健康發展，住房城鄉建設部組織中國建築科學研究院、機械工業第六設計研究院有限公司、中國城市科學研究會綠色建築研究中心等單位共同編寫了《綠色工業建築評價技術細則》，作為大陸綠色工業建築的規劃、設計、建設和管理提供更加規範的具體指導，為綠色工業建築標識的評價提供更加明確的技術原則和評判依據，推進綠色工業建築和相關評審工作發展。大陸綠色建築評價標準與技術細則如表 3-1 所列。^[12]

表 3-1 大陸綠色建築評價標準與技術細則一覽表^[13]

標準與技術細則檔案名稱	編號	發佈日期	實施日期
綠色建築評價標準	GB/T50378-2014	2014 年 4 月 15 日	2015 年 1 月 1 日
綠色工業建築評價標準	GB/T50878-2013	2013 年 8 月 8 日	2014 年 3 月 1 日
綠色辦公建築評價標準	GB/T50908-2013	2013 年 9 月 6 日	2014 年 5 月 1 日
綠色商店建築評價標準	GB/T51100-2015	2015 年 4 月 8 日	2015 年 12 月 1 日
既有建築綠色改造評價標準	GB/T51141-2015	2015 年 12 月 3 日	2016 年 8 月 1 日
綠色醫院建築評價標準	GB/T51153-2015	2015 年 12 月 3 日	2016 年 8 月 1 日
綠色建築評價技術細則		2015 年 7 月 27 日	
綠色超高層建築評價技術細則		2012 年 5 月 14 日	
綠色工業建築評價技術細則		2015 年 2 月 12 日	
綠色資料中心評價技術細則		2015 年 12 月 21 日	

大陸綠色建築評價標準對於節地的設置，涉及到容積率、綠地率、公共服務設施等前期規劃上的內容，與大陸自 1998 年開始推動的住房市場化改革及目前所處的住宅建設發展階段有關，因應大陸開發項目範圍廣的特點，該項綠色建築評價標準不僅對單體建築進行規定，同時也將前期規劃上所涉及的土地使用相關規定納入；臺灣綠建築標章除涵蓋生態、節能、減廢與健康等領域 9 大指標外，也建立綠建築家族評估體系，推動範疇包括基本型、住宿類、廠房類建築物、舊建築改善類及社區類等綠建築標章類型，將綠建築理念擴展至建

築、社區、城市尺度，社區類綠建築標章並已將都市熱島等納入評估項目；至於土地使用方面，則依循都市計畫與都市設計管制規則、非都市土地使用管制規則等規範實施管理。^[14]

表 3-2 兩岸綠色建築評價標準對比分析說明一覽表^[20]

項次	論壇報告分組	比較分析說明
1	節地與室外環境組	大陸之節地與室外環境指標約占全部體系權重的19%；臺灣生態指標群三項指標分別為生物多樣性、綠化量及基地保水指標共27%。 由於中國大陸綠色建築評價與臺灣EEWH指標系統的計分方式差異，在評估得分換算方面仍須回歸設計圖面，就各指標項目逐一進行評價。
2	節水與水資源利用	大陸之節水及水資源利用約占全部體系權重的20%、臺灣則約為8%，但臺灣水資源指標為門檻指標。 中國與臺灣的綠建築水資源設計概念均建立在“節水”的原則下，但中國較多規定項目是依循建築整體規劃的觀念，而臺灣則是較為注重建築本體與基地節水的設備設施應用。
3	室內環境質量組	大陸室內環境質量約占全部體系權重的18%、台灣則約為12%。基本上大陸與臺灣於室內環境所要求的取向大致符合。 臺灣EEWH室內環境指標為自願性評估項目，涵蓋室內環境控制與綠建材使用項目，並與強制性法規併行；大陸綠色建築評價標準則為一綜合性的法規規定，目前正推動地方強制性規定，未來對標分數計算時，仍須以整體面向關注的權重進行重新彙整。
4	節能與能源利用組	大陸節能與能源利用約占全部體系權重的28%、臺灣則約為32%，臺灣高於大陸且為門檻指標。 大陸的綠建築節能與能源利用設計概念，主要以符合其國家標準，並須檢視竣工圖說、運行紀錄與現勘；該項目以系統採用與運行節能成效為重點，視其節能效率提供審查委員較多權限酌予給分，並重視智能化控制之紀錄資料佐證，提供量化評價基礎。 臺灣綠建築節能與能源利用設計概念，主要落實在設計階段對於完整建築耗能與節能的定量計算評估，分別提供外殼耗能評估計算書、空調節能評估計算書、照明EL計算報告與圖說為佐證，檢視其竣工圖說與現勘；重視逐空間逐設備細項內容之技術計算，審查委員之權限為檢視計算報告書、判斷佐證資料、確認現場施作是否落實，建築能源智慧化控制則為另項智慧建築標章之認證項目。
5	施工管理組	大陸綠色建築評價標準體系7個指標中施工管理部分只在運行評價中評分，所占權重為10%。

		經比較臺灣EEWH、大陸綠色建築評價標準ASGB及美國LEED在本項指標的內涵，大致上符合，小組建議該項目獲得EEWH及LEED評定之得分，應可等同取得ASGB之得分建議。
6	運營管理組	大陸ASGB運營管理指標主要依靠物業管理，通過規範物業的管理能力，將節水、節能、節材、綠化四大指標方面從規劃設計建造階段延續到運營時期的監控與優化；臺灣EEWH並無將運營管理獨立成評價指標，運營管理階段系統的監控、物業的管理範圍以及操作規程也未提及。建議未來可將臺灣「智慧建築標章」相關規範納入對比範疇，以使兩岸綠建築對比研究更加完備。
7	節材與材料資源利用組	大陸節材與材料資源利用約占全部體系權重的17%、臺灣CO ₂ 減量及廢棄物減量指標則各約為8%，整體占比相當。大陸綠色建築條款在節材項中較為著重建築本身的安全及耐用性要素，其中納入部分國標標準，只要建築設計完全符合國標的要求，也會自動取得一部分的綠建築條款得分，在綠建築規範的推廣上較具有鼓勵作用。臺灣綠建築評估指標中與節材相關指標，則以建築結構設計合理性與構造選擇，及建築施工階段廢棄物減量為重點，兩岸標準有許多相似之處，因此未來可考量相互轉換評估的可能性。
8	申報審核管理及使用後評價組	臺灣綠建築申報審核管理及使用後評價制度歷經16年之執行與調整修正，已漸入穩定階段；然而大陸綠色建築申報審核管理及使用後評價制度部分，尚未能取得相關資料，有待進一步了解與比較。

大陸綠色建築評價標準希望藉由發展建築產業化，推動綠色施工取代傳統施工方式，以對應建築產業質量需求大與施工時程緊迫但缺工的現況；另因要求使用高強度鋼材，已促成產能結構轉變，但卻也影響營建產業的就業市場。臺灣則分別透過自願性的綠建築評估指標與強制性的建築技術規則綠建築基準規定，在既有成熟發展的營建技術支持下，規範並引導綠建築與綠建材相關業發展，同時對應面臨飽和的新建建築市場，逐步轉向都市更新及既有建築能源效率提升等領域，全面建構節能減碳智慧臺灣的永續生活環境。

臺灣除了發展推動綠建築標章評估指標外，並廣續推動綠建築推動方案、生態城市綠建築推動方案、智慧綠建築推動方案，目前另積極規劃永續智慧城市-智慧綠建築與社區推動方案，逐步將建築研究發展成果透過政策措施具體落實應用，引導營建產業轉型與技術發展，

未來的永續智慧城市發展方向，則可將大陸陸續推動國家級新區或經濟區規劃的執行經驗納入參考。

第二節 歐美與大陸智慧或綠社區發展

一、美國智慧社區

智慧社區（smart community）概念是 1993 年在美國加州矽谷首次被使用（Lindskog，2005），之後再由加州聖地牙哥州立大學於 1997 年啟動智慧社區計畫，並發展出智慧社區指導手冊供各界參考，同時建立智慧社區組織網站（www.smartcommunities.org），對外聯繫發布相關訊息。^[8]此外，2004 年在美國紐約成立智慧社區論壇（Intelligent Community Forum），論壇組織每年均辦理遴選全世界各地之智慧社區獎項，其做為智慧社區評估指標計有 5 項，包括：1.寬頻連接。2.知識勞工。3.創新。4.數位共融。5.市場行銷及宣傳。

二、ISO 智慧社區標準—ISO 社區永續發展技術委員會 TC268 及智慧社區標準

ISO 國際標準組織於 2012 年成立社區永續發展技術委員會 TC268，進行社區永續發展之標準化工作，委員會下設數個工作小組及智慧社區基礎設施 SC1 次級委員會，其架構如下圖。^[8]智慧社區基礎設施 SC1 次級委員會並在 2014 年完成公告 ISO/TR37150「Smart community infrastructures，智慧社區基礎設施（審查既有活動相關指標）」技術報告，且在 2015 年 5 月發布 ISO/TS37151「智慧社區基礎設施（性能指標原則及需求）」技術規範，其重點在能源、給排水、交通、廢棄物、及資通信（ICT）等五大部分，對於智慧社區基礎設施層級基本概念進行規範。

ISO/TS37151「智慧社區基礎設施」技術規範中包括 1.適用範圍、2.引用規格、3.用語及定義、4.概述（文件之概述及如何使用）、5.原則（包括採用定義及指標建立一個計畫時其使用原則）、6.確定評估指標

共通方法之要求事項等 6 個章節，以及附件與參考文獻。智能社區基礎設施領域標準化的目的，在促進社區基礎設施產品和服務的國際貿易及宣導有關前端技術資訊，建立一致性的產品標準，以改善社區的永續發展。

我國尚未針對智慧社區建立評估系統，一宗基地之社區，可以智慧建築之住宿類評估方式進行評估，對於多宗基地或跨基地間之智慧社區評估系統，尚待社會之需求程度，後續可參考綠建築評估家族進行開發建置。

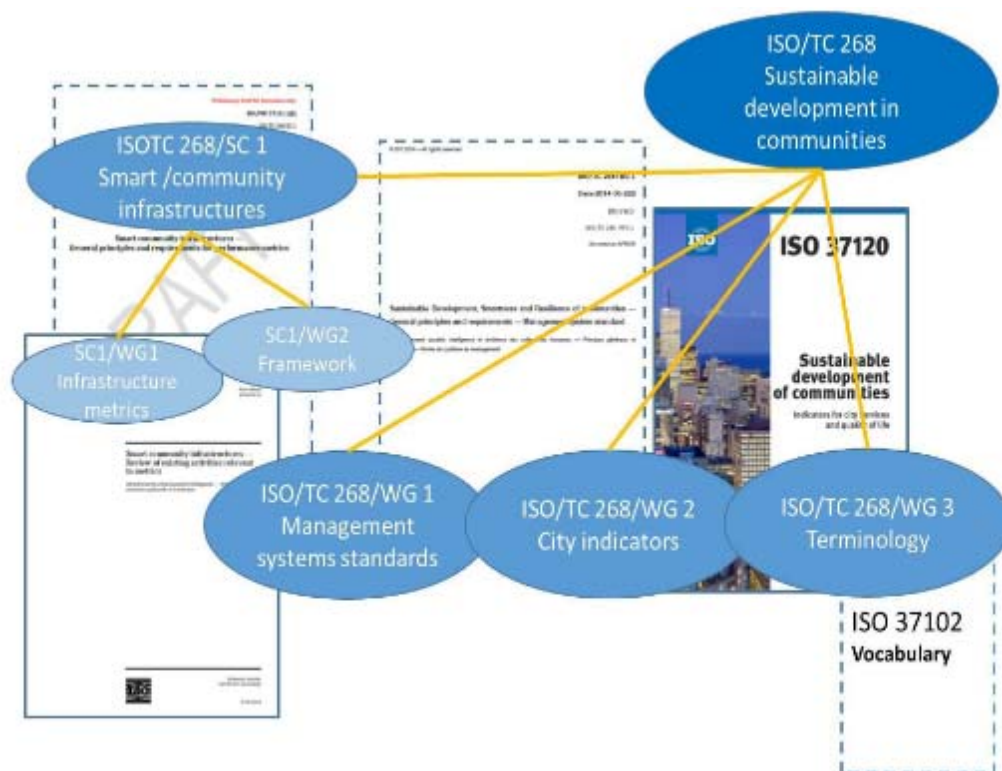


圖 3-1 ISO/TC268 系列標準工作組織圖^[8]

資料來源：Evgeny Avanesov，2014

三、日本綠建築 CASBEE 都市發展評估系統與智慧建築發展^[8]

有別於 CASBEE 系統大多以單一建築物為評估主體，CASBEE 都市發展（CASBEE-UD, Urban Development）則是以建築群為對象。承襲 CASBEE 一貫的理念，CASBEE 都市發展在評估項目上主要參考

CASBEE-新建築之 Q-3（建地內室外環境）以及 LR-3（建地外環境）而開發，是 CASBEE 多樣化發展的工具之一。

CASBEE 評估系統向來對於建築物之環境品質、機能（Q）以「提升建築物使用者舒適生活之品質與機能」為評估標準，但 CASBEE—都市發展的評估對象卻不以「建築物」為中心，而著眼於「建築群所影響的外部空間」，評估原則為「提升評估區域使用者（居住者、就業者、來訪者）舒適生活之品質與機能」。

四、美國綠建築 LEED-ND 評估系統^[8]

LEED 綠建築評估系統有五個主要項目：基地位址選擇、節約水資源、能源效率、材料與資源利用、室內環境品質等方面，而 LEED-ND 評估系統除延續這些項目外，並在不同的評估項目下納入必要條件與得分項目，強調基地位址之永續性，包括既有都市地區之活化再利用、節約用地、降低對汽車之依賴、促進行人活動、改善空氣品質、減低地表逕流之污染、以建造對各所得階層的居民依個更具可居性、更永續的社區。

LEED-ND 評估系統則延續 LEED-NC 之評分方式，包含必要指標與選項指標等兩類，評估項目共包括良好的位置與連結性、社區型態與設計、綠色營建技術、以及創新設計等四類，前三項為主要評估項目，第四項創新設計為選項指標優惠給分項目，並採用分級評估法進行等級評定。

五、大陸綠色低碳住區技術評估系統

大陸的智慧社區評價指標體系智慧社區建設指南係由中國大陸之「住房和城鄉建設部」發布實施，指南區分為 10 個章節，包括「總則」、「評價指標體系」、「總體架構與支撐平台」、「基礎設施與建築環境」、「社區治理與公共服務」、「小區管理服務」、「便民服務」、「主題社區」、「建設運營模式」、「保障體系建設」等，其中長期目標包括構建建康可持續的智慧社區建設環境，由此可見社區的永續發展亦是中

國大陸推動本項工作的重要目標。

前揭評估系統分別就「綠色生態住區評估體系」及「綠色低碳住區減碳評價」兩部分進行評估；「綠色生態住區評估體系」並以規劃設計階段及驗收階段 2 階段辦理評估；另「綠色低碳住區減碳評價」之評價，以住區每年每平方公尺的綜合減碳量為評估指標，通過分為三個等級，綜合減碳量達 $12\text{kg}/(\text{m}^2\text{a})$ 為 A 級、綜合減碳量達 $16\text{kg}/(\text{m}^2\text{a})$ 為 2A 級、綜合減碳量達 $20\text{kg}/(\text{m}^2\text{a})$ 為 3A 級。

五、臺灣綠建築社區類 EEWH-EC 評估系統^[8]

內政部建築研究所於 101 年「生態社區解說與評估手冊」(2012 年版)並開始實施，並於 2015 年進行修訂。生態社區評估手冊建立之評估系統包括生態、節能減廢、健康舒適、社區機能及治安維護等五大範疇，住宅型生態社區應評估五大範疇，非住宅型生態社區僅需評估三大範疇。生態社區評估系統五大範疇共有生物多樣性等 22 大指標及 69 項評估分項指標，每一分項指標均有計算公式可供計算評估。

EEWH-EC 生態社區評估系統與智慧綠社區空間規劃較相關者為「生態」、「節能減廢」、「健康舒適」、「社區機能」及「治安維護」等軸向；而生態軸向，其指標較相關者為「生物多樣性」、「綠化量」、「水循環」等大指標，其分項指標項目包括「生態綠網」、「小生物棲地」、「照明光害」、「二氧化碳固定量」、「基地保水」、「社區雨水中水系統」等；另「節能減廢」軸向，其指標較相關者為綠色交通之「自行車道」、「自行車停車場」及「電動車補充電站」，社區照明節能、再生能源、碳中和彌補措施等均較相關。至於健康舒適軸向，其指標較相關者，如都市熱島之戶外通風、友善行人步行空間之路橋、地下道、戶外休息座椅區及人行步道等；社區機能軸向之文化教育設施、運動休閒設施、生活便利設施、社區福祉等；治安維護軸向之空間特徵、防範設備與守望相助等均較智慧綠社區空間規劃相關。

第三節 國際近零能源建築發展

建築節能是全世界落實節能減碳的重要著力點，而零耗能建築更是最高標準的節能建築。零耗能建築主要是聚焦於能源使用的議題，希望往能夠在維持活動環境的舒適性下，透過建築節能設計技術和高效能設備的整合有效應用，再加上合理的再生能源使用，搭配能源資通訊智慧化管理，達到建築物零耗能的目標。

根據國際能源總署（IEA）統計，預估至 2030 年，建築部門耗能約占全球溫室氣體排放總量的 30%。因此，降低建築產業耗能已是全球節能減碳趨勢下，各國積極發展技術的方向。近年來，歐盟及美國等先進國家也紛紛針對零耗能建築（零排放建築）提出看法及規劃設計或實際案例，並且放入政策目標及法令規範，顯示零耗能建築是未來設計主流，例如：歐盟於 2010 年發出建築能源效率指令，訂定於 2018 年前所有公共建築物及 2020 年所有新建建築物，皆需達到接近零耗能目標；而美國柏克萊國家實驗室則提出於 2020 年達到淨零耗能屋的規劃，以節能 70% 耗能、產生再生能源 30% 之零耗能目標。

行政院亦於 2010 年 12 月 16 日核定「智慧綠建築推動方案」，希冀在既有綠建築基礎上，導入資通訊應用科技，發展「智慧綠建築」產業，成為領先國際的典範，落實台灣建立低碳島之政策目標。我國也成立「零耗能建築技術聯盟（ZEBTA）」，推動方向包括綠色建材、智慧綠建築及節能標章等，再以單元建築擴大推動至低碳社區，甚至是綠色城市及低碳島的建置，期許未來低碳島將有高達 55% 以上使用再生能源，亦或搭配各種節能技術，降低對外界能源需求，達到建築能源自給自足情形。

因應全球氣候變遷及能源日漸匱乏的趨勢，降低 CO₂ 排放為全球共同責任與義務，各國皆將達成國際減碳承諾列為未來重點能源政策，例如歐盟提出「2030 氣候與能源政策綱要」、美國歐巴馬政府於

2013 年 6 月提出氣候變遷行動計畫、臺灣、新加坡與韓國分別訂定 2020 年排放總量將較基準 (BAU) 情境減少 30%以上、16%及 30%的目標。故近年來世界各國積極發展零碳及低碳建築，推動節能減碳及綠色環保技術，將建築零耗能納入國家減碳目標期程，以減緩建築耗能對環境氣候的影響，近零能源建築 (nearly zero energy building, nZEB) 將是未來建築發展的主流。^[15]

目前國際間對於零能源建築的說法與定義大致可分為兩種，「淨零能源建築 (Net Zero Energy Building, NZEB)」與「近零能源建築 (Nearly Zero Energy Building, nZEB)」，「淨 (net)」與「近 (nearly)」的差別在於平衡狀態定義上些微的不同，尤其是「近 (nearly)」到底要多「近 (nearly)」，也未有明確的定義。但兩者其實都是指建築能源的平衡狀態，希望建築物每年產生的能源（如再生能源）相等於自身所消耗的能源。尤其零耗能建築需要仰賴再生能源來抵銷自身耗能，故進一步分類還又能再區分為「現場零耗能建築 (Site ZEB)」與「場外零耗能建築 (Off-Site ZEB)」。

表 3-3 零耗能建築的各種用語與定義^[15]

用語	定義
零耗能建築 (ZEB) 淨零耗能建築 (NZEB) 近零耗能建築 (nZEB)	建築物每年產生的能源（如再生能源）相等於自身所消耗的能源
現場零耗能建築 (Site ZEB)	建築物每年於建築物現場 (On Site) 產生的能源相等於自身所消耗的能源
場外零耗能建築 (Off-Site ZEB)	建築物每年於建築物現場產生及場外購得的再生能源相等於自身所消耗的能源。

零能源/近零能源建築 (ZEB) 意義為一棟低耗能的綠建築，其概念為日常耗能可以利用建築物設置的再生能源系統達到自給自足，兩者消抵銷後，耗能為零，CO₂ 排放量為零。然而就達成建築零耗能的方法而言，有其重要的先後順序。澳洲政府推動零碳建築減碳方案首要目標就是「建築節能」，亦即零耗能建築本身必須先透過各種節能設

計手法降低自身的耗能需求，其次才是考量如何在基地內生產再生能源，或自產能源不足時尋求外部再生能源（綠電）支援，才有機會透過自產能源抵銷耗能而成為零耗能建築。

歐盟預定在 2020 年規範所有新建建築物都要是近零耗能建築，相關先期研究與技術、政策發展方向，可供下階段智慧綠建築科技發展策略規劃研議參考。

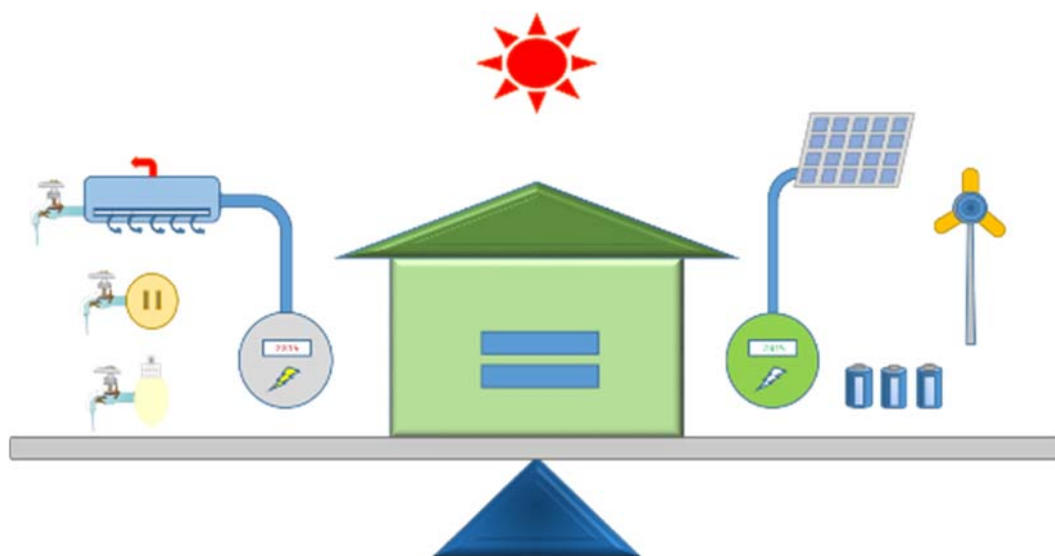


圖 3-2 零耗能建築概念（本研究參考^[15]繪製）

一、歐盟

歐盟 2003 年推出「建築物能源效益指令（Energy Performance of Buildings Directive, EPBD）」，最新規範目標為在 2018 年所有公共建物、2020 年所有新建物，皆需達到近（Nearly）零能源的目標，同時啟動了零碳/零能源技術的科技研發計畫，並且配合了許多新節能制度與法令規範的修訂，使 nZEB 成為具體明確的努力目標。目前歐盟約 35% 的建築物都已超過 50 年，透過提高建築物的能源效率，可以減少 5~6% 的能源消耗及約 5% 的碳排。

二、英國

英國 2006 年 9 月提出「永續住宅規範」（Code for Sustainable

Home, CSH)，作為英國新建住宅達成零碳住宅的方法，同年並修訂建築物規範（The Building Regulations），英國於 2016 前所有新建物必須達到國家節能標準，並擬定稅制配套優惠；2007 年起則推動家庭能源分級效率與標章制度（Energy Performance Certificates, EPCs），標示能源效率與溫室氣體對環境之影響值，透過 BREEAM 綠建築認證制度落實推動。2015 年 3 月再推出 Home Quality Mark 的制度，利用 5 顆星的分級，讓消費者能更清楚瞭解新住宅的性能。

三、德國

德國 2001 年 5 月制定「節能法」，要求建築物節能 30%，2002 年於節約能源條例 EnEV（Energieeinsparverordnung）明定建築能源護照政策，凡是建築交易或擴建必須出示其能源護照，標示其耗能與排碳值。2014 年 5 月新 EnEV 2014 中則以更嚴格的建築耗能標準，宣示在 2050 年所有的建築物必須都是零碳或「近氣候中和建築」（nearly climate-neutral）。

四、美國

美國 2007 年於能源獨立及安全法案（EISA 2007）要求 2030 年前之商業新建築需達到淨零能源（Net Zero Energy）、2040 年前 50% 商業建築需達到淨零能源、並於 2050 年前全部商業建築需達到淨零能源。美國針對淨零能源建築之推動，在 13514 行政命令中明定具體目標和時間表為 2020 年，以實現 2030 年零淨能源的目標。

美國柏克萊國家實驗室（LBNL）則提出在 2020 年達到淨零耗能屋的規劃，以節省 70% 耗能、自產 30% 再生能源的策略來達到實質零耗能，希望能在 2050 年前全面達到淨零耗能的目標；而因應世界潮流，美國建築師協會（AIA）也採納由 Architecture 2030 組織所提出的 The 2030 Challenge Targets 減碳目標，期能透過建築設計降低建築能源的使用，減緩建築物全生命週期對於氣候的衝擊。

五、日本

日本提出 2020 年所有新建的公有建築須為近零能源建築，在 2030 年新建建築須為近零能源建築的政策目標，因此在 2012 年 7 月決定 2020 年以前針對所有新建住宅、建築物設立「次世代節能基準」，要求所有樓地板面積達 300 m²以上住宅建築均需符合，未達 300 m²建築物則在 2020 年後逐步納入管理。除此，日本也推動 Top runner 與 Eco-Point 制度，從高效能家電設備切入節能建築，帶動整體產業發展。

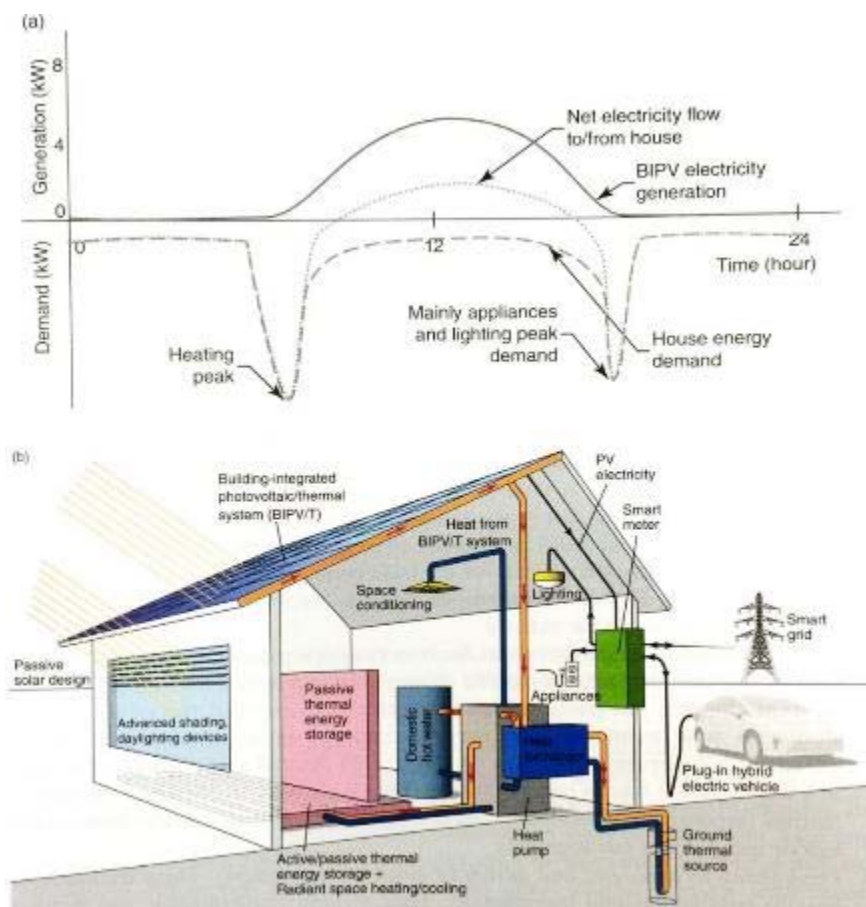


圖 3-3 加拿大近零耗能建築概念^[15]

資料來源：Modeling, Design, and Optimization of Net-Zero Energy Buildings, p.11 Fig. 2.2, 2012



圖 3-4 歐盟近零耗能建築的推動期程^{[15] [16]}

(資料來源：<http://solarthermalworld.org/content/austria-european-buildings-directive-demands-better-interaction-building-technologies>)

六、香港

香港智慧建築認證，屬民間團體推動之認證制度，尚未納入政府政策強制推動，目前是以香港亞洲智能建築學會（AIIB）出版智慧建築指標（最新版本為 2009 年 Intelligent Building Index V.4 版）作為推動依據，包括 10 項評估指標，共 377 個智慧建築評估項目，評定結果區分為 8 個層級。

七、大陸

大陸稱智慧建築為智能建築，目前對於智慧建築並無政策強制推動，最早是 1995 年上海市「智能建築設計標準」（華東建築設計院制定），並依照各類工程項目的使用功能、管理要求及工程工程建設的投資標準，將智慧建築劃分為甲、乙、丙三個等級。此外，大陸於 2000 年實施 GB/T50314-2000（智能建築設計標準）國家標準，適用於智能辦公樓、綜合樓、住宅樓的新建擴建、改建工程，及其他工程項目。

第四節 其他國際氣候變遷與建築耗能研究發展

全球暖化對建築能源性能的影響以及因應的建築調適策略或技術，近來在世界各地已成為熱門的研究主題。根據黃瑞隆的彙整資料顯示，在英國，Belcher 等首先提出一種稱為型態轉換方法(morphing

method)，將全球暖化模型對未來氣候的預測數據轉換成可供建築能耗模擬使用的逐時未來氣象年。Belcher 等提出的逐時未來氣象年製作方法，開啟了後續學者可以準確、方便的量化評估全球氣候暖化在世界各國對建築室內環境和能源消耗產生的影響的先河。Hacker 根據英國 UKCIP02 的全球暖化模型建立了 100(1980-2080)年的逐時氣象年，藉助動態模擬軟體，以分析全球暖化對不同被動式設計的影響。結果顯示到了 21 世紀中葉，英國的住宅大樓雖然無可避免要裝設冷氣，但是各種先進的被動式設計(包含遮陽、通風控制和熱質量)可以延後裝設冷氣的時程，以及提高建築能源效率。後來，Watkins 使用更新的全球暖化預測資料 UKCP09 和方法建構適用於各種建築能耗模擬軟體的逐時未來氣象年。

澳洲，Wang 等研究氣候變化對雪梨住宅建築的暖氣和空調能耗的影響，結果表明到 2050 年，暖氣能耗會降低 26%，冷氣能耗會增加 101%；到 2100 年，則是暖氣能耗降低 48%，冷氣能耗增加 350%。當溫度升高 2°C，暖氣與冷氣總能耗會增加 120%，當溫度升高 5°C，暖氣與冷氣總能耗會增加 530%；另評估了在不同的未來氣候狀況下，澳洲住宅的暖氣和冷氣的能耗需求以及相應的碳排放量。此外，根據三種大氣環流模型(General Circulation Model, GCMs)，製作澳洲不同城市的逐時未來氣象年，並用於建築能耗模擬，結果發現 2030 年後建築物能耗換算的碳排放量將發生相當多的變化。以一棟澳洲五星級的綠建築住宅為例，預測的碳排放增加量在達爾文市將達 30%，愛麗絲泉市是 15%，雪梨則是 19%。Zmeureanu 和 Renaud 則挑選了 11 棟既有建築，研究了全球暖化對澳洲暖氣能耗的潛在影響，結果表明在 2040-2069 年的暖氣能耗比 1961-1990 年降低 7.9%- 16.9%；Guan 總結有關於全球暖化對澳洲空調辦公樓影響的一系列研究成果，發現在未來氣候情況下，因地理位置不同，澳洲辦公樓總能源使用的增加比率從 0.4 到 15.1%不等。當年平均戶外溫度增加超過 2°C 時，過熱的危險率將顯

著增加。學者 Camilleri 等在紐西蘭進行了基於不同的全球暖化情景下，建築熱行為變化的相關研究。

在中東與非洲地區，另有學者研究從 1967-2006 年每 10 年室外設計條件的變化，發現伊朗德黑蘭濕球溫度會升高 3.28°C ，需要空調小時數會增加 15%；而且，濕球溫度的變化導致直接蒸發冷卻系統性能的降低。並且預測了至 2010 年，乾球溫度會再增加 1.05°C ，濕球溫度會再增加 2.42°C 。並且從 2016 年以後在德黑蘭直接蒸發冷卻可能會不再適用。其他學者則透過能耗模擬與分析，討論全球暖化對位於乾熱氣候區內的阿拉伯聯合大公國的空調能耗的潛在影響，以及能應付未來氣候的最有效措施，結果推斷如果阿拉伯聯合大公國的溫度上升 5.9°C ，可能使住宅的冷氣耗能量增加 23.5%。在未來幾十年淨 CO_2 排放量大約增加 5.4%。模擬結果顯示加強隔熱和熱質量的節能措施對於應付全球暖化是重要的，以及注意開窗面積與玻璃種類是有利的，然而遮陽設施對於減少 CO_2 排放量的效果是中等的。

在加拿大，Robert 和 Kummert 建立的蒙特婁未來 50 年每一年的逐時氣象年，並用這些未來氣象年來評估實際零能耗住宅在全球暖化下，其淨能耗的變化。該零能耗住宅在當初設計時有使用逐時氣象年進行能耗分析，確定其淨能耗是小於零的(即產生的能源大於消耗的能源)。逐年模擬的結果顯示在未來的 50 年裡，該住宅在多數的年份中無法達成淨零能耗的目標(即生產的電力無法滿足所消耗的電力)。Robert 和 Kummert 也分析了同一棟建築在美國紐約州的情況，得到和蒙特婁相近的結果，進而推估了氣候變化對加拿大既有住宅暖氣能耗的影響潛力。

在香港，Lam 等研究了氣候變化對香港商業建築的影響，相較於過去的 30 年(1979-2008)空調能耗呈現增加的趨勢。2009-2038 年，2039-2068 年以及 2069-2100 年平均能耗將分別增加 5.7%，12.8%以及 18.4%。未來 90 年平均能耗會比過去增加了 12.5%。Wang 等對氣候變

化對香港地區辦公建築空調能耗情況的影響進行分析。其研究指出到 21 世紀末，相較於 1979-2008 年，平均能耗會增加 6.6-8.1%。在香港減緩能耗增加的措施中，有增加建築外殼的隔熱性能、減小燈具的照明密度、提高冰水機的效率等等。Yu 等則調查了氣候變遷對一般用於商業大樓的冰水機系統的影響，建立了 2020, 2050 和 2080 年香港地區的典型未來氣候氣象年，利用能耗模擬軟體逐時模擬，發現在氣候變暖的背景下，在冰水機的生命週期(15 年)內，需增加 3.9-4.2%的製冷能力，而且會增加 6.8-8.0%的耗電量。

第五節 小結

因應氣候變遷及全球暖化議題，國際間綠建築、智慧建築、智慧社區、永續城市以及近零耗能或淨零能源建築等科技研究蓬勃發展，同時也逐步採用具體的政策措施，並訂定短中長程推動目標。面對自產能源不足且環境意識抬頭的現況，我國在國家節能減碳政策及「溫室氣體減量管理法」完成立法引導下，國家整體及部門別的減量目標與預期貢獻，已經成為政府與全民努力的重點課題。

配合國家永續發展政策指標，因應「溫室氣體減量及管理法」、「巴黎氣候協議」及「哥本哈根協定」針對已開發國家規範二氧化碳排放減量趨勢，臺灣智慧綠建築節能減碳政策措施發展更是箇中翹楚，尤其在純熟的 ICT 產業基礎下，整合資通訊、智慧家電、能源管理、環境監控、居家照護與安全防犯等系統設施與功能，將可創造更符合人居健康與永續發展需求的建築與都市環境。

第四章 智慧綠建築科技研發趨勢與案例分析

第一節 第 20 屆世界建築研討會年會（WBC 2016）

世界建築研討會年會（World Building Congress，簡稱 WBC）是國際建築研究聯盟（International Council for Building，簡稱 CIB）每 3 年舉辦 1 次有關建築環境與營造產業相關的重要國際研究交流活動，為國際建築研究跨領域的研討交流平台，專業領域跨及智慧綠建築、永續、智慧及安全之環境，智慧生活建成環境、智慧城市之設計、規劃、建造、全人關懷與無障礙設計、ICT 技術與 BIM 電腦輔助設計施工與營運管理等建築技術範疇；第 20 屆年會（WBC 2016）於 2016 年 5 月 30 日至 6 月 3 日在芬蘭坦佩雷（Tampere, Finland）舉行，邀集全球建築研究與技術相關領域專家學者、政府機構與產業代表計來自 48 國、600 人參與研討；本次年會主題為「順應生活的智慧建築環境（Intelligent Built Environment for Life）」，提出應用建築環境與營造產業提升民眾生活品質，並健全社會、區域與國家永續，進而討論智慧化（建築、社區及城市）科技與應用對於建築環境以及社會發展的影響與策略。

本項研討會以「順應生活的智慧建築環境」主題，再分為 7 項技術領域廣泛的建築與城市科技研究發展子議題（如圖），重點摘述如下：

（一）創造人居環境的新契機（Creating built environments of new opportunities）

包含「建築環境發展之政策與計畫（Policies and programs for the development of built environment）」、「從區域挑戰獲得學習契機（Lessons learned from regional challenges）」、「如何成功的吸引投資者興趣（Meeting successfully different stakeholders and their

interests)」、「永續與韌性之進階解決方案 (Towards advanced solutions for sustainability and resilience)」、「營造經營之重塑過程 (Reshaping processes for construction operations)」、「成功導入 BIM 技術以實現潛在利益 (Successful implementation of BIM technologies for the realization of potential benefits)」、「創新建築與性能 (Innovative buildings and their performance)」、「面對氣候變遷的建築法令與管理機制 (Building regulations and control in the face of climate change)」及「濕度與防霉議題 (Moisture and mould issues)」等層面。

(二) 創造自然與戶外條件 (Establishing nature and outdoor conditions) 以及營造支持與認同人類經驗 (Constructing commitment and acknowledging human experiences)

包含「永續評估 (Sustainability assessment)」、「自然與戶外條件 (Nature and outdoor conditions)」、「健康與安全 (Health and safety)」、「組織、知識與交流 (Organizations, knowledge and communication)」、「方案、採購與性能 (Projects, procurement and performance)」及「使用者、客戶與投資者約定 (Users, clients and stakeholder engagement)」等層面。

(三) 建構商業選項及其邏輯 (Building up business operations and their logic) 以及塑造材料與技術 (Shaping materials and technologies)

包含「建構公司、商業與知識 (Building up firms, business and knowledge)」、「建構生命循環與永續 (Building up life-cycles and sustainability)」、「塑造建築資訊模型 (shaping building information modeling)」及「塑造營建方案管理 (shaping construction project management)」等層面。

(四) 進化產品與服務 (Advancing products and services)

包含「採購、財務與衝突 (Procurement, finance and conflicts)」、「投資者參與及滿意度 (Stakeholder involvement and satisfaction)」、「創新設計與營建 (Innovative design and construction)」、「降低風險、提高韌性、健康與安全 (Risk mitigation, resilience and health and safety)」、「永續營造 (Sustainable construction)」、「建築資訊模型 (Building information modeling)」及「設施管理 (Facilities management)」等層面。

(五) 不同解決方案下之衝擊與功能解析 (Understanding impacts and functioning of different solutions)

包含由「永續發展 (Sustainability)」、「建築資訊模型 (Building information modeling)」、「作業環境 (Work environments)」、「經濟與營造 (Economics and construction)」及「營建方案 (Construction projects)」及「解決方案 (Solutions)」等層面。

(六) 建構承諾與融入人類經驗 (Constructing commitment and acknowledging human experiences)

包含「營建作業的領導方式 (Leadership in construction operations)」、「瞭解最終使用者的人居環境 (Understanding end users of built environment)」、「決策 (Decision making)」、「人力資源管理 (Human resources management)」等層面。

(七) 型塑材料與技術 (Shaping materials and technologies)

包含「材料技術解決方案 (Material technology solutions)」、「房地產和建築業的電子商務 (e-business in real estate and construction sector)」、「建築物和基礎設施生命週期的數位化營建操作與支持 (Digitalized construction operations and support for the life-cycle of buildings and infrastructure)」等層面。

本次研討會共舉辦特別論壇、專題演講、工作會議、研討會、專業論文發表及圓桌會議等約 120 場次，經審查通過發表的建築科學技

術研究論文，達 400 篇。特別論壇與特別論壇特邀專題演講部分，包括：



圖 4-1 World Building Congress 2016 議題構成關係圖

資料來源：芬蘭坦佩雷科技大學（TUT）Kalle Kähkönen 教授之研討會概況簡報。



（Rogers, 2016）

圖 4-2 智慧城市架構圖

資料來源：George Ofori, "Construction in Developing Countries: current imperatives and potential", WBC 2016 Keynote speech, 2016.05.

- (1) 永續建築—好生活與較佳商業模式的解決方案（芬蘭環境與農業部 Kimmo Tiilikainen 部長）
- (2) Skanska 公司為例：建設一個更美好的社會—全球建築公司扮演的角色（Skanska 公司芬蘭首席執行官 Tuomas Särkilahti 先生）。
- (3) 發展中國家的營建：需求與潛力（新加坡大學 George Ofori 教授）。
- (4) 邁向韌性都市跨學科和跨路線的措施（北京清華大學方東平教授）。
- (5) 邁向適居環境生活的第一步（英國索爾福德大學 Peter Barrett 教授）。
- (6) 資訊科技可改變建築與營建部門發展（芬蘭科技研究中心 VTT 之 Matti Kokkala 教授）。
- (7) 不斷變化世界中的建設（CIB 秘書長 Wim Bakens 博士）。

另未來智慧綠建築科技研發相關的重要演講，則有從新興經濟體和發展中國家中發展永續建築與營建體系創造的創新商業契機、歐盟資助的 FP7 建築科技研究方案（協同整體設計實驗室和嵌入式節能建築的方法）、建築設計與管理研究議程—CIB W096 研究路線圖等。



圖 4-3 計畫主持人等與芬蘭科技中心 Miimu Airaksinen 教授等合影
(本研究拍攝)



圖 4-4 計畫主持人與新加坡大學 George Ofori 教授合影 (本研究拍攝)

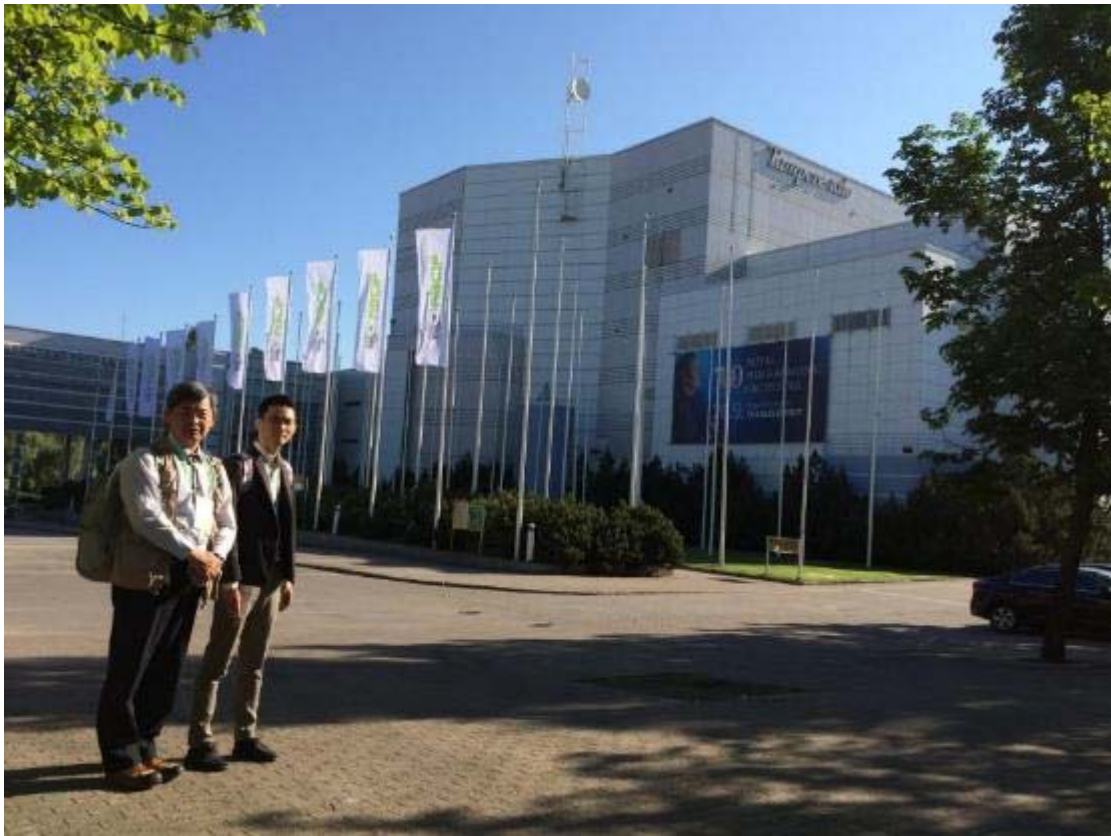


圖 4-5 計畫主持人等於坦佩雷會議中心留影（本研究拍攝）



圖 4-6 計畫主持人等於坦佩雷會議中心主會場內留影（本研究拍攝）

第二節 歐洲冷凍空調聯盟大會暨第 8 屆建築室內空氣 品質、通風換氣與節約能源國際研討會（CLIMA 2013）

歐洲冷凍空調聯盟大會為歐盟地區冷凍空調專業技術與學術團體年度盛事，2013 年適逢該聯盟組織 50 週年的重要慶祝活動，同時也結合舉辦第 8 屆建築室內空氣 品質、通風換氣與節約能源國際研討會，是歐洲冷凍空 調聯盟及國際間在建築能源效率與智慧健康建築等相關議題發展的重要平台，會中發表建築空調能源效率、高效率再生能源、先進空調系統、高效率住宅熱水系統、住宅給排水 衛生系統、建築音響先進技術、光環境課題、智慧建築技術、室內空氣品質、建築認證方案及高效率建築案例等相關領域研發成果，計有來自全球 60 餘國的參與，超過 717 篇通過審查的論文發表。

表 4-1 CLIMA 2013 研討會主要議題

序號	議題
1	建築冷暖房通風換氣能源效率
2	高效率與再生能源
3	先進建築冷暖房空調系統
4	高效率住宅熱水系統
5	建築給排水衛生系統
6	先進建築聲學技術
7	人工照明與自然晝光
8	智慧建築技術
9	室內環境品質
10	建築認證方案（電腦模擬）
11	建築整合設計（電腦模擬、整合冷凍空調系統）
12	性能驗證與設施管理
13	建築物實施能源效率指引
14	優良冷凍空調設計案例
15	零碳建築（整合冷凍空調、空調、住宅）
16	歷史建築之冷凍空調系統（暖房、空調）
17	建築防火安全（防火）

捷克國家科學院物理研究所 Jiří Grygar 教授於開幕特邀演講主講「碳何在 (Whence Carbon?)」，講題重點從宇宙大爆炸產生相關化學元素，以及碳元素的存在方式與轉變，進而延伸至 CO 與 CO₂ 對地球大環境的影響；專題演講則邀請奧地利維也納科技大學建築物理與建築生態系 Ardeshtir Mahdavi 教授主講「智慧建築運轉的必要條件 (Necessary Conditions for Intelligent Building Operation)」，主要重點為說明智慧建築經過 20 年左右的發展歷程，被大家期待的前瞻性與可預期性內涵，已由以模擬為基礎的預測建築系統控制概念，透過實現與評估成為具體實際的技術。並提出未來仍待進一步發展的領域，包括模擬模型校正、建築監控、微氣候預測、使用者模型、控制狀態空間的搜尋、動態模型實現及可擴展性的控制邏輯分佈技術等。

另大會並規劃 25 場次專題研討會 (REHVA Workshop)，於不同議題論文發表期間舉行。專題研討主題包括：(WS-1) 有效率的空氣清靜能否降低換氣率、(WS-2) 產品驗證價值-首選最佳案例 (冰水機與 VRF 系統)、(WS-3) 冷凍空調效益轉換為房地產價值、(WS-4) 近零能源建築之跨學科教育 (Cross-Disciplinary)、(WS-5) 冷凍空調系統能源效率實測基準 (practical benchmarking)、(WS-6) 歷史建築更新修繕的特殊冷凍空調系統解決方案、(WS-7) 使用於建築舒適與能源效率之遮陽解決方案、(WS-8) 個人冷凍空調系統、(WS-9) 直接取代 EPBD 之新能源性能標準-邁向一般化歐洲的方法、(WS-10) 有效率的空氣清靜能否降低換氣率、(WS-11) 通風換氣需求控制、(WS-12) 綠色租賃-啟動綠色科技與能源效率、(WS-13) 最新泵浦科技之特別能源性能、(WS-14) REHVA-ASHRAE 冷氣候區之冷凍空調系統設計指針、(WS-15) 使用者行為相關之能源使用結果與未來研究課題、(WS-16) 近零能源建築系統之邊界條件與執行之國際規範、(WS-17) 日本冷凍空調技術新銳 (cutting-edge)、-願景與 SHASE 獎建築案例、(WS-18) BELIMO (閥門致動器) 能源效率經驗、(WS-

19) 因應零碳建築與近零能源建築之深度能源修繕、(WS-20) 建築等級之熱電共聯 (CHP) 能源效率、(WS-21) 能源與成本最佳分析之參考建築 案例、(WS-22) 冷凍空調系統系統適用之環境友善冷媒、(WS-23) 果殼 (Nutshell) 混合通風換氣-新 REHVA 設計指針、(WS-24) 中國論壇-中國之高效率通風換氣解決 方案、(WS-25) 能源效率認證產品等。

第三節 山東青島智慧城市案例

山東青島、濟南智慧生態城市規劃建設案例，包括青島市：黃島區中德生態園德國企業中心、幸福小區、嶗山區智慧社區魯信長春花園社區、麥島區域能源中心-海信麥島居住區污水源熱泵供熱/供冷示範項目及青島藍色硅谷濱海新鎮開發計畫區等，濟南市：力諾瑞特新能源有限公司工業園區、萬斯達建築科技有限公司預鑄版廠等。

(一) 中德生態園^[42]

青島中德生態園是由中德兩國政府建設的首個可持續發展示範合作項目，主要目的在為中德兩國在歐亞合作、高端產業、生態科技、可持續性城市規劃方面，打造一個示範性項目，該項目規劃吸引國際領先的高端生態企業，為其自身建造生態園。園區位於大陸第九個國家級新區——青島西海岸新區，規劃面積 11.6 平方公里，未來開發區 29 平方公里，遠期規劃面積 66 平方公里。該園區是作為彰顯中德合作的國際園區，倡導低碳環保、推動研發創新、促進產業轉型、引領綠色生活與實現持續發展的生態智慧宜居園區。

中德生態園導入智慧城市體系架構，制訂智慧城市標準規範，發展建構智慧城市安全體系，包含智慧城市 10 大工程，城市公共建設資料庫、公共資訊平台、園區資訊網路建設、智慧感知與環保工程、地下管線綜合管理資訊系統、智慧綜合交通工程、智慧電網工程、智慧

泛用能源網工程、智慧就業服務工程與智慧社區工程等。透過概念規劃指導、指標系統統合、強化專項規劃，達成分項規劃之無縫銜接與融合，將園區生態、智慧建設理念全面納入管控，實現能資源節約、污染減少與環境保護，促進園區健康永續發展。

總體發展規劃委託德國 GMP 建築設計事務所辦理，規劃總人口約 6 萬人；其中，產業用地 45%道路及生態綠地 30%，居住及公共設施用地 25%。指標體系部分則制訂完成生態控制性指標體系，並獲得德國 TÜV NORD 公司認證，內容包括 4 大類 40 項具體指標。該園區圍繞生態標準的制定和應用、低碳產業的配置和發展、綠色生態城市建設與推廣“三大領域”，重點發展節能環保、綠色能源、環保建材等綠色產業；高端裝備製造、新能源應用、數字科技、智慧系統等新興產業；科技研發、規劃設計、教育培訓、金融醫療、文化體育等現代服務業。中德生態園先後被大陸科技部、住建部、能源局等分別授予首家綜合標準化示範園區、國家綠色製造國際創新園、全國智慧城市試點、國家綠色生態示範城區（低碳生態試點城鎮、大陸首批新能源示範園區）。

其中智慧泛用能源部分之泛用能源網規劃原則，是從能源生產、儲運、應用及再生等面向完整考量，將能源技術融合資訊技術，轉變為能源生產與利用方式；依據能源使用特點，通過推廣節能技術降低終端使用者與企業的能源需求，優先使用可再生能源與周邊剩餘能源，減少化石能源消耗，透過分散式能源站點與微電網技術，達到高效率能源生產、儲運、應用及再生環保節能，並建構泛用能源營運管理中心，透過能源雲端計算實驗能源系統智慧化控制管理與交易，保障泛用能源網系統安全穩定、優化能源供需組合經濟高效率營運模式。

蒐集包括總體規劃展示版及全區規劃模型，從智慧城市體系發展架構、智慧城市工程架構、資通訊技術導入與營運管理、能源有效利

用與生態綠化等資料，以及園區內建置中之住宅社區，主要為外部設施（道路、人行步道與雨水排水設施、園區綠化工程等）與社區建築體構造施工等項目。



圖 4-7 中德生態園智慧城市體系發展架構與智慧城市工程架構^[42]

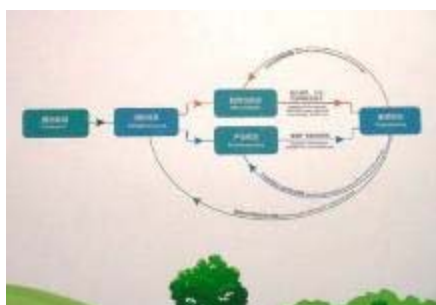


圖 4-8 中德生態園規劃理念^[14]



圖 4-9 中德生態園導入資通訊技術營運管理說明^[14]



圖 4-10 中德生態園體驗運營中心規劃發展歷程展示說明^[42]



圖 4-11 中德生態園體驗運營中心總體規劃模型展示現況

(本研究拍攝)





圖 4-12 中德生態園綠化工區質量標準化展示牌^[42]

(本研究拍攝)

(二) 魯信長春花園智慧社區

魯信長春花園是由山東魯信置業有限公司於青島市嶗山區投資建設的大型綜合性住宅社區，占地 709 公頃，總建築面積 94 萬平方公尺，單體建築達 100 棟（4 層至 26 層），其中住宅使用 95 棟，住宅總戶數 4788 戶，住宅單位面積從 70m² 至 255 m² 不等，公共建築包括有綜合使用大樓 2 棟、12 班幼兒園 1 棟、學校 1 所、青年公寓 1 棟。基地位於嶗山區之北向坡地，建築配置依等高線現況進行配置，並利用原地貌修建 3 座人工湖，面積達 2 萬平方公尺，全區綠地面積則超過 30 萬 m²。

本項工程於 2004 年底開工興建，導入相關先進建築產業化技術，歷經 3 年工期，於 2008 年 1 月交付使用；所有住宅均採精裝交屋，經過 7 年使用，各項設施設備系統均正常運作，符合原設計使用功能之要求，入住率達 95%，居民滿意度相當高。



圖 4-13 山東魯信長春花園智慧社區全區鳥瞰與配置圖^[42]



圖 4-14 北側高層住宅棟區



圖 4-15 中區低層住宅棟區



圖 4-16 中央綠地與生態水池



圖 4-17 魯信長春花園智慧社區
防災避難動線圖

(圖 4-13 至 17 為本研究拍攝)

(三) 麥島區域能源中心-海信麥島居住區污水源熱泵供熱冷示範項目

本項可再生能源建築應用示範項目在 2006 年通過大陸建設部及財政部核可推動，目的是在基於節約能源、環境保護及永續發展的原則下，滿足麥島居住區供熱、製冷的需求。本項示範項目能源中心位於青島市嶗山區，總投資金額為 3.5 億人民幣，自 2009 年 8 月開工，

2010 年正式運轉，營運管理單位為青島中節能建築能源股份有限公司；利用麥島污水處理廠排放污水及海水源作為空調冷熱源，並結合水蓄冷蓄熱形式，導入熱泵空調技術，利用夜間離峰時段蓄能，解決地方電網晝夜用電不平衡的問題，提升能源效率，可滿足海信麥島居住區 100 萬平方公尺住商用戶的供熱、製冷需求。

本計畫是採用契約能源管理模式推動（相近於台灣推動節能績效保證專案 ESPC 計畫），中節能建築節能股份有限公司為建築節能領域的專業企業（類似於台灣推動之 ESCO 產業），主要業務是涵蓋綠建築全生命週期，以規劃設計、投資建設及營運服務為一體的全產業鏈服務模式，主要業務領域為建築節能技術服務及區域能源供應服務等 2 大方向。契約能源管理如同我國能源局推動之節能績效保證制度，由從事能源服務的企業，透過與客戶簽約提供能源規劃、設備設計、工程施工、設備安裝測試、人員培訓、節能量確認及營運管理等完整的節能服務，並從節能改造後所獲致的節能效益，收回投資及取得利潤的商業模式。

在新能源領域採用契約能管理模式，利用熱泵技術，以污水、海水、湖泊水等地表水作為低品味冷熱源建設大區域新能源中心供熱供冷項目，規劃城市能源發展前景，以國際標準調整城市能源使用結構，凸顯青島在地優勢的表現。

本項目工程建置於住宅區景觀設施地下層，總建築面積 2,443 平方公尺，每年可約減少燃煤 30,600 噸，減少 CO₂ 排放約 98,000 噸，節約用電 1.87 億度，節能減碳及解決城市供熱、改善空氣品質與霧霾天氣有顯著效益。

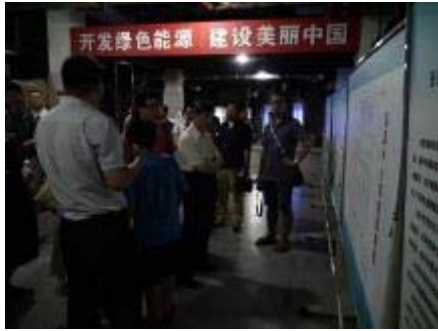


圖 4-18 麥島區域能源中心



圖 4-19 麥島區域能源中心模型

(本研究拍攝)

圖 4-20 中節能建築節能股份有限公司業務範疇與部分業績展示^[42]

(本研究拍攝)

(四) 青島藍色硅谷濱海新鎮開發計畫區及藍色中心^[42]

青島藍色硅谷是依據 2011 年大陸國務院批復《山東半島藍色經濟區發展規劃》文件推動，2012 年 4 月通過發展定位為中國藍色硅谷、濱海生態新城，同年 12 月核心區建設開始啟動。區內規劃海洋科技新城相關設施與機構，包括：海洋科學與技術國家實驗室、國家深海基地、國家海洋局第一海洋藍色硅谷研究院、國土資源部青島海洋地質研究所、國家海洋設備質檢中心、中船重工 725 所海洋工程裝備研究院、中航動力（青島）非晶技術研究院、即發海洋生物藍色硅谷研發中心、天津大學青島海洋技術研究院、（中德）新能源與環保科技研究院及華碩無機非金屬材料研發中心等，並結合教育（山東大學、哈爾濱工業大學...等）、交通（藍色輕軌）、購物及醫療設施，融合青島鰲

山灣環境資源，規劃完生態宜居新城。其中藍色中心規劃為本區開發的生態地標建築，由丹麥 JDS 建築師事務所設計，採用高性能外牆體系、高效能冷熱源系統、低耗能超淨室內空調系統、綠色照明系統、雨水及中水回收系統、無負壓給水設備、同層排水系統及智慧城市系統等生態智慧綠建築技術，通過大陸綠色建築標誌、美國 LEED 白金級及德國能源署 dena 能源證書（原始能源需求總體評價為 250

（ $\text{kWh/m}^2\cdot\text{yr}$ ）等認證標準之評定。預定至 2020 年將可形成以 35% 海洋科技人才為主體的 70 萬人新城，預期可成為海洋科技研發、科研人才聚集培育與產業發展的重點經濟發展區。



圖 4-21 藍色硅谷總體規劃全區配置模型展示館現況^[42]
（本研究拍攝）



圖 4-22 青島藍色硅谷發展目標與總體規劃願景
（本研究拍攝）

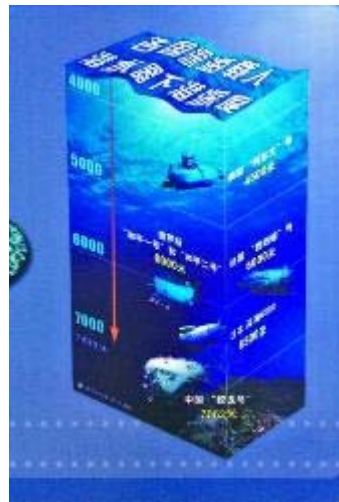


圖 4-23 青島藍色硅谷規劃發展為海洋科技新城科研背景說明^[42]

(本研究拍攝)



圖 4-24 青島藍色硅谷總體規劃

圖 4-25 青島藍色硅谷區位分析

(本研究拍攝)



圖 4-26 藍色硅谷總體規劃展示
館海洋科研展品

圖 4-27 藍色硅谷總體規劃青島
藍色中心設計模型

(本研究拍攝)



圖 4-28 青島藍色中心綠色建築應用技術展示說明（一）



圖 4-29 青島藍色中心綠色建築應用技術展示說明（二）

（本研究拍攝）

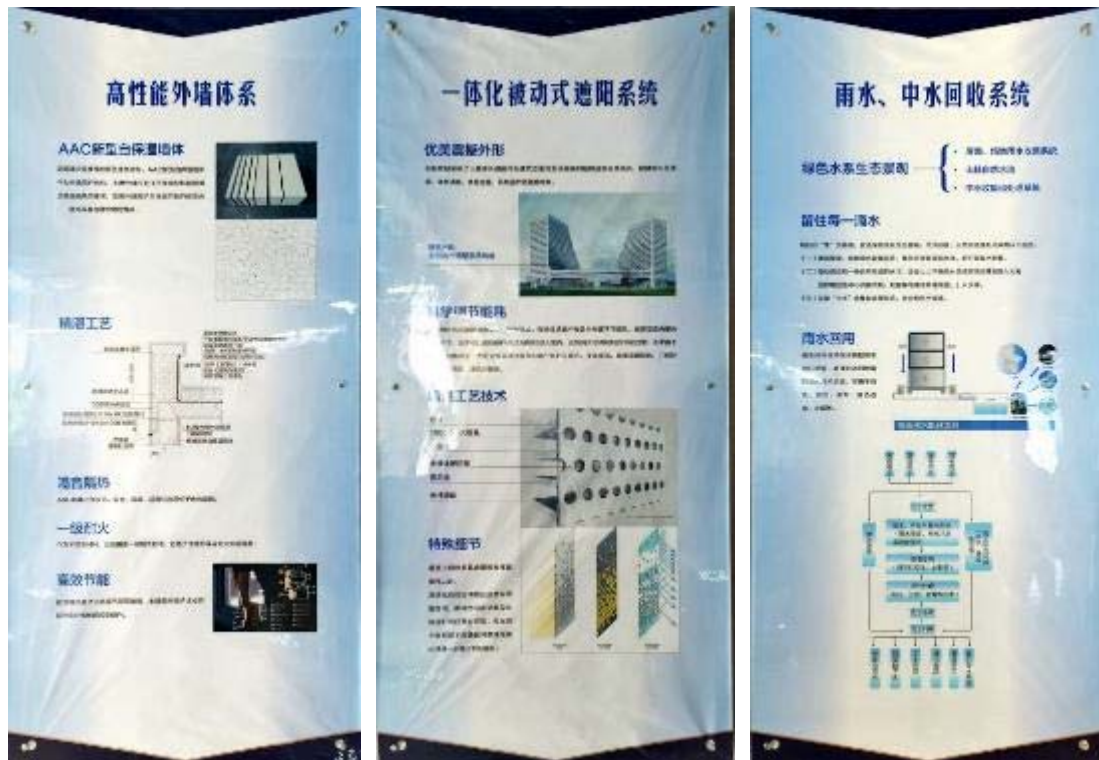


圖 4-30 青島藍色中心綠色建築應用技術展示說明（三）

圖 4-31 青島藍色中心通過金級 LEED
及德國建築能源證書認證圖 4-32 青島藍色中心外牆
現況

(本研究拍攝)

（五）力諾瑞特新能源有限公司工業園區

山東力諾瑞特新能源有限公司考察參訪由馬保林工程技術總監等接待解說，該公司是由中國力諾集團與德國 Paradigma 公司共同投資的合資企業，產業領域涵蓋太陽能光熱、光伏工程、熱泵等多類型綜合利用技術，在 2007 年通過成為大陸「國家住宅產業化生產基地」，近幾年重點研發應用太陽能與建築一體化、太陽能採暖等關鍵技術，以實現太陽能應用技術與產品生產標準化、系列化、配套化及產業化。其中太陽能熱水系統部分，更建置從太陽能管材到太陽能集成系統的技術開發與產業生產的產業鏈，並與相關房地產開發產業進行部品集成、太陽能與建築一體化、系統智慧化運轉、品質控制及售後服務等，建立完整的產品、產業與使用者服務體系。該公司並由德國政府資助、司圖加特大學授建大陸唯一的 EN ISO 太陽能檢測中心，爭取太陽能產品檢測與國際接軌；並與大陸國家節能產品質量監督檢驗中心合作籌建「新能源應用技術檢測中心」，為規劃新技術標準作準備。



圖 4-33 力諾瑞特新能源公司零碳社區構想模型（本研究拍攝）

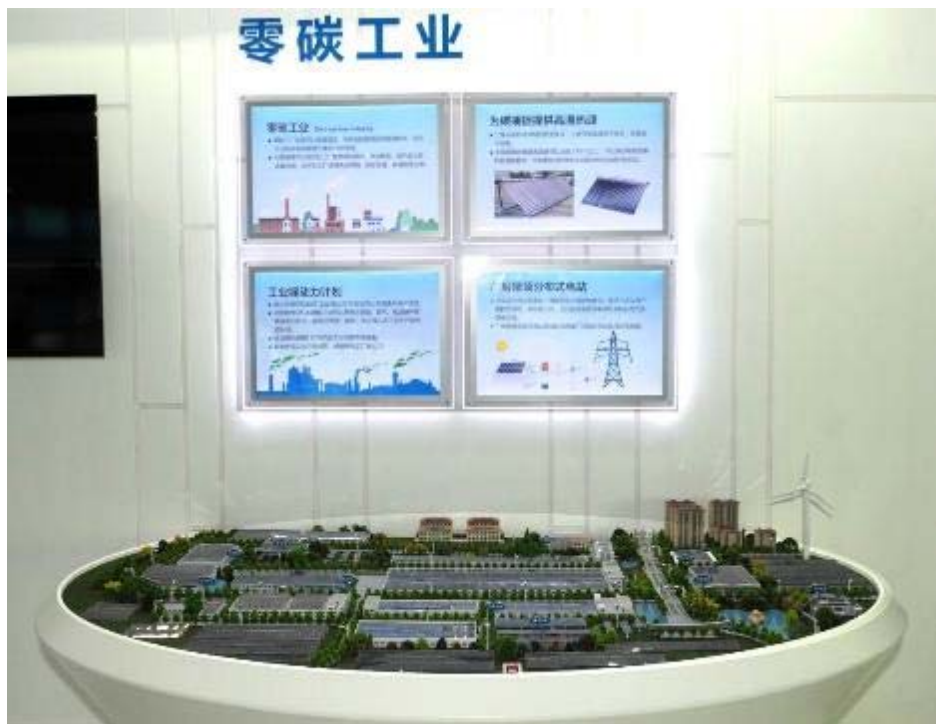


圖 4-34 力諾瑞特新能源公司零碳工業構想模型（本研究拍攝）

第四節 中新天津生態城案例

依據中新天津生態城總體規劃（2008-2020 年）、中新天津生態城指標體系、中新天津生態城綠色建築評價標準及中新天津生態城綠色建築評價細則等技術基準，中新天津生態城在綠色建築採用的技術策略上，必須充分考慮天津地區的特點，包括：（1）氣候條件-位於寒冷地區，暖房是建築節能的重要課題。（2）水資源-中新天津生態城用地為鹽地、鹽鹼荒地和濕地，屬水質性缺水地區，節水設計需加強非傳統水資源利用。（3）太陽能資源-天津年日輻射量為 5152.36 MJ/m^2 （水平面），年日照時數為 2612.7 小時，太陽能資源豐富。（4）地熱資源-中新天津生態城處於濱海地熱田中北部，地熱資源相對較豐富。（5）生態資源-中新天津生態城用地內有營城湖和薊運河故道，濕地自然景觀獨特。（6）地質條件-天津濱海新區屬典型的軟土地質，軟土層厚度較大且分佈廣泛，工程性質差。[15]

依據天津地區的區域特徵，生態城及綠建築整體開發（包括新建、擴建和改建的建築），尚需符合幾項原則，全生命週期成本控制、設計施工與營運整體綠建築發展及建築與裝修整體設計等，並對建築品質、環境負荷及成本投入等項目進行綜合考量，避免單純導入高科技、高投資的發展迷失，鼓勵採用合宜的綠建築設計技術，透過優質化設計實現資源、能源的節約和循環使用，強調採用傳統技術策略與因地制宜的建材選擇，鼓勵技術創新，以發展結合氣候策略且具中國特色的「本土化綠色建築」，期能創造建築技術和環境的和諧發展。[16]

另中新生態城亦規劃建設相關基礎配套措施、項目，包括：1.自來水設施、2.天然氣設施、3.熱力設施、4.電力設施、5.市政設施（雨水與污水）、6.環保設施及 7.訊息化網路設施等。



圖 4-35 中新生態城基礎配套措施規劃項目（一）^[15]
(本研究拍攝)



圖 4-36 中新生態城基礎配套措施規劃項目(二)(本研究拍攝)

中新天津生態城位於中國國家發展的重要的戰略區域的天津濱海新區範圍內，毗鄰天津經濟技術開發區、天津港、海濱休閒旅遊區，地處塘沽區、漢沽區之間，距天津中心城區 45 公里，距北京 150 公里，總面積約 31.23 平方公里，規劃居住人口 35 萬，為中國與新加坡兩國政府繼蘇州工業園合作後的重大政策開發項目。[6]生態城市的建設，顯示了中新兩國政府應對全球氣候變化、加強環境保護、節約資源和能源的決心，為資源節約型、環境友好型社會的建設提供積極的探討和典型示範。綜合開發專案包括 100 多公頃的住宅及商業用地，將為新居民提供多元化的住宅選擇，並將成為生態城的休閒中心，整體開發預計於 2015 年竣工可容納 1.2 萬戶居民，總投資將超過 100 億元人民幣。[15]

依據天下經濟論壇報導，中新天津生態城將帶領天津由一片荒涼、廢棄的鹽鹼地，變身成為一座生態、環保、節能的宜居城市，因應不斷暴增的城市人口，新加坡與中國攜手展開一場都市生活的綠色革命。（“天津生態城”，天下經濟論壇，）台灣遠雄集團也在2009年正式參與這項造鎮開發計畫，將規劃優質住宅社區，並發展生態城的

休閒遊憩中心，提供娛樂、零售、餐飲、健康等服務設施，希望發展成為一個可持續發展的，集生活、工作、休閒於一體的活力社區。



圖 4-37 中新天津生態城位置圖



圖 4-38 中新天津生態城太陽光電設施陣列



圖 4-39 中新天津生態城規劃與建設指標體系導覽



圖 4-40 中新天津生態城總體規劃模型（本研究拍攝）

天津生態城遠雄投資開發有限公司在天津生態城亦投入遠雄開發計畫，包括住宿、中心商業區與遊憩設施等規劃內容，同時依城區規劃要求導入綠建築設計與評估技術。



圖 4-41 中新天津生態城遠雄開發計畫總體規劃



圖 4-42 中新天津生態城遠雄開發計畫總體規劃現況

圖 4-43 天津生態城遠雄開發計畫中心商業區與遊憩設施規劃情形

(本研究拍攝)

第五節 深圳南山區華僑城生態社區案例

深圳市南山區近年來先後搬遷轉型高污染、高能耗、低效益的工業企業，建設商業文化中心區再生水利用項目，引領建築節能理念的綠色建築，並啟動建設了首家集環保技術研發、培訓、資訊交流、總部經濟為一體的環保產業園，奠定了高效、低排放的綠色南山模式。

南山區環保局依據深圳建設生態市的規劃要求，從基礎調查分析著手，開始著手南山區生態社區推動工作，秉持建設“和諧南山、效益南山”和現代化海濱城區的計畫目標，以促進社會進步、強化污染防制、改善環境品質為宗旨，並採以人為本、污染防治與生態保護並重的原則，推動生態社區發展，加強環境整治，擴大生態保護和建設規模，將南山建設成為資源節約型、環境友好型的生態城區。^[15]

南山區先後以多項指標優於大陸的國家標準通過國家生態區的各層級考核，2007 年南山區就啟動從各行業、各領域到社區、街道，再到行政區的生態節點建設工程，區政府和轄區 8 個街道依據生態指標體系，以點線面型式，引導各行各業及居民在日常生產、生活中實施節能減排、綠色消費等環保行為。

深圳市南山區華僑城生態社區佔地面積約為 5.53 平方公里，該社區自 1985 年成立以來，就秉持在花園中建城市的開發理念，並朝建設綠色家園的目標邁進；經過 26 年的開發建設，目前已發展成為集合居住、經貿、教育文化、休閒旅遊、藝術與醫療等多功能社區；自 1990 年起即獲得大陸建設部、國際公園協會等相關單位所頒發的開發獎項肯定，2007 年獲得大陸國家旅遊局及環保部聯合授予國家生態旅遊示範區的榮譽。該社區在開發各階段皆以「規劃科學合理、城區環境幽美、風尚高尚文明、管理規範先進」的目標，進行規劃、建設與管理，目前已建設成為深圳灣旁的生態化海濱城區。

依據清華大學及華南理工大學調查與實測分析顯示，深圳華僑城內住宅單位樓地板面積用電量僅為 18.2kWh/m^2 （大陸平均水準 15.6kWh/m^2 ）；辦公大樓為 223kWh/m^2 （ 111.2kWh/m^2 ）、飯店為 194.9kWh/m^2 （ 121.0kWh/m^2 ）、商場為 64.7kWh/m^2 （ 216.2kWh/m^2 ）；社區室外熱環境因為綠地植栽分佈廣泛（人均公共綠地面積達到 42m^2 以上），熱島現象不明顯，不會影響居民居住與室外活動。



圖 4-44 華僑城生態社區道路綠化現況



圖 4-45 華僑城社區全區遊園輕軌電車



圖 4-46 華僑城社區生態廣場



圖 4-47 社區生態廣場立體綠化



圖 4-48 社區生態廣場立體綠化



圖 4-49 建築物屋頂綠化現況



圖 4-50 生態廣場生態水池



圖 4-51 生態廣場生態循環水池

(本研究拍攝)



圖 4-52 西向立面外遮陽設施



圖 4-53 建築物屋頂與立體綠化

(本研究拍攝)

第六節 北京智慧綠建築案例

一、清華大學建築學院建築節能研究中心^[43]

觀摩清華大學建築學院建築節能研究中心各項實驗研究設施與成果，由該棟建築之設計者栗德祥教授導覽解說其設計概念與設計實踐項目，包括：建築能源管理系統、垂直牆面及天化板輻射空調系統、分區垂直自然通風換氣核設計與應用、屋頂綠化技術與表面溫度監測實驗研究、自然導光室內照明系統及生態濕地與生態水池技術研究應用等。

建築節能研究中心座落於清華大學校園東區，總建築面積3000m²，地下一層，地上四層。由辦公室、開放式實驗室或實驗台組成。由於緊鄰已有的建築，建設用地侷促，且南北面寬短而東西面寬長。樓梯間、廁所、機房等服務空間安排在西側中部被遮擋的部分，

其餘可採光部分全部為使用空間，達到了空間利用的最大化，體現了建築設計的人性化和功能性要求。本建築節能研究中心相關節能方式包含：（以下資料由栗德祥教授提供整理）

1. 自然通風利用

室內環境控制系統優先考慮被動方式，用自然手段維持室內熱舒適環境。利用熱壓通風和風壓通風的結合，根據建築結構形式及週圍環境的特點，在樓梯間和走廊設置三個通風豎井，負責不同樓層的熱壓通風，並在建築頂端設計玻璃煙囪，利用太陽能強化通風。

2. 溫濕度獨立控制的空調末端設備

本建築空調末端為溫度濕度獨立控制方式。濕負荷由乾燥新風帶走，室內送風末端根據不同房間功能分別為個別化送風和置換通風。而房間風機盤管和輻射吊頂末端裝置僅負責顯熱部分，不存在結露現象，徹底避免了潮濕表面滋長霉菌，惡化空氣的情況。

3. 室內照明系統

示範樓照明系統採用背景照明與桌面台燈相結合。其中全樓背景照明系統能自動補充日照水平。桌面台燈則由使用者根據各人需求和工作狀態自行調節亮度。

4. 光電玻璃

光電玻璃採用光伏電池、光電板技術，把太陽光轉化為能被人們利用的電能，通過逆變器可與城市供電系統連接，使用狀態時為建築提供電力，晚間或陰雨天自動切離。

5. 太陽能庭院燈

太陽能庭院燈為大樓入口處提供夜間照明，蓄電池容量除能夠滿足夜晚照明，同時還要能夠存儲滿足連續陰雨天夜晚照明需要的電能。

6. 太陽能空氣集熱器

利用聯集管式太陽能空氣集熱器，日集熱效率可達到 50%。

通過太陽能獲取的熱風在夏季用作溶液除濕系統再生器的熱源，而冬季則作為空調送風可直接送入室內。

7. 太陽光採光技術

建築物南側室外設置自動跟蹤太陽光的陽光採集系統，利用太陽光為地下室提供採光，減少白天照明電耗。

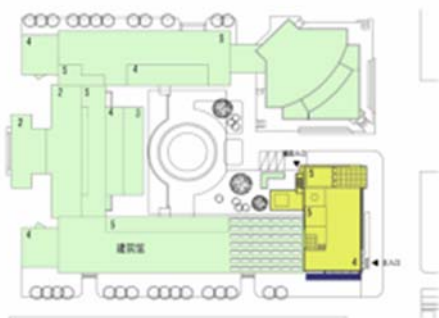


圖 4-54 清華大學建築學院節能研究中心位置圖



圖 4-55 節能研究中心剖面圖



圖 4-56 清華大學節能研究中心



圖 4-57 地下室晝光導光光束照明裝置

(圖 4-54 至 57 本研究拍攝)



圖 4-58 節能研究中心垂直壁面輻射空調



圖 4-59 節能研究中心天花板面輻射空調



圖 4-60 節能研究中心天花板面輻射空調控制器



圖 4-61 節能研究中心單元空調出風口概念設計



圖 4-62 節能研究中心浮力通風換氣井上部



圖 4-63 節能研究中心浮力通風換氣井進氣口



圖 4-64 節能研究中心浮力通風換氣井頂部



圖 4-65 節能研究中心屋頂綠化實驗區

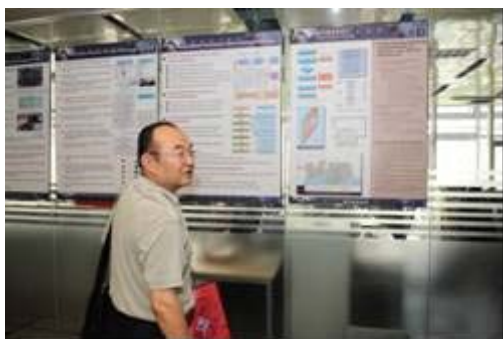


圖 4-66 栗德祥教授導覽節能設計相關研究成果



圖 4-67 節能研究中心能源管理監控螢幕



圖 4-68 節能研究中心展示區



圖 4-69 節能研究中心天窗遮蔽研究區

(圖 4-58 至 69 本研究拍攝)



圖 4-70 節能研究中心外觀



**圖 4-71 節能研究中心東側實驗
立面**

（本研究拍攝）

該中心一樓規劃為建築節能科技成果展示與教育訓練空間，並利用建築實體進行各項建築外殼遮陽、隔熱保溫、輻射空調與能源管理系統之應用監測研究，藉由展示空間的實際體驗，更能感受到建築空間舒適度控制與能源管理科技的理論與實用成效，搭配適當的教育訓練課程安排，可讓參訪者獲益匪淺。



圖 4-72 節能研究中心屋頂綠化實驗區植栽種類與構造設計

（本研究拍攝）

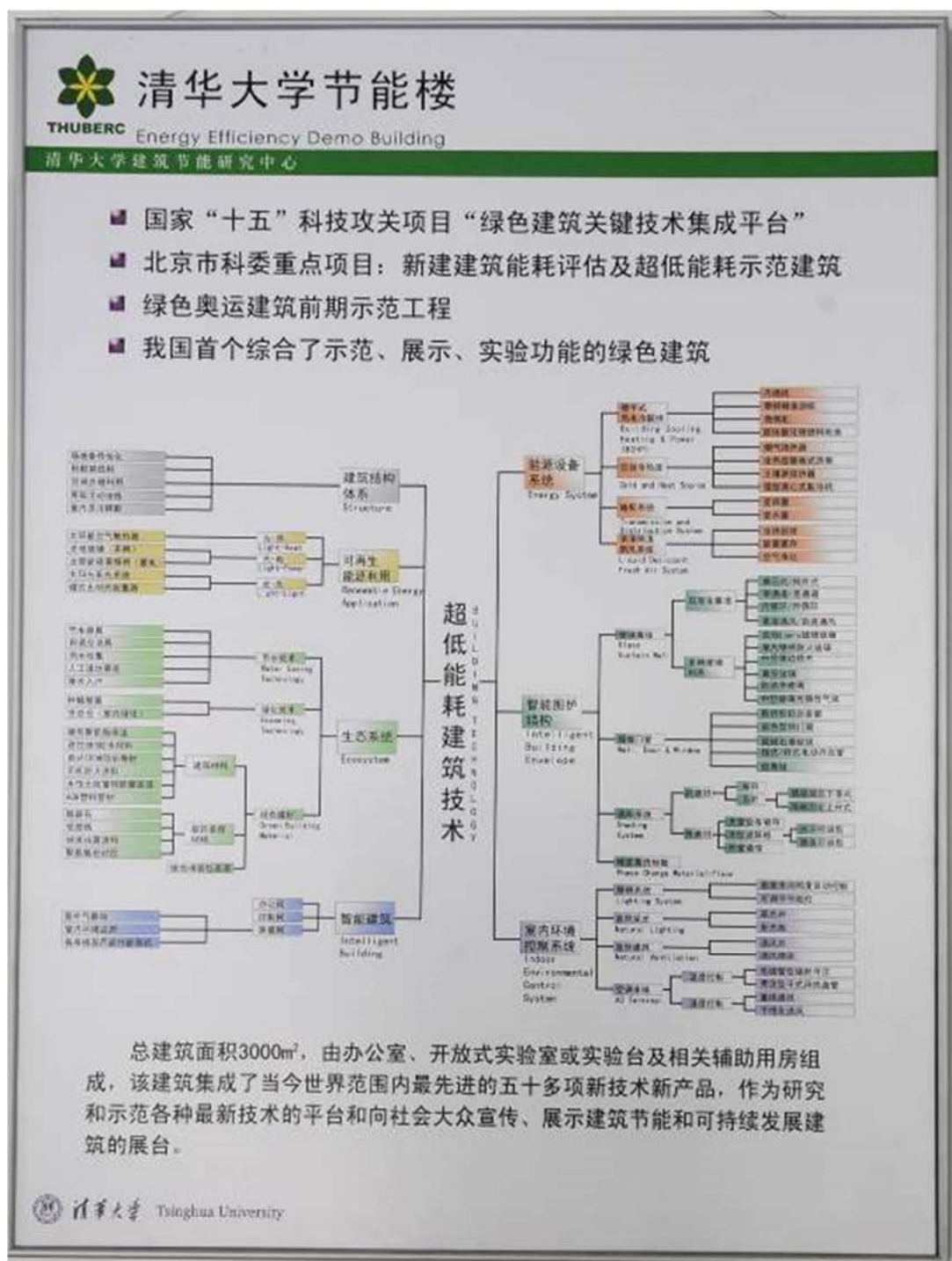


圖 4-73 清華大學節能研究中心研發課題架構簡介看板
(翻攝於清大節能中心)



圖 4-74 清華大學節能研究中心綠建築設計簡介看板
(翻攝於清大節能中心)



圖 4-75 清華大學節能研究中心能源與管理系統簡介看板
(翻攝於清大節能中心)

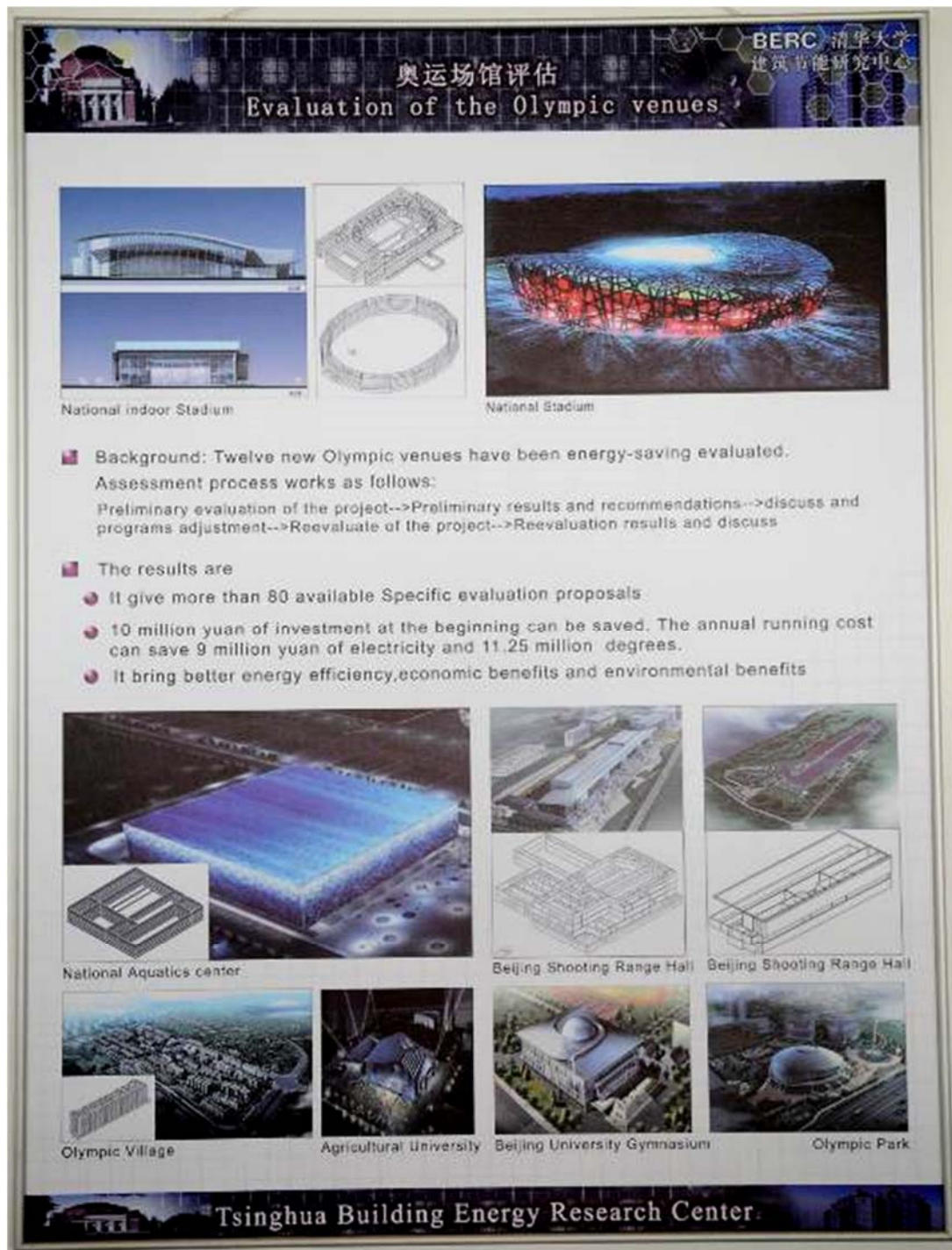


圖 4-76 清華大學節能研究中心奧運場館節能設計評估成果看板
(翻攝於清大節能中心)

二、LEED 黃金級認證商業建築-世紀財富中心 (Century Prosper Center)

中國第一棟獲得美國 LEED 黃金級認證之商業建築-世紀財富中心係由北京世源光華房地產開發有限公司投資開發，蒐集有關世紀財富中心大樓申請 LEED 商業建築認證之經驗，以及該棟建築之節能設計理念與能源管理系統之說明。[43]

北京世紀財富中心大樓於 2004 年獲得美國 LEED 設計認證，相較於 LEED 標準，能源耗用成本可降低 30%至 50%、用水成本可減低 20%至 30%，並可減少營運維護成本，提高供作效率 5%至 15%，減少空氣污染與改善室內空氣品質，對於投資之建築商與進駐之企業用戶均能提高良好的公眾形象。建築設計概要說明如下：[43]

- 1.建築基地面積：1 萬 3,922 平方公尺。
- 2.總建築面積：15 萬 375.72 平方公尺（地上 11 萬 6,797.58 平方公尺、地下 3 萬 3,578.72 平方公尺）。
- 3.樓層高度：西座 20 層（高度 81.7 公尺）、東座 25 層（高度 99.1 公尺），建築總高度 119.5 公尺。
- 4.帷幕外牆玻璃：採用 5 層鍍膜 LOW-E 中空玻璃帷幕，具有良好的節能保溫、防結露、防紫外線、防潮濕、防靜電，高隔音與透光度等效果，夏天隔熱、冬天保暖，減少建築耗能。
- 5.導入智慧照明與能源管理系統，強化室內照明合理照度與用電管理，節約能源。
- 6.採用高效能空調系統，並採用全熱交換器之省能系統。



圖 4-77 世紀財富中心雙層外牆構造



圖 4-78 雙層外牆空氣層進氣口



4-79 10 樓訪客區節能照明



圖 4-80 10 樓訪客區遮陽百葉與健康牆板



圖 4-81 晝光輔助之視覺穿透型遮陽百葉



圖 4-82 細孔設計之遮陽百葉



圖 4-83 戶外水景設施（施工中）



圖 4-84 高隔熱性能外牆與玻璃帷幕構造



圖 4-85 世紀財富中心獲得美國 LEED 黃金級認證（2004 年）



圖 4-86 北京世紀財富中心綠建築節能設計效益評估簡介

（資料來源：北京世源光華房地產開發有限公司）

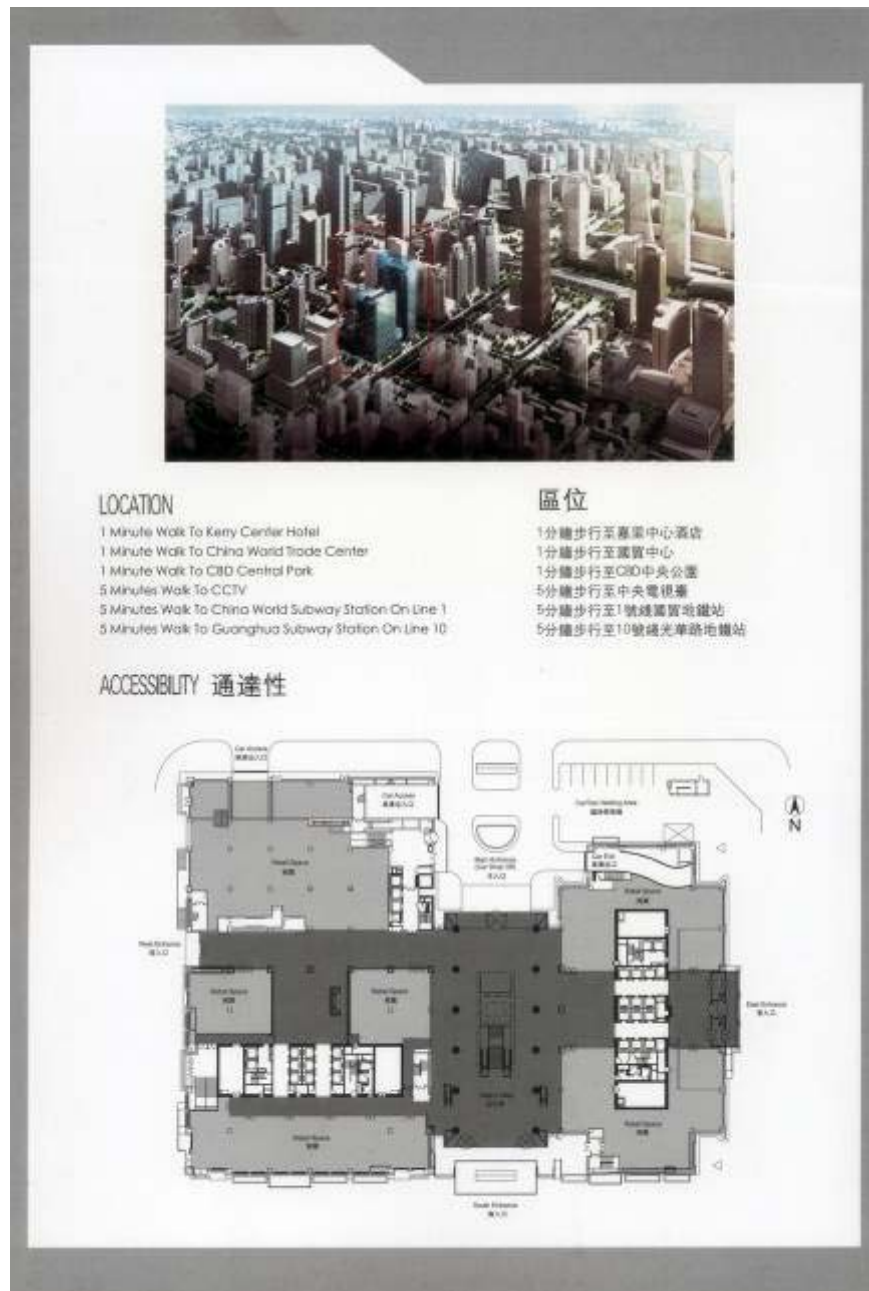


圖 4-87 北京世紀財富中心區位與平面配置圖
(資料來源：北京世源光華房地產開發有限公司)

(圖 4-77 至 84 本研究拍攝)



圖 4-88 北京世紀財富中心建築節能設備列表與 VAV 空調系統示意

(資料來源：北京世源光華房地產開發有限公司)

第七節 芬蘭捷克與美國智慧綠建築與社區案例

一、芬蘭坦佩雷Härmälänranta永續住宅開發區^[44]

芬蘭坦佩雷 Härmälänranta 座落位置鄰近 Pyhäjärvi 湖，距離坦佩雷市中心南方約 5 公里，曾經是該城市重要的工業區，自 2012 年起由 Skanska 公司導入 Härmälänranta 2012-2020 計畫，預定在 2020 年將該地區建設成為省能、省水、省資源與環境融合的健康永續社區，並於設計施工過程導入綠色 BIM 技術，預估可節約能源 25%、節水 17%。



圖 4-89 坦佩雷 Härmälänranta 永續住宅開發區原址工廠設施



圖 4-90 坦佩雷 Härmälänranta 永續住宅先期開發區完成現況

（本研究拍攝）

Härmälänranta 地區的再發展規劃是由坦佩雷、皮爾卡拉（Pirkkala）市政府和 Skanska 公司的共同推動。第一階段自 2007 年開

始執行，第二階段則自 2014 開始，預定於 2026 年間完成。第一階段包含 18 個住宅案（共 450 公寓住宅單元），第二階段則擴大至 15 個街廓範圍，將創造達 16 萬平方公尺的混合使用空間以及 1,800 個住宅開發案，部分既有工業建築則將被更新再利用為商業與服務建築使用。

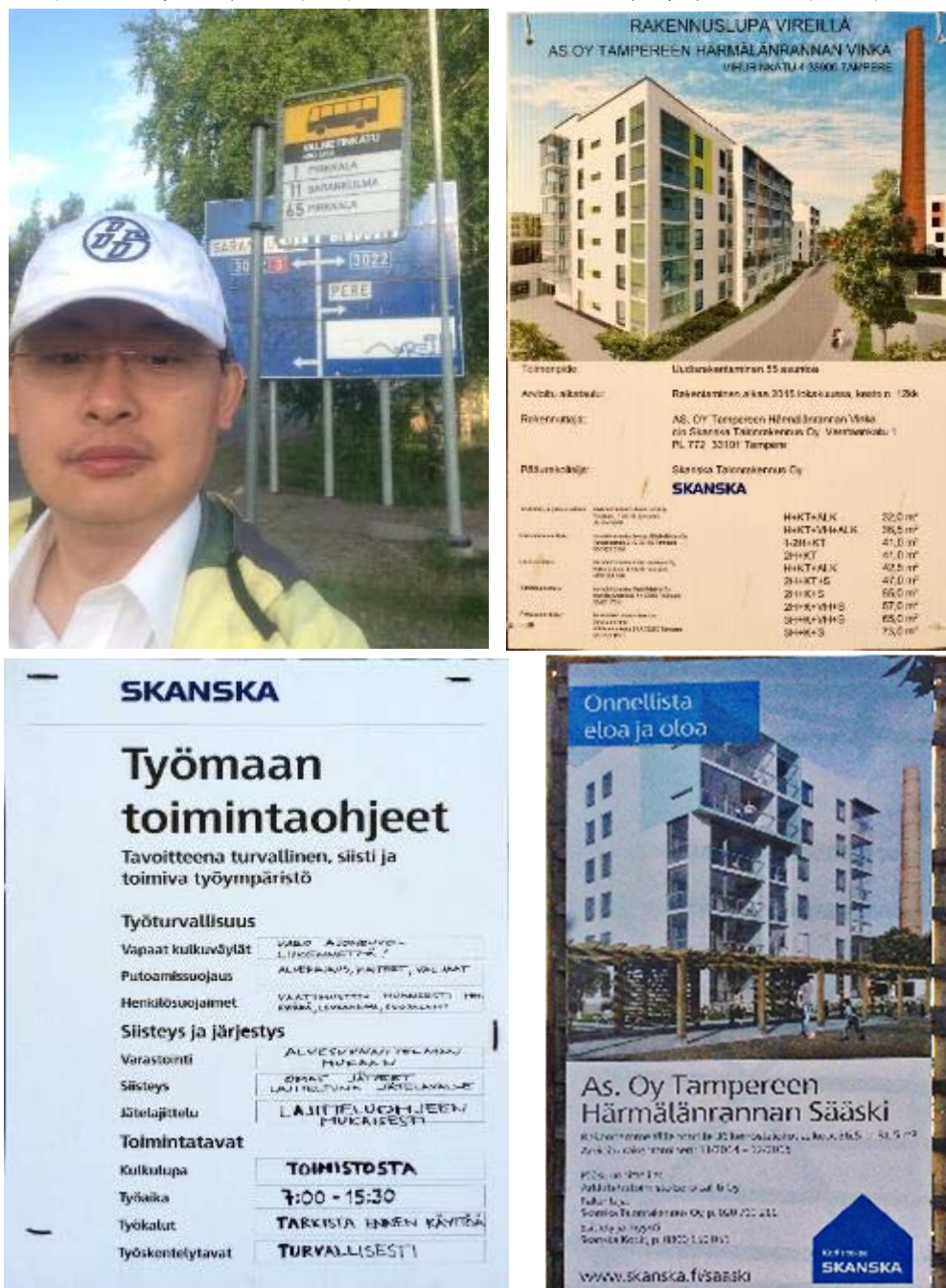


圖 4-91 SKANSKA 公司 Härmälänranta 永續住宅個案工程告示

(本研究拍攝)

Härmälänranta 地區再開發設計是以區域整體可持續發展為首要目標，著重能源，材料和用水效率，並朝減少地區的碳排放量努力，除了既有建築再利用的措施外，並納入綠色永續交通模式，並將雨水全面納入蒐集管理，創造符合城市可持續發展的多元場域。

Härmälänranta 區建築規劃積極促進室內空氣、濕度、噪音和採光達最高品質的健康生活環境，建築室內裝修納入低 VOC 逸散材料，每間公寓都有自己的通風控制系統，建築設計全面導入南向日照，但讓使用者可以根據自己的喜好調節通風及遮陽，以減少夏季過多的太陽能輻射熱；外牆則採高反射表面材料，如玻璃和金屬，減少外牆夏季蓄熱。



圖 4-92 Härmälänranta 永續住宅個案高反射外牆及導入南向日照

（本研究拍攝）

Härmälänranta 區規劃為高密度混合使用的建築型態，在各種住宿、商業、休閒及服務功能建築空間完成時，即可減少因工作、生活及休閒的移動交通，但本區也另規劃良好的人行道、自行車道及公共交通系統等促進可持續發展的交通模式，以連接 5 公里外的坦佩雷市中心，併同提供所需的公共服務。

第二階段 Skanska 公司採用 BIM 能源建模技術進行

Härmälänranta 開發項目生命週期成本 (LCC) 分析，依據當地能源公司 BIM 數據和成本數據評估在不同能源情況 40 年期間生命週期成本，包括太陽能熱能、電能補充及地源熱泵等，其中地源熱泵供熱生命週期總成本最低，年總淨現成本比集中供熱低 25% 左右，故地源熱泵供熱被認為是 Härmälänranta 第二階段發展的重點，此外，生命週期成本的分析也將生命週期碳排放量納入能源方案分析，作為能源選項決策評估參考。

Härmälänranta 開發項目中目前已完成的 Humu 與 Pyry 公寓住宅單元，Skanska 公司在設計施工階段即將其用電密度設定為相較於芬蘭的建築法規能源類 A 能源消耗比約低 25% 的 95 kWh.yr/m²；這樣的目標透過來自該市高效節能的區域供熱系統來達成，同時如能全面納入能源等級 A+ 的家電設備，將能達到更優異的能源效率表現。另依 Härmälänranta 第二階段提升區域能源效率的規劃需要，該公司建立了能源分析模型，提供開發設計人員進行各種節能措施模擬分析，同時檢視節能措施對於建築或區域層級能源消費模式的影響。建築碳足跡評估也被納入這 2 個住宅單元項目實證，Skanska 公司運用綠色 BIM 技術計算出其碳足跡為 255 kg/m²，其中混凝土建材碳足跡約佔其 2/3；這 2 個碳足跡實證項目，將作為該公司建立未來芬蘭住宅建築碳排放量基線與瞭解減碳作為的重要基礎。



圖 4-93 Härmälänranta 住宅雨水排水管及玄關過篩導水格柵



圖 4-94 坦佩雷市區至 Härmälänranta 住宅開發區智慧公車系統

雨水管理部分，Härmälänranta 主要計畫納入一個複合雨水系統，將來自屋頂和硬鋪面的雨水導入具備油水分離器的水渠道，引流至雨

水花園、生態淨化池及蓄水池，作為流入都市雨水排水系統前的過濾及貯留設施，根據規劃，過量的雨水將被導流至相鄰區域較大的雨水花園，提高雨水貯留的效率。



圖 4-95 Härmälänranta 住宅社區、新建區與區域供暖設施



圖 4-96 Härmälänranta 永續住宅開發區雨水排水、滲透及貯留設施



圖 4-97 Härmälänranta 永續住宅採預鑄式開放建築工法施作



圖 4-98 Härmälänranta 永續住宅施工完成現況

(圖 4-93 至 98 本研究拍攝)

Skanska 公司藉由 Härmälänranta 再發展開發項目，展現主導芬蘭住宅綠色永續與智慧能源管理的企圖，同時透過實證與相關試驗，積極推展能源分析模型的應用範疇，值得全面推動節電減碳的科研與政策規劃參考。

二、布拉格智慧綠建築案例^[45]

捷克（布拉格）第 1 棟獲得美國 LEED 白金級認證的辦公建築大樓 City Green Court，為地面以上 8 層，地下 2 層之商辦用途建築物，總樓地板面積 約 1 萬 6,300 m²；建築物座落於布拉格市第 4 區 Pankrác 商業區，目前由捷克 Skanska 公 司營運管理。該案為當地既有污染地再利用的開發案，緊鄰縱貫布拉格市南北向地鐵（Line C）通過之購物中心與地標商辦高樓。本案長寬接近正方形的平面配置，

中央區設計為全挑空之採光天井中庭，使得辦公空間大部分接能獲得二面充足的自然採光，同時採落地窗設計使辦公區全室晝光導入成果良好；另於西向立面並採用對應日射方位角之垂直遮陽設計，在獲得充分自然晝光外，亦能減少西曬日照熱負荷，減緩空調能源負載。敷地環境多採透水鋪面設計，同時以喬木及綠鋪面進行綠化，提高建築與環境的友善關係；外牆以白色高反射率的建材設計，開口部亦採高能源效率玻璃建材，以減緩建築外殼熱負荷。

依據該案簡介資料顯示，通過美國 LEED 認證的項目包括：永續敷地環境、水資源有效利用、能源效率與臭氧層大氣環境保護、建材循環利用、室內環境品質及創新與設計等項。



圖 4-99 City Green Court 地面層平面圖

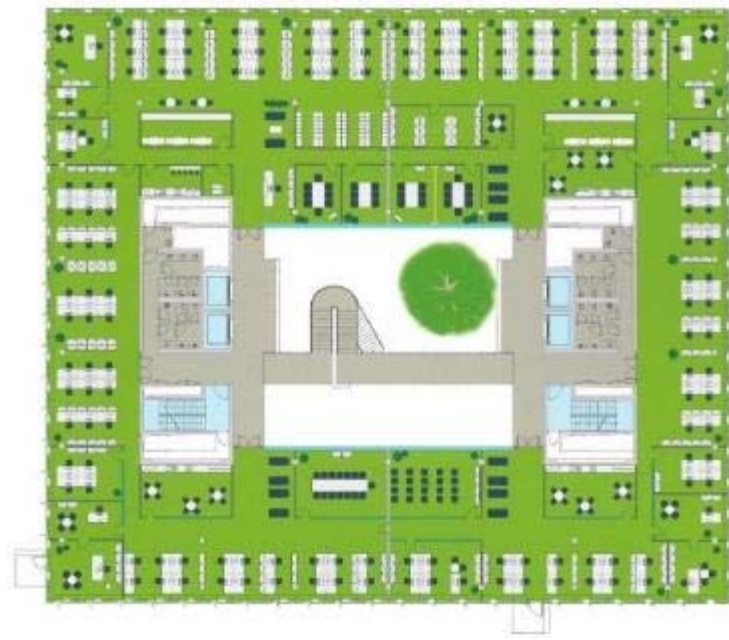


圖 4-100 City Green Court 標準層平面圖



圖 4-101 City Green Court 南向與東向立面



圖 4-102 City Green Court 外觀各向立面



圖 4-103 西向立與中庭採光天井



圖 4-104 中庭與室內簡單明亮裝修



圖 4-105 中庭室內綠化



圖 4-106 戶外透水鋪面與植栽綠化



圖 4-107 入口透水鋪面設計



圖 4-108 中庭樓梯



圖 4-109 戶外透水鋪面與植栽綠化



圖 4-110 入口透水鋪面設計



圖 4-111 中庭採光與綠化



圖 4-112 地板出風式空調送風設計



圖 4-113 西向立面遮陽板與敷地透水設計及雨水截水溝



圖 4-114 西向立面垂直遮陽設計 (圖 4-101 至 114 本研究拍攝)

Green thinking in reality

Environmentally conscious solutions:

- 1 Sustainable Sites (SS)**
 - Excellent accessibility by public transport
 - A green park in the vicinity of the project
 - Services within close proximity
 - Construction on brownfield
 - Reserved parking for hybrid vehicles and electromobility
 - Green roof
 - Parking for bicycles, showers and locker rooms
 - Reduction of light pollution of the project's surroundings
- 2 Water Efficiency (WE)**
 - Use of rainwater for irrigation and air-conditioning
 - Limiting water wastage
 - Highly efficient irrigation system (1)
- 3 Energy Efficiency, protection of ozone layer and atmosphere (EA)**
 - Low-pressure air-conditioning, ventilation and heating
 - Cooking hoods for distribution of cool and fresh air (2)
 - Advanced lighting system: automatic light switches, occupancy sensors (3)
 - Daylight intensity is actively controlled by light
 - Separate metering of energy and water consumption
- 4 Materials (MR)**
 - Products on the basis of wood with FSC certificate
 - Recycling of building waste
 - Use of regional materials
 - Communal waste separation
 - Use of recycled materials
- 5 Indoor Environmental Quality (IEQ)**
 - Monitoring of interior and exterior CO₂ emissions
 - The option of automatic switching off of work stations after working hours
 - Healthy work environment
 - Automatic regulation of fresh air feeding according to CO₂ level
 - Control of chemical pollution sources
 - Individual temperature control
 - Combination of interior and exterior climate (4)
- 6 Innovation and Design (ID)**
 - Green educational programme
 - ISO 14001 certified general contractor
 - Very efficient system of drinking water retention

Energy consumption of the building totals ca 82kWh/sq m per year.

The advanced lighting solution reduces energy consumption by 60%.

圖 4-115 City Green Court 通過美國 LEED 認證項目之簡介說明

三、芝加哥綠色科技中心^[46]

芝加哥綠色科技中心隸屬於芝加哥市政府環保局，以永續環保的理念推動綠建築科技宣導與教育訓練工作，展示著芝加哥市政府推動永續城市的決心；該中心入口門廳展示台展現中心從陽光、水、風、雲、大地這些大地資源著手，關心環境發展與資源利用的願景，以肩負著技術傳承、宣導展示與教育訓練的重責大任。

也因為中心所在地原為非法廢棄物堆置場污染地(Brown Field)，芝加哥市環保局與原企業所有人進行訴訟交涉，移除廢棄物，採用 36% 的回收或可再生材料興建完成創新的綠色科技展示館，並包括節能空調、照明、雨水利用系統，於 2002 年春天竣工啟用，取得 LEED 白金級認證。

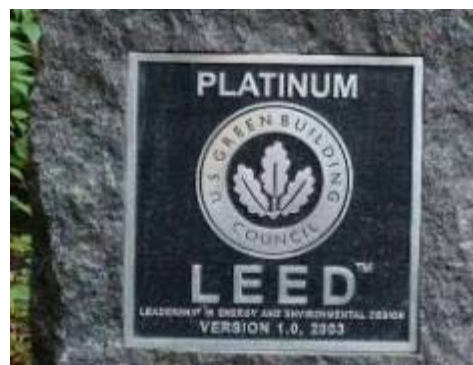


圖 4-116 芝加哥綠色科技中心 LEED 白金級認證



圖 4-117 芝加哥綠色科技中心入口



圖 4-118 芝加哥綠色科技中心正面外觀



圖 4-119 芝加哥綠色科技中心採光天井與浮力通風口



圖 4-120 芝加哥綠色科技中心敷地透水鋪面與綠化設計



圖 4-121 芝加哥綠色科技中心雨水收集貯留槽

(圖 4-116 至 121 本研究拍攝)

該中心一般展示內容包括綠屋頂、建築回收材料、太陽光電、立體綠化與生態多樣性的景觀設計等，另闢有訓練講習教室與綠建材專用展示室，係以再生、省能與健康建材、設備產品規劃建置完成，並由志工擔任管理大任，同時該中心提出 Greencorps Chicago Program，為失業人士或更生人，訓練綠化景觀的工作能力，這些學員結業後可以到社區或協助地方園丁進行綠化工作，或是進入景觀園藝公司就職。



圖 4-122 綠色科技中心志工展示
透水建材模型



圖 4-123 綠色科技中心志工介紹
省水器具

(本研究拍攝)

綠建築科技中心並與伊利諾大學合作辦理環境與太陽光電十項全能競賽，同時共同設置太陽光電與木構造實驗屋，進行建築再生能源利用研究，同時作為展示宣導與教育訓練的場所。美國相關教育訓練展示中心或遊客服務中心，廣泛活用志工制度，搭配適當的教育訓練，提供服務的整體過程中充分展露其熱忱與專業，可作為智慧綠建築科技發展成果應用推廣策略規劃參考。



圖 4-124 與伊利諾大學共同建立的太陽光電發電與木構造實驗屋

此外，芝加哥前市長德雷（Daley）上任後陸續推動植樹計畫、綠屋頂計畫以及綠建築計畫等，增加都市景觀美化，減緩城市熱島效應，為都市降溫，2000 年並在芝加哥市政廳開始推展綠屋頂計畫，而千禧公園所在位置，自芝加哥早期都市規劃即納為湖岸區都市開放空間，是繼 1893 年芝加哥舉辦萬國博覽會以來，最大的建築計畫，也成為芝加哥最大的綠屋頂。千禧公園自 1997 年 10 月開始規劃、1998 年 10 月動工，2004 年 7 月 16 日完工，面積廣達 24.5 英畝，種植超過 900 棵的樹木、矮灌木等各式植被，吸收與淨化雨水，淨化空氣，降低熱島效應；同時在公共藝術的規劃上，融合了建築、雕塑、空間與音樂休閒的設計，包括建築大師 Frank Gehry 設計的 Jay Pritzker Pavilion 音樂廣場，Jaume Plensa 設計的互動式公共藝術 Crown Fountain，以及 AT&T 廣場上由英國藝術家 Anish Kapoor 在美國創作的第一件戶外雕塑公共藝術品 Cloud Gate，此外並包括戲劇院、藝廊展示廳等，提供社會、文化、經濟等多元的用途。



**圖 4-125 千禧公園 Cloud Gate
與高層建築**



**圖 4-126 千禧公園 Cloud Gate
與與互動民眾**



圖 4-127 千禧公園 Cloud Gate



**圖 4-128 千禧公園 Jay Pritzker
Pavilion 音樂廣場**

芝加哥市政府為鼓勵綠建築之興建，特別推出「Green Permit Program」，綠建築從送件審查到取得發照許可，依其規模大小，審查日數從 15 個工作天到 30 個工作天不等，提高建設業界進行綠建築設計與申請的意願；另也參照在地氣候條件將 LEED 轉換提出適合芝加哥的綠建築評估系統，考慮當地多雨的水處理策略，因此，本次年會會場 McCormick Place 即建立一座處理暴風雨的下水道，可以在短時間

內導引 5,500 萬加侖的雨水進入密西根湖。(參考汪文豪,「芝加哥超人氣市長幫城市降溫」,天下雜誌,第 386 期 P.140-P.144)

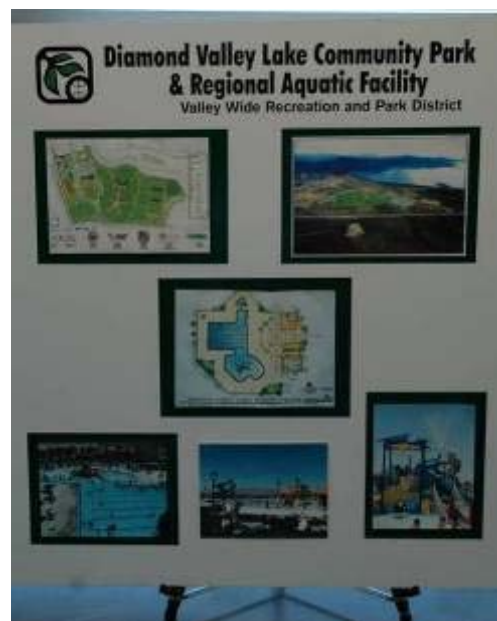
四、加州鑽石谷湖區遊客中心 (Diamond Valley Lake Visitor Center) ^[46]

Diamond Valley Lake Visitor Center 位於加州屬於礫漠地質區的重要水源地,主要任務是水資源利用與水力發電的教育與展示功能。遊客中心屋頂及廊道頂部設置有太陽能光電發電系統,同時於兼具遮陽隔熱設施的功能,同時建築本體採用高反射外牆材質施作,建築物在再生能源與建築隔熱的設計效能相當優異。

展示部分包括湖區水力發電的發展沿革與設施概要,水力發電設施構造展示模型,水資源利用的宣導看板與多媒體影片,以及再生能源系統實作與其即時監測資料顯示屏幕等,另設設置互動是發電器具供參觀者操作,提高教育學習的趣味性,另於中心西側並設立有科學博物館,提供地球上不同世代演化相關科學考古的展覽。



**圖 4-129 Diamond Valley Lake
Visitor Center 入口**



**圖 4-130 Diamond Valley Lake
湖區設施展示看板**



圖 4-131 Westerncenter museum 建築外觀



圖 4-132 節約水資源宣導展示台



圖 4-133 太陽光電與自然能源展示模型



圖 4-134 Diamond Valley Lake
水力發電設施解說海報



圖 4-135 水力發電設施機組運轉
模型

(圖 4-124 至 135 本研究拍攝)

第八節 智慧綠建築科技發展主軸與課題

依據氣候變遷調政策綱領的宣示，我國溫室氣體排放量預計 2020 年回到 2005 年的水準，於 2025 年回到 2000 年溫室氣體排放量水準（214 百萬噸）；長期而言，於 2050 年回到 2000 年溫室氣體排放量 50% 的水準。為達成前述減量目標，行政院賡續於 2009 年底成立「行政院節能減碳推動會」，並通過「國家節能減碳總計畫」及其十大標竿方案，包含「健全法規體制」、「改造低碳能源系統」、「打造低碳社區與社會」、「營造低碳產業結構」、「建構綠色運輸網絡」、「營建綠色新景觀與普及綠建築」、「擴張節能減碳科技能量」、「推動節能減碳公共工程」、「深化節能減碳教育」及「強化節能減碳宣導與溝通」等多面向，政府期望結合跨部會間之力量，統籌規劃及推動包含產業、運輸、住宅以及生活等各層面的具體行動，有系統地引導全民邁向低碳社會，達到我國承諾的節能減碳目標。除了該項綱領的宣示外，並已訂定溫室氣體減量及管理法，透過具體法令引導減量與調適政策的落實，提升對應氣候與環境變遷的能力。

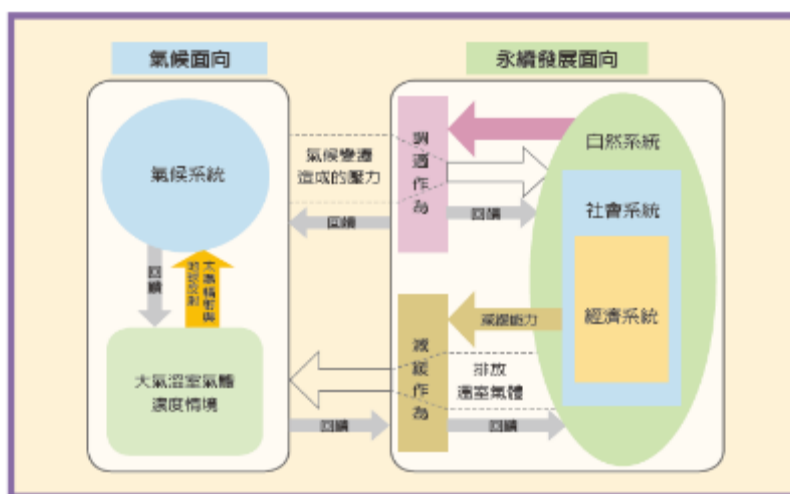


圖 4-136 氣候變遷減緩與調適的關係圖^[47]

（資料來源：推動氣候變遷調適建構低碳永續台灣，經建會都市及住宅發展處）

配合我國節能減碳目標與政策措施推動需要，內政部建築研究所前期綠建築相關方案及科技計畫累積豐碩成果，雖已促成建築與營建產業轉型發展，但新建建築物開發興建、既有建築延壽等因素，使建築物總量持續增加，建築物新建與使用階段之能資源需求仍高，環境負荷仍然相當沈重，為確保並提升臺灣居住環境品質，賡續將配合創新產業五加二計畫，延續辦理創新低碳綠建築與循環永續智慧綠建築科技整合相關技術研發，期能透過法令、標準、政策與產業發展策略建議，引領我國建築發展朝低碳永續方向精進。

檢視比較執行中的創新低碳綠建築與智慧化環境科技計畫研發主軸與執行策略，可以發現目前 2 案計畫聚焦於綠建科技築與智慧建築推廣應用範疇，對應氣候變遷的調適與減緩的策略部分，則尚未積極規劃。尤其在建築溫室氣體排放量的量化、驗證與檢核方面，難以掌控相關基礎資料，包括：建築總量（總樓地板面積、年期、戶數及建築規模）、建築能源使用現況（總用電量、建築類別用電量、分區用電量、年均用電量及逐月用電量等）、住宅與非住宅建築類型用電密度及使用模式調查，以及現行建築法令對建築溫室氣體排放減量管理的可用工具等。

表 4-2 創新低碳綠建築與智慧化環境科技計畫研發主軸與執行策略比較

創新低碳綠建築環境科技計畫		智慧化環境科技計畫	
研發主軸	執行策略說明	執行策略說明	研發主軸
低碳綠建築與節能減碳科技	(1) 低碳綠建築與建築碳足跡評估技術 (2) 建築節能減碳技術	(1) 辦理有關高齡者、安全防災及治安維護智慧環境科技、結合雲端巨量資料整合服務應用等研究。 (2) 辦理智慧建築創作競賽。	創新服務與整合發展
生態環境與	(1) 生態環境暨低碳城	(1) 未來社會智慧環境	產業發展與

低碳城市評估機制	市科技 (2) 都市計畫區微氣候資料庫及預測模式建立 (3) 低碳城市與建築基地保水綠化技術評估 (4) 低碳綠建築節水潛力評估與節能減碳機制	科技需求調查推估研究。 (2) 形成研究團隊，培育博碩士生。	人才培育
創新建築材料工法技術與開發應用	(1) 創新綠建材環境效益評估與推廣應用 (2) 創新健康建築技術與室內環境品質	(1) 維運智慧化居住空間展示中心至少 3 處，並更新展示內容。 (2) 推動智慧建築標章或候選智慧建築證書評定。 (3) 輔導既有建築物智慧化改善。 (4) 編撰智慧建築標章設計案例與既有建築物智慧化設計案例選集。	示範應用與展示推廣
低碳綠建築教育法制與應用推廣	(1) 低碳綠建築資訊系統整合設計運用 (2) 低碳綠建築知識系統與生活應用推廣	(1) 辦理智慧建築標章推廣說明講習會及專業設計培訓課程。 (2) 辦理智慧建築專業評定機構業務監督查核作業。 (3) 編寫智慧建築設計技術彙編或標章認證指南資料。 (4) 辦理公有建築物取得智慧建築標章相關規定推廣講習	相關機制研擬與法規研修

		會。	
		(1) 召開跨部會產業整合推動會議。 (2) 辦理高齡者照護、安全防災及保全服務、雲端服務及巨量資料整合應用等相關產業交流會議。 (3) 辦理建築產業或購屋消費者智慧環境科技行銷活動。	推動辦公室與推動小組運作

經蒐集參考國際間與我國智慧綠建築發展的現況與成果，並就內政部建築研究所的組織定位、人力、預算與權責等面向進行分析，僅就推動智慧綠建築發展的優勢、劣勢、機會與威脅逐項說明如下：

(一) 優勢 (Strength)

1. 目前智慧綠建築由我國政府公部門辦理建築相關研究之最高機關內政部建築研究所主推，具有主導國內建築相關研究方向及規劃運用政府研究資源的優勢。
2. 前期研究方向多能配合國家重大政策規劃，研究成果並能及時透過政府部門立法程序落實為建築法規、建築技術規則與技術規範等法令，加速政策推行。
3. 內政部建築研究所下設國家建築實驗中心，並累積綠建築、綠建材、建築防火、耐震、都市防災、營建工程、材料科技、建築管理法規與政策措施等豐富成果，具有即時政策研究與創新科技研發之能力，及整合研發與政策制訂之獨特優勢。
4. 歷年規劃陳報行政院核定主辦「智慧綠建築推動方案」及「永續智慧城市-智慧綠建築與社區推動方案」等，透過綠建

築創新環境與智慧建築科技研發，落實研究成果及技術研發至行政措施整合與執行，積極引導資通訊（ICT）產業發展，促成我國建築技術升級與科技發展。

（二）劣勢（Weakness）

1. 內政部建築研究所肩負國家建築重大發展政策之研究課題，執掌任務與研究預算規模難以對應，且在內政部科技預算總體額度限制下，相較於其他行政機關研究預算低著實偏低，對於機關人員及研究執行團隊在工作時間以及經費運用上面臨強大壓力，對於具有領導地位與高品質要求的國家級建築研究機構，顯為不利發展的因素。
2. 內政部建築研究所人力不足，部分國內設備或建材項目之試驗項目無法支援，因應營建業界對創新科技材料工法研發的急迫需求，短時間尚難以對應。
3. 本所雖為國內層級最高建築研究機關，但在節能減碳等議題的領域，其層級未如國家發展委員會、行政院環境保護署及科技部、經濟部等機關，導致許多重要研究成果與法令草案無法適時納入施政及時應用，導致研究執行績效難以彰顯。

（三）機會（Opportunity）

1. 我國依聯合國發表之「二十一世紀議程」及 COP 21 巴黎氣候協定作為推動永續發展的藍本，與創新低碳綠建築環境與智慧建築科技計畫可適時連結整合，可創造資源共享的契機。
2. 以政府部門主導綠建築相關科技研發之政策與績效，已成為國際綠建築政策發展之先驅，同時將綠建築創新科技研發成果落實於政策法令，亦為領先國際之創舉，為全面擴大推動低碳綠建築與開創嶄新建築環境科技，建立良好的研發基礎。

- 3.自京都議定書 2005 年正式實施後，為減緩地球暖化與氣候劇烈變遷，世界各國致力於溫室氣體減量以及廢棄物零排放等工作，我國並於 2015 年完成溫室氣體減量及管理法之立法，相關發展主軸均對建築環境與永續議題極為關注，而內政部建築研究所長期推動綠建築研究與政策的發展主軸，已在國際永續建築研究領域佔有一席之地。
- 4.積極參與國際建築與營建工程技術組織，提升建築研究水準及國際地位，包括國際營建研究創新聯盟（CIB）、美國之國際營建法規聯盟（ICC）、日本建築中心資訊交流會（BCJ）等，有利於掌握國際工程技術發展趨勢與先機，同時利用國家級實驗設施與歷年建立之研發能量，並能積極爭取拓展國際合作研發與推廣的機會。

（四）威脅（Threat）

- 1.今日全球暖化問題日趨嚴峻，世界各國與台灣目前均面臨原物料缺乏以及石油短缺第 3 次能源危機，全球能源價格變動劇烈，且建材原物料來源匱乏取得不易，國家經濟、能源安全、產業發展與生活機能面臨嚴苛考驗，有待全面發展低碳綠建築節能減碳技術、低碳城市生態環境、創新材料技術工法與建築能源管理技術，始能具體因應。
- 2.溫室氣體已成為國際性的環境議題，國際間綠色環境產業亦快速發展，歐盟及美、日等國強力推銷自有綠建築技術與評估工具，以及相關綠建築高科技產品，加上 WTO 與區域環境標章認證等限制所產生的國際貿易障礙，對國內綠建築、綠建材產業發展造成重大威脅。
- 3.近年來，先進各國對於建材之健康性、環保性及安全性之要求逐漸提高，相關的技術規範逐漸形成技術性貿易障礙，以取代傳統關稅障礙；且隨著環保意識的抬頭，許多國際間買

主皆注重產品是否為綠色廠房、綠色製程所生產出的產品，碳足跡也被廣泛標示於日常生活可見之各項產品中，許多國家運用綠色經濟制裁將非環保性商品課以重稅或停止販售，對我國建材外銷構成實質限制及障礙。

因應氣候變遷的智慧綠建築科技研發方向，必須順應環境所面臨的危機與挑戰，從環境、資源、安全、健康與產業發展等面向依序評估，導入科技研發、政策引導、規範管理與成果應用的整合服務機制，完整考量土地、建築與人的供需平衡，規劃循環永續智慧綠建築科技研發整合服務方案，從環境（溫室氣體排放、暖化、都市熱島效應）、資源（水、能源、電力及建築資材）、土地（生態體系、承载力與容受度）及人（安全、健康與舒適）等主軸方向規劃具體計畫課題，並將綠建築與智慧建築發展內涵縱橫連結，以健全新建建築物設計施工管理，並達到既有建築效能提升延長年限的積極目標。

同時應在既有國家建築實驗設施與研發技術的基礎上，積極尋求產學合作與國際交流機會，研議合作研發體制，增加計畫維運的彈性與滾動檢討空間，以發揮內政部建築研究所肩負我國建築產業研發龍頭的重要組織功能。

第五章 結論與建議

第一節 結論

近年在全球氣候變遷下，對於生態環保與能源永續的需求日益殷切，結合運用智慧及綠色科技的突破與創新，以及網路、雲端技術與物聯網等的應用普及，來對應自然與社會環境的衝擊挑戰，已成為全球各國家與地區所面臨的永續發展之政策課題與重點。除綠建築規劃設計技術外，內政部依據行政院核定推動方案，積極展開綠建築與智慧建築的整合與推動工作，將 ICT 技術應用於節能領域，以智慧綠建築為發展基礎，應用各項 ICT 技術提供服務，包含 IOT 物聯網、雲端應用服務、大數據及開放資料模式等，藉由智慧科技系統設施相助實施包括城市治理、居住安全安心、節能管理、交通運輸、產業創新等應用服務，有效提供城市居民在生活、工作、交通、教育、醫療、照護、休閒等服務，建置更安全便利、健康舒適且節能永續的居住環境，2016 年行政院再核定「永續智慧城市-智慧綠建築與社區推動方案」，以建設節能永續的智慧新臺灣，本計畫即從科研角度蒐集國內外智慧綠建築研發成果與制度現況，分析研議未來發展策略與主軸。

本研究蒐集並檢視英國、美國、加拿大、日韓及香港、大陸等國家地區之智慧綠建築科研文獻與標章系統之發展現況，並將針對國內現有智慧綠建築標章科研發展與評定制度現況，進行比較分析，據以研提我國智慧綠建築科技研發方向與架構，規劃未來發展願景。我國刻正由智慧綠建築點逐步邁向社區線與城市面發展，參考國際間蓬勃發展的綠建築、永續環境、智慧建築 ICT 產業，以及因應氣候變遷調適下的韌性城市概念，本計畫對應臺灣環境與氣候特徵，並參照國際智慧綠建築科研路線與成果，嘗試規劃下一階段的綠建築與智慧建築科研藍圖，作為政策措施擬議的根基。

我國目前智慧綠建築科技研發以綠建築科技面向較為完整紮實，智慧建築科技計畫則偏向應用推廣內涵，相關智慧建築研究課題礙於 ICT 科技與建築、設備系統技術的差異，相關關鍵技術與專利授權問題，始終未能有完整的研發戰略，包括整合建築產業、設備系統開發方與供應商、乃至於系統整合與服務技術等，故本計畫將在綠建築科研基礎下，嘗試探討研議下一階段智慧建築或智慧綠建築、社區科技發展架構與策略，俾能作為引領我國智慧綠建築科技發展的標竿。

本計畫獲得下列研究發現與結論：

- (一) 依據各國智慧綠建築科技研發與政策推動經驗，智慧綠建築在整體建築技術層面而言，是包含了被動式與主動式建築設計的範疇，被動式綠建築從生態、節能、減廢與健康四大面向導入新建建築物之永續設計，從建築本體創造的優質性能；而主動式智慧建築，則以建築安全、健康、便利、舒適、節能、永續相關的設備面向著眼，分別在綜合佈線、資訊通信、系統整合、設施管理、安全防災、節能管理、健康舒適、智慧創新等 8 大指標設備項目逐一落實。
- (二) 智慧綠建築政策歷經綠建築推動方案、生態城市綠建築推動方案、智慧綠建築推動方案及永續智慧城市-智慧綠建築與社區推動方案的推動後，已建立紮實的基礎，並將從建築點擴大到社區線、城市面，近期並積極推動智慧社區實證計畫，將能透過實際案例落實應用智慧綠建築技術的經驗，帶動臺灣全面拓展永續智慧城市理念。
- (三) 創新低碳綠建築、智慧建築、智慧社區、智慧城市及近零耗能建築為目前國際永續建築與環境科技研發的主軸，現階段研究課題與未來政府科技研發計畫應積極規劃，並配合總統政見有關創新產業發展方向審慎研議。



106 年度綠建築科技研發課題徵詢及規劃概況

(四) 規劃國際及兩岸智慧綠建築科技研發合作與交流活動，積極參與國際會議發表分享研發成果，爭取跨國合作與產業輸出的機會。

第二節 建議

針對本研究成果，提出以下建議：

建議一

智慧綠建築科技研發主軸應順應環境所面臨的危機與挑戰，從環境、資源、安全、健康與產業發展等面向依序評估，導入科技研發、政策引導、規範管理與成果應用的整合服務機制，完整考量土地、建築與人的供需平衡，規劃循環永續智慧綠建築科技研發整合服務方案，從環境（溫室氣體排放、暖化、都市熱島效應）、資源（水、能源、電力及建築資材）、土地（生態體系、承载力與容受度）及人（安全、健康與舒適）等主軸方向規劃具體計畫課題，並

將綠建築與智慧建築發展內涵縱橫連結，以健全新建建築物設計施工管理，並達到既有建築效能提升延長年限的積極目標：立即可行建議。

主辦機關：內政部建築研究所

建議二

在既有國家建築實驗設施與研發技術的基礎上，積極尋求產學合作與國際交流機會，研議合作研發體制，增加計畫維運的彈性與滾動檢討空間：長期性建議。

主辦機關：內政部建築研究所

建議三

參照國際建築研究會議針對未來建築科技研發議題規劃之重要專題演講，包括從新興經濟體和發展中國家發展永續建築與營建體系的創新商業契機、歐盟資助的FP7建築科技研究方案（協同整體設計實驗室和嵌入式節能建築的方法）、建築設計與管理研究路線圖及芬蘭推動永續智慧社區發展的個案經驗等，協助公私部門營造節能永續低碳智慧綠建築，後續可納為循環永續綠建築創新環境科技發展主軸規劃的參考：長期性建議。

主辦機關：內政部建築研究所

附錄一 審查會議紀錄與回應

一、105 年 3 月 21 日內政部建築研究所 105 年度研究業務協調會議紀錄及處理情形

審查意見	辦理情形
1. 2016 年版智慧建築評估手冊雖已於本年 2 月公告，但尚未正式施行，本計畫針對目前公告之手冊相關內容進行檢討之研究方向，似有再商榷之處，請再審酌調整。	遵示辦理。
2. 因應我國智慧建築標章制度及其科技計畫後續發展之需，建議廣泛蒐集國際間智慧建築認證體系與分級制度，比較各國智慧建築評估系統與指標項目，並探討其分級評定與級距分析採用的理論與方法，期能提出適合未來我國研訂智慧建築標章分級級距的理論基礎。	將修正為蒐集比較國內外智慧建築標章系統與科技研發架構，作為下一階段智慧建築科技計畫發展之規劃參考。
3. 建議針對國際間智慧建築有關導入 IOT、物聯網及雲端計算之技術發展與應用議題深入探討，俾作為下一階段智慧建築科技計畫發展方向與課題研議之參考。	
4. 研究題目建議修正為「我國智慧建築標章系統與國際發展趨勢比較研究」。	業遵示修正計畫方向與名稱。

二、105 年 8 月 4 日期中會議紀錄及處理情形

審查意見	辦理情形
1. 全國建築師公會之「智慧綠建築跨領域產業整合」專案計畫中，發現歐美國家在本案相關領域中，焦點均放在綠建築與智慧建築的交集「節能」指標上，包含提升能源效率、新能源與再生能源系統及能源管理系統等，而且各國直接訂出短中長期目標，並於法令中落實、輔導協助產業發展，而非僅流於標章形式，值得我們深思借鏡。	國發會委託執行之智慧綠建築產業相關研究文獻將持續蒐集檢視，並與綠建築、智慧建築合併推動的政策依據或相關研究納入文獻參考。

2.期中報告第 7-9 頁綠建築推動現況部分似為引用 2012 年版本的綠建築評估手冊，建議調整為 2015 年版；另部分內容亦請配合修正，如 RN 合格級與鑽石級的比例。	有關綠建築標章論述相關內容將配合依《綠建築評估手冊--2015 年版》調整。
3.目前一些國際重要永續建築會議，不論是在能源或室內環境品質課題，都非常重視氣候變遷的影響，建議在研發主軸與課題規劃時，納入氣候變遷相關議題。。	未來氣候預測數據納入節能減碳政策、法規或技術發展的參考資料，相當創新且極為重要，將再蒐集相關資料作為後續研究參考。
4.建議應分別針對不同尺度智慧建築、智慧社區、智慧城市之全球評估指標項目加以比較，並將我國現有標章制度與相關指標納入，案例部分則建議檢討其規模之適用性。	本計畫將在時間容許情況下，再蒐集智慧綠建築、社區城市不同層級評估系統與指標，進行比較分析，但國外推動成效與調查驗證部分，現階段尚無法配合納入。
5.建議參考與會專家學者意見調整計畫題目，俾能對應整體內容架構與後續科技研發主軸之規劃需求。	參酌委員意見並配合研究內容方向，本案研究題目調整為「因應氣候變遷調適的智慧綠建築發展課題探討研究」

三、105 年 12 月 2 日期末會議紀錄及處理情形

審查意見

辦理情形

1.請補充說明本計畫研究主題調整的歷程。	本計畫名稱係參照研究業務協調會議及期中審查之建議與結論調整，並據以執行後續研究。
2.本研究進行大量的文獻分析與參訪，但在結論的收斂上，針對氣候變遷調適、智慧綠建築後續發展方向及課題尚未有明確的分析，建議能將簡報 P.33-P.36 所列內容納入成果報告，歸納比較各地作法，並檢視我國因應氣候變遷所需的建築研究需求，提出具體課題方向，作為後續研究發展的架構。	本計畫依內政部要求，前已於本（105）年 9 月底繳交期末報告，前揭建議修正事項（包括圖表資料來源、研究建議事項及進度說明等）業於成果報告電子檔案中調整修正。
3.圖表資料來源漏列部分請補充	業參照意見修正補充。
4. 相關案例資料建議考量彙整為對照比較表方式呈現，俾利參閱。	囿於時限，後續相關研究執行參考時再另案彙整。

參考書目

1. 何明錦，從環境變遷探討臺灣智慧綠建築推動策略與未來展望，第十一屆中國城市住宅研討會，中國青島，2015 年 7 月。
2. 創新低碳綠建築環境科技計畫（3/4），內政部建築研究所，2016 年 5 月。
3. 內政部建築研究所金檔獎參獎海報，2014。
4. 創新低碳綠建築環境科技計畫（3/4）自評簡報，內政部建築研究所，2016.05。
5. 綠建築評估手冊，內政部建築研究所，2015。
6. 智慧化環境科技發展推廣計畫（1/4），內政部建築研究所，2014 年 4 月。
7. 智慧建築評估手冊 2016 年版，內政部建築研究所，2016.02。
8. 陳伯勳，住宅類智慧綠社區空間規劃要項之研究，內政部建築研究所自行研究成果報告，2015.12 綠色工業建築評價技術細則，大陸住房城鄉建設部，2015 年 2 月。
9. 網站資料：<http://lyj.fj.61.net/upload/2014-11/14111908571935.gif>。
10. 國內外綠建築評估系統比較-劉庭芬、陳清楠，中興工程，Vol.113 pp.87-94，2011 年 10 月。
11. 智慧綠建築跨領域整合產業發展之研究，中華民國全國建築師公會，國家發展委員會委託研究報告，2014.09。
12. 綠色工業建築評價技術細則，大陸住房城鄉建設部，2015 年 2 月。
13. 綠色建築評價資訊網
<http://www.cngb.org.cn/index.action?sid=402888164fafa133014fb08416ca000d>。
14. 何明錦、呂文弘，”辦理智慧生態城市規劃建設考察報告”，內政部建築研究所因公赴大陸地區人員報告，2015.10。
15. 何明錦、趙又嬋，我國近零能源建築設計與技術可行性研究，內政部建築研究所協同研究成果報告，2015.12。
- 16.” 2013 綠建築在台灣 Green buildings in Taiwan：第七屆優良綠建築作品專輯”，內政部建築研究所。
- 17.” 2015 綠建築在台灣 Green buildings in Taiwan：第八屆優良綠建築作品專輯”，內政部建築研究所。
18. <http://solarthermalworld.org/content/austria-european-buildings-directive-demands-better-interaction-building-technologies>。
19. 許晃雄等，台灣氣候變遷科學報告 2011, satis.ncdr.nat.gov.tw/ccsr/index.files/introduce.htm
20. SE Belcher, JN Hacker and DS Powell, Constructing design weather data for future climates, Building Services Engineering Research Technology 26(1)(2005) 49-61
21. JN Hacker, Modelling passive and active cooling strategies for housing under present and projected future climate – a case study of London, Proceedings of Conference: Air Conditioning and the Low Carbon Cooling Challenge, Cumberland Lodge, Windsor, UK, 27-29 July 2008

22. R. Aguiar, M. Oliveira, H. Gonçalves, Climate change impacts on the thermal performance of Portuguese buildings, *Building Services Engineering Research and Technology* 23(4)(2002) 223-231
23. B. Vidrih, S. Medved, The effects of changes in the climate on the energy demands of buildings, *International Journal of Energy Research* 32(11)(2008) 1016-1029
24. T. Frank, Climate change impacts on building heating and cooling energy demand in Switzerland, *Energy and Buildings* 37(11)(2005) 1175-1185
25. M. Christenson, H. Manz, D. Gyalistras, Climate warming impact on degree-days and building energy demand in Switzerland, *Energy Conversion and Management* 47(6)(2006) 671-686
26. X.M. Wang, D. Chen, Z.G. Ren, Assessment of climate change impact on residential building heating and cooling energy requirement in Australia, *Building and Environment* 45(7)(2010) 1-19
27. X.M. Wang, D. Chen, Z.G. Ren, Global warming and its implication to emission reduction strategies for residential buildings, *Building and Environment* 46 (2011) 871-883
28. R. Zmeureanu, G. Renaud, Estimation of potential impact of climate change on the heating energy use of existing houses, *Energy policy* 36(1)(2007) 1-4
29. L. Guan, Energy use, indoor temperature and possible adaptation strategies for air-conditioned office buildings in face of global warming, *Building and Environment* 55(2012) 8-19
30. M. Camilleri, R. Jaques, N. Isaacs, Impacts of climate change on building performance in New Zealand, *Building Research and Information* 29(6)(2001) 440-450
31. S. Delfani, The effects of climate change on energy consumption of cooling systems in Tehran, *Energy and building* 42(10)(2010) 2-6
32. H. Radhi, Evaluating the potential impact of global warming on the UAE residential buildings—a contribution to reduce the CO₂ emissions, *Building and Environment* 44 (12)(2009) 2451-2462
33. B.I. Ouedraogo, G.J. Levermore, J.B. Parkinson, Future energy demand for public buildings in the context of climate change for Burkina Faso, *Building and Environment* 49(2012) 270-282
34. A. Robert, M. Kummert, Designing net-zero energy buildings for the future climate, not for the past, *Building and Environment* 55(2012) 150-158
35. R. Zmeureanu, G. Renaud, Estimation of potential impact of climate change on the heating energy use of existing houses, *Energy Policy* 36(1) (2008) 303-310
36. N.T. Lam, K.W. Wan, S.L. Wang, Impact of climate change on commercial sector air conditioning energy consumption in subtropical Hong Kong, *Applied Energy* 87(9)(2009) 1-3
37. 黃瑞隆, 各式氣象年在建築與空調系統能源分析上的應用, *冷凍與空調雜誌*, (8)(2002) 108-114
38. R.L. Hwang, H.Y. Hsu, Comparison of the evaluation method for energy consumption in Taiwan-EEWH with USGBC-LEED greening building rating system, (CECnet 2011) the international conference on consumer electronics, communications and networks, China, 2011/4/16-18, 2058-

2061

39. RL Hwang, SY Shu, Building envelope regulations on thermal comfort in Glass façade buildings and energy-saving potential for PMV-based comfort control, Building and Environment 46 (2011) 824-834
40. KH Yang, RL Hwang, An improved assessment model of variable frequency-driven direct expansion air-conditioning system for green building assessment system in Taiwan, Building and Environments 42 (2007) 3582–3588
41. L Guan, Preparation of future weather data to study the impact of climate change on buildings, Building and Environment 44(2009) 793–800
- 42.何明錦、呂文弘，”赴大陸考察屋頂及立體綠化技術與智慧綠建築案例報告”，內政部建築研究所因公赴大陸地區人員報告，2012 年 1 月。
- 43.呂文弘、蘇鴻奇，”赴大陸參加永續城市國際博覽會暨大陸營建與都市設施年度會議”，內政部建築研究所因公赴大陸地區人員報告，2009 年 7 月。
- 44.呂文弘、張乃修”赴芬蘭參加「2016 世界建築研討會年會(CIB World Building Congress 2016)」報告書”，內政部建築研究所出國報告，2016 年 9 月。
- 45.呂文弘”參加第 11 屆歐洲冷凍空調聯盟大會暨第 8 屆建築室內空氣品質、通風換氣與節約能源國際研討會”，內政部建築研究所派員出國報告，2013 年 9 月。
- 46.呂文弘”參加芝加哥美國綠建築建築協會 2007 年會暨博覽會〈Green Build〉及洛杉磯綠建築參訪出國報告”，內政部建築研究所派員出國報告，2008 年 2 月。
- 47.”推動氣候變遷調適建構低碳永續台灣”，經建會都市及住宅發展處。