

太陽能熱水系統導入獨立式住宅建築之
節能技術與效益評估研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 98 年 12 月

太陽能熱水系統導入獨立式住宅建築之 節能技術與效益評估研究

計畫主持人：呂文弘 研究員

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 98 年 12 月

MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

**Research on the Energy Conservation and Efficiency Evaluation of Solar Heating
System in Single-Family Housing**

BY

Dr. Wen-Hung Lu

Dec. 2009

目次

表目錄	III
圖目錄	V
摘要	VIII
第一章 緒論	1
第一節 研究背景與動機	1
第二節 研究目的與範圍	6
第三節 研究方法與流程	7
第二章 文獻回顧與理論探討	9
第一節 文獻回顧	9
第二節 相關理論文獻探討	11
第三節 太陽能熱水系統概述	14
第四節 小結	24
第三章 太陽能熱水系統導入獨立住宅之技術與推廣現況	25
第一節 太陽能熱水系統節能效益分析與實例	25
第二節 太陽能熱水系統施工要求事項	32

第三節 太陽能熱水系統導入建築應用的課題分析	33
第四節 專家業界訪談	38
第五節 小結	38
第四章 太陽能熱水系統節能技術與效益評估策略分析	41
第一節 太陽能熱水系統設置意願使用者調查	41
第二節 國內外住宅建築導入太陽能熱水系統案例	56
第三節 住宅建築太陽能熱水系統整合設計評估策略分析 ..	71
第四節 小結	97
第五章 結論與建議	99
第一節 結論	99
第二節 建議	100
附錄一 審查會議紀錄與回應	101
附錄二 住宅建築太陽能熱水系統安裝意願使用者調查問卷	104
附錄三 太陽能熱水系統補助用規劃書格式	108
附錄四 太陽能熱水系統(檢驗)完工自我檢核表	114
參考書目	117

表目錄

表 1.1 各國每千人擁有的太陽能熱水器面積一覽表	5
表 2.1 游泳池熱損項目與計算公式.....	20
表 2.2 集熱器性能.....	21
表 2.3 集熱板傾斜角、方位角	21
表 2.4 台中地區氣象資料.....	22
表 2.5 能量平衡表.....	23
表 3.1 全省代表地區基本氣象條件.....	26
表 3.2 太陽能熱水系統產品檢測標準.....	26
表 3.3 太陽能熱水系統年均節省能源費用	29
表 3.4 2009 年 3 月 30 日 太陽能熱水系統儲熱桶實測結果表.....	30
表 4.1 住宅太陽能熱水系統整合設計評估架構.....	72
表 4.2 大陸地區住宅太陽能熱水系統整合設計評估指標權重.....	74
表 4.3 增加投資回收年限評估指標等級.....	76
表 4.4 使用功能評估指標架構	76
表 4.5 使用功能評估指標評估措施	76
表 4.6 適宜的水溫	77
表 4.7 穩定的水壓	77
表 4.8 節水效果	78
表 4.9 管理水準	78
表 4.10 系統設計指標架構	78
表 4.11 集熱設計	79
表 4.12 集熱器選型評估指標	79

表 4.13 集熱器面積計算指標	80
表 4.14 集熱器傳熱類型	80
表 4.15 傳熱系統運轉方式	81
表 4.16 輔助熱源設計	81
表 4.17 供應系統設計	81
表 4.18 防水質污染措施評估指標	82
表 4.19 建築結合指標架構	83
表 4.20 規劃設計評估指標	84
表 4.21 建築整合設計評估指標	84
表 4.22 集熱器安裝在平屋頂（平台）上的評估指標	86
表 4.23 集熱器安裝在斜屋頂上的評估指標	87
表 4.24 集熱器安裝在牆面（陽台）上的評估指標	87
表 4.25 儲熱水箱、輔助熱源及管道安裝評估指標	88
表 4.26 結構安全評估指標架構	89
表 4.27 結構設計評估指標	90
表 4.28 施工安裝評估指標	92
表 4.29 維護與檢修評估指標	93

圖目錄

圖 1.1 太陽能熱水系統推廣利用推估圖.....	5
圖 1.2 熱水設備系統構成圖.....	6
圖 1.3 研究流程圖.....	8
圖 2.1 太陽與地球位置與能量傳遞相關圖.....	15
圖 2.2 日輻射量時間序列累積圖.....	16
圖 2.3 台灣地區年日照時數與日照率分佈圖.....	16
圖 2.4 太陽能熱水系統示意圖.....	17
圖 2.5 大型太陽能熱水系統應用案例.....	17
圖 2.6 管路配置圖.....	24
圖 3.1 2009 年 3 月 30 日太陽能熱水系統實測溫度比較圖.....	30
圖 3.2 一般透天住宅平面與立面之太陽能熱水系統檢討範例.....	34
圖 3.3 屋頂貼版獨立型太陽能集熱板.....	35
圖 3.4 露台兩庇型太陽能集熱板.....	35
圖 3.5 屋頂平台集合型太陽能集熱板.....	36
圖 3.6 屋頂高架獨立型太陽能集熱板.....	36
圖 3.7 屋頂平台獨立型太陽能集熱板.....	37
圖 3.8 北京桑寶金太陽新能源集熱板.....	37
圖 3.9 九陽太陽能屋頂一體型單元.....	37
圖 4.1 問卷對象居住地分佈一覽.....	41
圖 4.2 問卷對象居住住宅建築類型分佈一覽.....	42
圖 4.3 問卷對象住宅安裝太陽能熱水系統比例圖.....	43
圖 4.4 問卷對象認為現住住宅建築不適合安裝的原因.....	43

圖 4.5 每 2 個月天然氣支出統計	44
圖 4.6 每 2 個月桶裝瓦斯支出統計	44
圖 4.7 每 2 個月電費支出統計	45
圖 4.8 太陽能熱水系統者之安裝意願調查分析	45
圖 4.9 考量安裝太陽能熱水系統的評估因素權重分析	46
圖 4.10 不同住宅建築安裝太陽能熱水系統的考量因素權重分析	47
圖 4.11 評估可接受的太陽能熱水系統安裝成本	47
圖 4.12 重新評估安裝太陽能熱水系統成本回收年期分析	48
圖 4.13 影響安裝太陽能熱水器意願的成本回收年期分析	48
圖 4.14 易被接受的太陽能熱水器安裝成本回收年期分析	48
圖 4.15 問卷對象住宅建築可安裝太陽能熱水器的優先位置分析	50
圖 4.16 不同住宅建築可安裝太陽能熱水器的優先位置分析	51
圖 4.17 未來安裝太陽能熱水器的熱水配管長度分析	52
圖 4.18 安裝太陽能熱水器最大熱水配管長度的意見	52
圖 4.19 新建建築物預留太陽能熱水配管的意見分析	53
圖 4.20 新建建築物以法規強制預留太陽能熱水配管的意見	53
圖 4.21 受訪者優先選擇已安裝太陽能熱水系統的新建建築物意願 ...	54
圖 4.22 受訪者優先選擇預留太陽能熱水系統配管的新建建築物意願	54
圖 4.23 受訪者自行興建住宅時安裝太陽能熱水系統意願分析	55
圖 4.24 太陽能集熱器提供行政區樓版暖氣系統與溫水需求	57
圖 4.25 屋頂小型風車	58
圖 4.26 屋頂裝置與建築一體型太陽能板	59
圖 4.27 屋頂裝置太陽能熱水裝置	59
圖 4.28 自然生活館側向立面	61
圖 4.29 自然生活館正向立面	61
圖 4.30 三澤房屋 學園前展示場之太陽能實品屋	63
圖 4.31 學園前展示場興建中之實品屋	64
圖 4.32 三澤房屋 採用建築一體型太陽能板屋頂	64

圖 4.33 環境共生單身宿舍屋頂採用建築一體型太陽能發電系統.....	65
圖 4.34 西調布研究所環境工學實驗棟.....	66
圖 4.35 不同類型的建築一體型太陽能光電板.....	66
圖 4.36 不同類型的建築一體型太陽能光電板.....	67
圖 4.37 不同類型的建築一體型太陽能光電板.....	67
圖 4.38 可開啟之建築一體型太陽能光電板.....	68
圖 4.39 外牆設置許多建築一體型太陽能光電板.....	68
圖 4.40 建築一體型太陽能光電板斜屋頂.....	69
圖 4.41 建築一體型太陽能光電板斜屋頂.....	69
圖 4.42 環境工學實驗棟屋頂設置太陽能光電板.....	70
圖 4.43 住宅建築太陽能熱水系統工程設計建議評估流程.....	96

摘要

關鍵詞：太陽能熱水、獨立式住宅、住宅建築、節能評估

一、研究緣起

2009 年全國能源會議之核心議題一「永續發展與能源安全」子議題三低碳能源結構調整之建構低碳能源發展藍圖乙節，業以太陽能、生質能、風力發電為主要推動項目，致力技術研發降低成本及提高設置誘因，展現我國開發再生能源潛力的決心，相關單位並已廣續規劃具體行動方案擴大執行。

2008 年 9 月 4 日行政院通過「永續能源政策綱領—節能減碳行動方案」中「淨源」乙項，已將「推動太陽能熱水系統」納為節能減碳行動方案之一，必須積極推動辦理。

本於建築政策先期研究的觀點，並配合國家推動新能源與再生能源技術研發與應用的政策措施，本研究針對目前國內建築領域推動太陽能熱水系統的技術與評估技術進行相關探討，以利推廣太陽熱能技術與提升住宅節能減碳之效益。

二、研究方法及過程

本研究從建築物設計初期導入太陽能熱水系統時的配管與構造整合技術進行探討，俾利擴大推廣應用太陽能熱水系統的可能性，拓展再生能源在建築領域的利用。研究內容如下：

1. 探討住宅建築導入太陽能熱水系統之配管與構造整合技術。
2. 探討太陽能熱水系統對住宅熱水用量與耗能減量的預期效益。
3. 評估分析住宅建築採用太陽能熱水系統之節能減碳技術與評估方法。

三、研究發現

- (一) 本研究發現：(1)我國目前仍缺專業技術團體或公部門行政機關正式函頒的太陽能熱水系統設計技術規範、(2)國內目前推動太陽能熱水系統安裝實例仍以增設為主，且為現場評估安裝位置或配管路徑，尚未導入完整的設計評估流程、(3)國內尚未建立太陽能熱水系統研發專責機構，僅由能源主管機關委託辦理申裝補助審查機構，同時缺乏太陽能熱水系統與建築構造整合設計的研發計畫。
- (二) 針對住宅建築導入太陽能熱水系統之問卷調查結果，顯示使用者對系統已有充分認知；未來於住宅建築規劃與設計階段如能即時納入規劃審慎考量，可有效誘發民眾均對太陽能熱水系統的安裝需求。
- (三) 另根據相關文獻、問卷調查結果以及專家訪談重點，規劃住宅建築太陽能熱水系統整合設計評估策略架構，包括規劃、使用功能（系統設計）、建築設計及結構安全等評估群組，並可賦予不同權重。

四、初步建議事項

壹、立即可行建議：

儘速制訂太陽能熱水系統設計技術規範。

建議能源主管機關力投入研發資源，協助業界突破技術瓶頸，並儘速制訂太陽能熱水系統設計技術規範，加速推廣應用。

主辦機關：經濟部能源局

貳、長期性建議：

全面補助推動太陽能熱水系統之裝設。

全面補助推動太陽能熱水系統之裝設，並導入個案實測設備，強化紀錄與分

析，落實評估太陽熱能之節能減碳效益。

主辦機關：經濟部能源局

ABSTRACT

Keywords: solar heating system, single-family housing, residential building, energy conservation evaluation

In Taiwan, the building industry accounts for 28.3% of nation's total energy consumption. And it has been highly depending on imported energy which is over 97% of total energy resource. To reduce energy consumption of heating water system become an important concern. The low-carbon energy development roadmap is shown in the National Energy Conference, which includes the clear energy, solar energy, biomass, wind power generation as their main project in 2009. The policy is focused on technology and low-cost improvement for increasing incentives in developing renewable energy. On September 4, 2008, the Executive Yuan passed the sustainable energy policy agenda. The reduction of carbon-saving campaign in the "Promotion of solar heating system" for energy-saving is one of action of the carbon reduction programme.

Therefore, following the renewal energy policy, this research focused on the evaluation process and the benefit of solar heating system applying for housing. Within the evaluation process, the interface technical issues between building structure and questionnaires within the demand of end-users have been summarized. On the other hand, the promotion of solar heating technology and the residential energy-saving carbon-reducing benefits has also tried to facilitate.

The study found that, in order to enlarge the market, it needs to publish the technical design guideline of solar heating system for building by government agency as soon as possible. And the second, the demands of solar heating system for residential building user are remarkable from the analysis of questionnaires. Finally, according to the determination, survey results, and comment from expert interview, this research summarized the design evaluation strategic framework of solar heating system. In order to establish the pre-design evaluation process, the weighting index of evaluation item will be studied continuously in the future.

第一章 緒論

第一節 研究背景與動機

近年來，人類對於環境的破壞規模，已擴大至地球的尺度，例如地球氣候高溫化、酸雨、森林枯竭、臭氧層破壞、異常氣候等現象已無遠弗屆，人類的生存已遭到嚴重的威脅。2007年12月於印尼峇里島舉行聯合國氣候變化綱要公約第13次締約國大會（COP13）暨京都議定書第3次締約國會議（MOP3），會中通過包括峇里島行動計畫(BaliActionPlan)等14項決議文，並規劃於2009年完成新全球減量協議談判工作，執行。2008年3月另於泰國曼谷召開氣候變遷對話會議，協商後京都時期（2012年以後）之減量目標與義務規範。此外，行政院環境保護署有鑑於氣候變遷廣域性和重大的衝擊，並擬定「節能減碳無悔措施全民行動方案」，從各部門擴大推動全民參與節能減碳的新生活行動，以使台灣成為低碳永續發展的國度。^[1]

台灣是一個能源短缺的國家，所需能源幾乎全部仰賴國外供應，能源對外依存度到2008年時已達99.3%以上。^[2]依據行政院永續能源政策綱領，台灣為因應自然資源不足，環境承載有限的現況，永續能源政策將朝有限資源作有「效率」的使用，開發對環境友善的「潔淨」能源，以及確保持續「穩定」的能源供應。我國推動太陽能潔淨能源的利用已歷經多年的推廣，雖然整體安裝密度已

達世界第 3 位，但是實際安裝比例僅佔建築物之 5% 左右，在推廣上仍有相當大的空間。住宅類建築可裝設太陽能熱水設備的屋頂、露台空間其實相當有限，如何在有效空間範圍內，同時結合給水配管系統的新設或增設，以取得合宜的設置容量、熱能損耗與使用分配，將是本研究的重要發展方向。^[1]

2009 年 4 月 15 日全國能源會議 總統開幕致詞宣示：永續發展是人類文明共同的願景，而建立公平正義的社會、創造永續的經濟發展模式、以及維持潔淨的自然環境，更是我們應該對後代子孫的無悔承諾。

隨著「地球高峰會」、「聯合國氣候變遷綱要公約」以及「京都議定書」的召開與簽署，我國也不能自外於國際社會的責任與義務。為了善盡世界公民的責任，在「節流」方面，政府亦訂定未來 8 年每年提高能源效率 2% 以上的目標；在「淨源」方面，積極推動全國二氧化碳排放減量，在 2016 年至 2020 年間回到 2008 年的排放量，在 2025 年回歸到 2000 年的減量目標。

台灣是一個海島國家，極度缺乏能資源礦產，99.3% 的能源仰賴進口供應，2008 年國際能源價格巨幅波動，也大大影響台灣整體產業的競爭力。因此，於 2008 年 6 月行政院即核定「永續能源政策綱領」，並於同年 9 月通過「永續能源政策綱領—節能減碳行動方案」，以彰顯政府推動節能減碳的決心。

從目前積極推動節能減碳及綠能產業發展的國家經驗來看，諸如：發展太陽光電產業的日本及西班牙、發展風力產業的德國及丹

麥，以及發展生質燃料產業的巴西，可以瞭解到：推動節能減碳雖然所費不貲，卻可以帶動大量商機。而美國總統歐巴馬所推動的新能源政策，也強調綠色能源經濟的重要性，並提供 500 萬個新工作機會，以加速低碳經濟的發展。

2009 年全國能源會議閉幕行政院 劉院長亦再次重申，從永續能源的發展歷程中，台灣將朝向無悔「低碳家園」的新境界邁進，並凝聚政府「低碳施政」方向，在「確保我國能源供應安全」、「善盡地球村公民責任及因應氣候變遷危機」，以及「產業結構調整」的共識下，確立我國未來須朝積極建構低碳社會與低碳經濟的方向發展，期能積極轉型成為世界先進國家的一員。

低碳施政的內涵，將從能源、社會、產業、住商、運輸、電力及科技等七大面向全面啟動，包括營造城鄉綠建築新景觀、發展「低碳社區」與「低碳城市」的願景、建立「低碳導向」的交通環境、建構智慧節能電網、推動「能源國家型科技計畫」及全面推展「綠色能源產業」。從住商面及能源面的策略規劃，均充分展現我國拓展永續台灣低碳家園的決心。

本次全國能源會議之核心議題一「永續發展與能源安全」子議題三低碳能源結構調整之建構低碳能源發展藍圖乙節，業以太陽能、生質能、風力發電為主要推動項目，致力技術研發降低成本及提高設置誘因，展現我國開發再生能源潛力的決心；另核心議題四「能源科技與產業發展」之第三節再生能源，已將(一)太陽能：太陽熱能、有機太陽能電池、半導體太陽能電池、高聚光太陽能發

電系統等轉換率提升。納為能源科技研發的重要結論，相關單位並已賡續規劃具體行動方案擴大執行。^[2]

2008年9月4日行政院通過「永續能源政策綱領—節能減碳行動方案」，以「淨源」、「節流」、「法規配套」三管齊下，建構「二高二低」（高效率-高價值-低排放-低依賴）的能源消費型態與能源供應系統為目標。並採取(一)改造能源結構，提升發電效率（能源面）、(二)降低企業排碳，發展綠色產業（產業面）、(三)建構便捷運網，人本交通環境（運輸面）、(四)邁向低碳城市，推廣節能照明（環境面）、(五)全民減碳運動，廢棄回收利用（生活面）、(六)完善法規基礎，建置配套機制（法規面）等面向之策略，由各部會分工執行。其中「淨源」乙項，已將「推動太陽能熱水系統」納為節能減碳行動方案之一，必須積極推動辦理。^[3]

本於建築政策先期研究的觀點，並配合國家推動新能源與再生能源技術研發與應用的政策措施，本研究擬針對目前國內建築領域推動太陽能熱水系統的技術與節能效益進行相關探討，以利推廣太陽熱能技術與提升住宅節能減碳之效益。

依據我國太陽熱能利用發展的近期歷程發現，2004年已突破每年11萬平方公尺的安裝面積，2008年更達12萬平方公尺規模，主管機關希望能在2010年全國安裝面積總量可達215萬平方公尺（圖1.1），惟這樣的願景有賴獨棟或透天住宅類建築的積極推廣，始能達成。^[4]

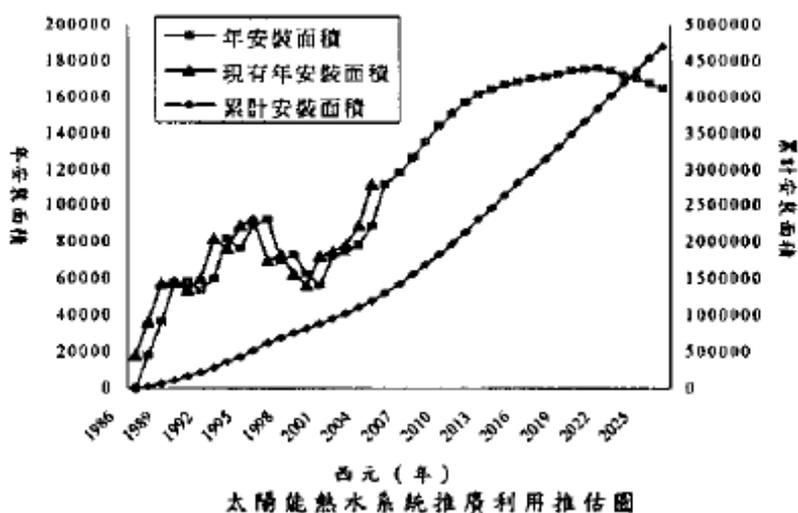


圖 1.1 太陽能熱水系統推廣利用推估圖

反觀國際間，除了主動式太陽能建築的發展外，在其他太陽能應用部分亦相當成熟。太陽能熱水系統技術發展與推廣應用較好的國家包括：奧地利、希臘、以色列、丹麥、德國、荷蘭、澳大利亞、日本及美國等，這些國家每千人所擁有的太陽能熱水器面積列如表 1.1。台灣地區截至 2009 年 6 月底止，總安裝面積約達 182 萬 m^2 ，換算安裝密度為全球第 3 位，如能在建築應用上持續擴展，相信對於綠色產業有迅速升級的幫助。^[5]

表 1.1 各國每千人擁有的太陽能熱水器面積一覽表^[5]

國家	安裝面積 (m^2)	國家	安裝面積 (m^2)
奧地利	265	希臘	264
以色列	580	丹麥	60
德國	52	荷蘭	13
澳大利亞	164	日本	58
美國	40	土耳其	95

第二節 研究目的與範圍

建築物熱水設備系統是由熱源裝置、配管系統與設備末端的使用器具所構成，如圖 1.2 所示；熱源裝置係指各種熱水器、太陽能集熱器等裝置；配管系統則係指熱源將水加熱輸送的熱水供應系統；而設備末端的使用器具則係指浴廁、廚房等熱水使用空間之水栓裝置。依據構成熱水設備系統的三個部分，熱水系統的耗能區分三個區段：一是熱源裝置的耗能，包括設備選用上一次能源或二次能源轉換的能量損失，以及設備效率的耗能；二是配管系統在傳輸過程中熱能散失的問題，以及殘留管內未使用熱水的能量損失；三是為熱水使用量所造成的能源消耗。

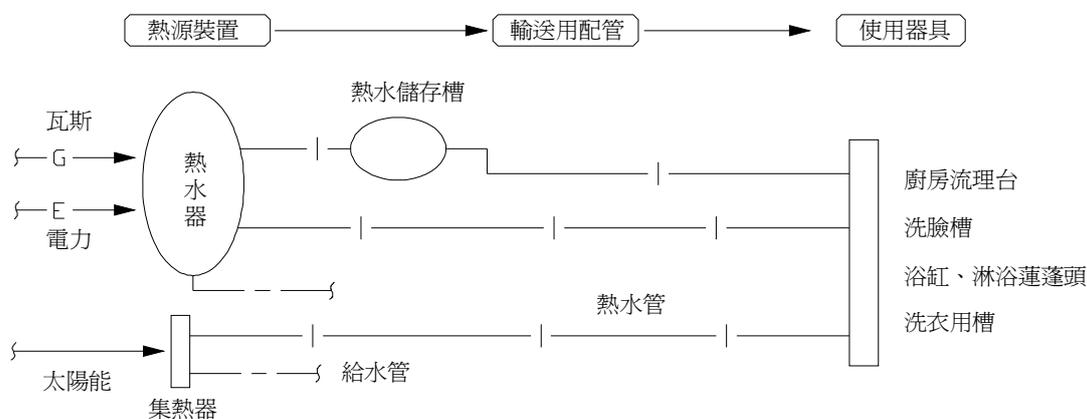


圖 1.2 熱水設備系統構成圖^[6]

本研究將針對給太陽能熱水系統與配管之傳輸耗能探討，研究範圍則以住宅類建築獨立式熱水系統為主，探討給熱水系統與設備對於能源損耗之影響。

本研究首先擬從建築物設計初期即採用明管構造進行配管設計，與導入太陽能熱水系統時的配管與構造整合技術進行探討，俾利未來日常使用的維修檢查與更新汰換作業，減少營建廢棄物產生量與施工污染，並可擴大再生能源的利用。預定研究內容如下：

1. 探討住宅建築導入太陽能熱水系統之配管與構造整合技術。
2. 探討太陽能熱水系統對住宅熱水用量與耗能減量的預期效益。
3. 評估分析住宅建築採用太陽能熱水系統之節能減碳效益。

本研究現階段完成以下成果：

1. 彙整探討住宅建築導入太陽能熱水系統適用範圍可行配管與構造整合技術。
2. 評估分析住宅建築採用太陽能熱水系統對節能減碳效益貢獻。

第三節 研究方法與流程

目前既有建築物未預留太陽能熱水給水及供水用配管，致新裝設太陽能給熱水系統時，需從鑿除既有構造進行配管，且供水樓層範圍受限，故本研究擬探討建築物明管配管設計與太陽能熱水系統整合配管之技術，期能擴大住宅建築太陽熱能的利用。

本研究之主要研究方法及執行步驟說明如下：

1. 蒐集彙整國內推動太陽能熱水系統的發展現況與效益。
2. 收集合格產品與廠商資料，規劃設計與施工技術訪談事宜。
3. 探討住宅建築給水配管整合太陽能熱水系統的設計介面技術議題，並嘗試歸納屋頂或露台明管配管的設計施工原則。

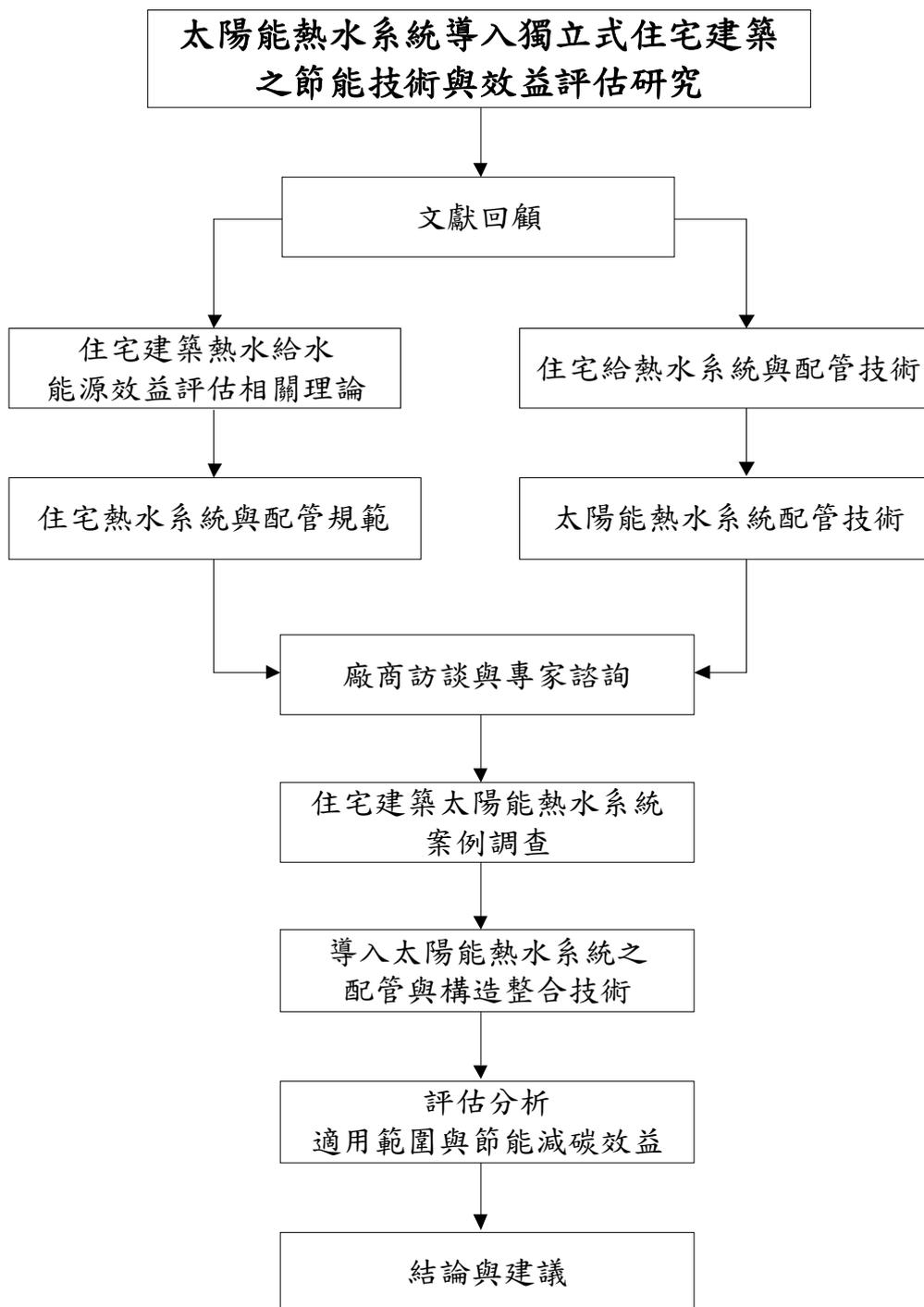


圖 1.3 研究流程圖

第二章 文獻回顧與理論探討

第一節 文獻回顧

因應 1970 年世界石油危機發生，節約能源與新替代能源研發等相關技術研究，於各先進國家紛紛展開；內政部自 1995 年起大力推動節約能源設計管制相關規定，並經歷年等多次修訂，已能有效落實省能建築之設計管制。同時，為積極鼓勵符合永續環境理念之綠建築，內政部建築研究所並陸續規劃綠建築標章及相關推動機制，鼓勵新建建築物採用符合永續環境與省能環保性能之技術設計，以因應『京都議定書』之溫室氣體減量義務，減緩日益嚴重的全球溫暖化問題。^[1]

在地球環境問題的受重視與綠色建築的風潮帶動下，國內建築產業也不落人後的導引出一股新的建築設計新潮流，內政部建築研究所推動之綠建築已漸成未來最重要的建築政策，新能源與再生能源亦為我國推動「低碳家園」的重要行政措施，因此著手探討住宅建築推動太陽熱能應用的技術與策略。^[2]

本計畫蒐集國內外有關太陽能熱水系統與住宅建築熱水耗能研究與節能推廣之相關文獻，並整理出其研究重點，供本計畫之參考，茲分別敘述如下：

一、熱水系統整體耗能

熱水系統之組成包含熱源裝置、輸送配管及末端使用器具，熱

水系統整體耗能即包含熱源裝置效率所造成之能源損耗、輸送過程中的配管耗能量、停止使用熱水後殘留於管內之熱水耗能量、以及熱水使用量所造成的能源消耗。熱水系統整體耗能之相關研究，茲分別說明如下：

1. 建築節約能源設計手冊^[7]—中華民國建築學會，1991

針對給熱水系統提出兩個節約能源的對策方向，其一為節約熱水用量，其二為減少給熱水之熱損失：熱水管給予適當之絕緣保溫處理，配管總長度宜控制在 9 公尺以下，避免熱損造成不必要的燃料浪費。

2. 建築物省能基準與計算手冊^[8]—建築環境省能機構，1996

提出熱水系統省能效率基準之評估項目，包括：配管設備計劃、熱水設備使用控制、熱源機器效率。其中以配管設備計劃為影響評估省能基準之重點，其中以配管保溫材之使用影響最巨，其次為配管路徑。

3. 熱水給水系統監測實驗^[9]—L. Barta，2003

針對住宅熱水使用及傳輸進行監測，監測項目為熱水傳輸之尖峰流量及每日熱水耗能量。

4. 日本地區住宅熱水耗能調查^[10]—M. Mae，2004

透過不同尺度之住宅進行實驗監測，取得住宅熱水消耗量數據，評估熱水日常使用波動與平均使用量。並對住宅熱水消耗情形，提出評估試驗模型。

5. 亞熱帶地區住宅建築熱水供給系統之研究^[11]—M.C. Lee，2003

探討建築物熱水使用情況，計算台灣地區熱水使用的耗能量。熱水使用之分析結果，沐浴用水量為 40L，平均沐浴溫度為 38.5°C，再根據沐浴水量、沐浴溫度、配管距離及自來水給水耗能評估，台灣地區，每人沐浴一次所消耗的能量約為 0.838 度電。

二、熱水配管耗能議題

1. 台灣公寓平面基本模式之反省與展望^[12]—胥直強，1997

從建築平面的規劃上，提出建議採用熱水使用空間集中的概念，以減少熱水傳輸的能源消耗。

2. 永續發展理念下都市住宅設備現況調查分析^[13]—陳裕益，2001

針對熱水供應場所及明暗管配管型式進行調查，提出有效的縮短住宅中熱水管的長度並施作充分的保溫措施，且儘量集中使用熱水的時間，建立永續的住宅熱水供應設計及使用習慣。

第二節 相關理論文獻探討

一、配管耗能理論依據

1. 住宅建築熱水配管傳輸耗能之研究^[6]，林晏旬，台灣科技大學碩士論文，2005 年 7 月

針對國內建築住宅熱水設備系統現況進行調查，探討耗能問題，並進行配管溫降實驗，簡化熱水配管傳輸耗能評估計算公式。經過實驗與計算值之比較驗證，確認簡化計算式適用於台灣

地區熱水配管型式之熱水配管傳輸耗能量計算。

$$E_p = A_p \times L \times S \times T_D \times t \quad (\text{kcal})$$

式中 E_p ：配管耗能量 (kcal)

A_p ：配管斷面積 (m^2)

L ：配管長度 (m)

S ：水的比熱 (-)

T_D ：配管溫降梯度係數 ($^{\circ}\text{C}/\text{min}$)

t ：熱水使用經歷時間 (min)

二、太陽能熱水系統輔助效能與推廣

1. 太陽能熱水器輔助電熱系統之省電測試分析與應用改良^[14]，陳玟瑞等，國科會專題補助研究計畫，2007年6月。

太陽能熱水器的儲熱性能測試，因天候不良和受季節的變化使每一天太陽累積輻射分佈的變化型態受到影響。另一方面是由集熱板集熱效率及儲水桶散熱係數（保溫效果）與保持儲水桶的存水量必須補充冷水，導致冷水與儲水桶熱水混合時的分水層保持與否，直接影響與否加熱和出水的溫度。太陽能熱水器輔助電熱系統，在不同的季節性氣候變化及每天太陽輻射分佈變化的情況，經由模擬一般用戶的實際使用熱水進行監控測試，其結果已達到預期的省電效果及經濟效益。

當實際用戶使用熱水時，儲水桶在補充冷水時。證實冷水與熱水混合而破壞熱水分層而影響溫度感知器的加熱判斷，造成不穩定

加熱耗電。其次是自然循環式太陽能熱水器是以集熱板集熱效率及儲水桶散熱係數方面來評估其性能的好壞決定耗電量。因此，本計畫在每天模擬用戶實際用水量進行洩水，針對太陽能熱水器的集熱桶子裡進行溫度分佈追蹤監控，收集各點溫度和洩水量之數據進行探討分析。以 150 公升的太陽能熱水器為例，在標準 3 人份的用戶所使用熱水量為 $3 \text{ 人} \times 50 \text{ 公升} \times 50^{\circ}\text{C} = 750 \text{ 仟卡}$ ，進行沐浴用水，可省電大約 30%~35%。

2. 太陽熱能利用技術開發及推廣計畫（第二年度）^[4]，陳文杰等，經濟部能源科技研究發展計畫執行報告，2007.03。

傳統建築物（公寓、獨立住宅、商用辦公或其他類型建築物）之屋頂採用平屋頂設計者相當多，導入太陽能集熱系統時，因二者關係相互獨立，故多屬加置型方式設置，整體外觀上不協調，難以獲得建築師與消費者的認同。該研究即在針對推動太陽熱能面臨不易拓展的瓶頸與風險進行整合研究，企圖開發建築構材一體型系統整合規劃的產品，包括斜屋頂、外牆面、帷幕牆或雨庇等，俾能擴大推廣太陽熱能系統的實用產能與產業發展。相關文獻並蒐集到國外推動建築一體型系統的成功案例，包括歐洲 VELUX 公司及德國 Wagner & Co 公司的嵌入式太陽集熱系統、奧地利 Sonnenkraft / Austria Solar 及 GREENoneTECH、AEE Intec 等建材化集熱器；另有歐洲 ZENSOLAR 公司完成之社區女兒牆/遮陽版應用之太陽能建築案例。研究以系統構件載重為出發點，探討可行之建材化技

術，以擴大應用至不同建築軀體部位。

此外，建築整合一體化太陽熱能集熱系統的發展尚無相關國際標準或規範，同時亦無參考指標，國際間大多著眼於集熱器與建築物之介面技術發展，而國內在此面向亦有極大發展空間，值得深入研究，儘速建議規範或技術基準。

第三節 太陽能熱水系統概述

太陽能熱水系統主要原理是利用集熱器吸收來自太陽輻射能量，並透過熱交換的方式將熱傳至工作流體，儲存於儲熱槽中。影響集熱能力的因素包括太陽輻射量、當地地區室外環境溫度、集熱器的集熱能力、保溫材料的選擇及控制策略的決定等。太陽的熱能透過輻射的方式將能量傳到地球，其所發出的能量約每秒有 3.845×10^{26} J，而地球接收來自太陽所發出的能量約每秒 1.743×10^{17} J，約等於 610 萬噸煤炭燃燒產生的熱量，相當於全球每天熱量需求的 16700 倍。因此，若能將太陽每天所產生的能量累積起來當作日常生活的能源，可取代相當可觀的一次能源。在太陽能應用最常見的參數為每日的太陽日照強度 W/m^2 ，而地球大氣層外的日照強度，通常定義為太陽常數 $E_0=1367 (W/m^2)$ 。太陽常數：用以表示由太陽照射至地球上之輻射能量。在太陽與地球之距離為平均距離時，在大氣層上界（無大氣影響）垂直於太陽光線之單位面積、單位時間所接受之太陽輻射。^[15]

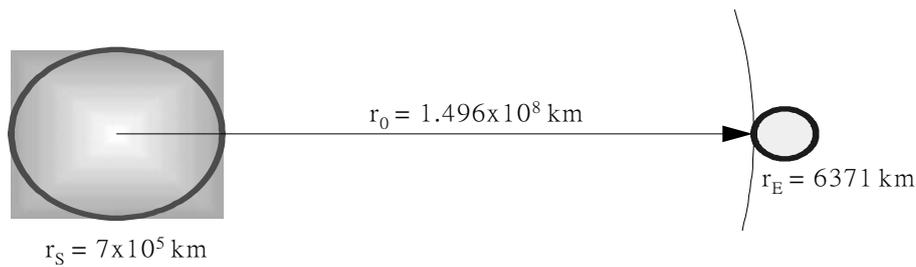


圖 2.1 太陽與地球位置與能量傳遞相關圖^[15]

除了每日平均日照強度之外，月平均日輻射量也常常被用來計算集熱量的參數，太陽透過直達及漫射的方式，以每秒數百瓦的強度將能量傳至地表，其平均日輻射量就是根據每秒的日照強度與每天的日照時間(hr)乘積累加所得到的累積量，如圖 2.2。月或年的日輻射量可由每日的累積日輻射量計算得知。

台灣地區位於北半球，緯度約為 22~24 之間，且有北回歸線通過嘉義地區，春、夏季日照良好，除了北部地區因地形關係，日照時數較少之外，中部以南全年日照時數約 2000hr 以上，如圖 2.3。根據台灣地區日照時數及日照率的分布可得知最佳的鋪設地區大部份都在台灣的中南部地區，這也是為什麼太陽能熱水器大多裝設在中南部的原因。

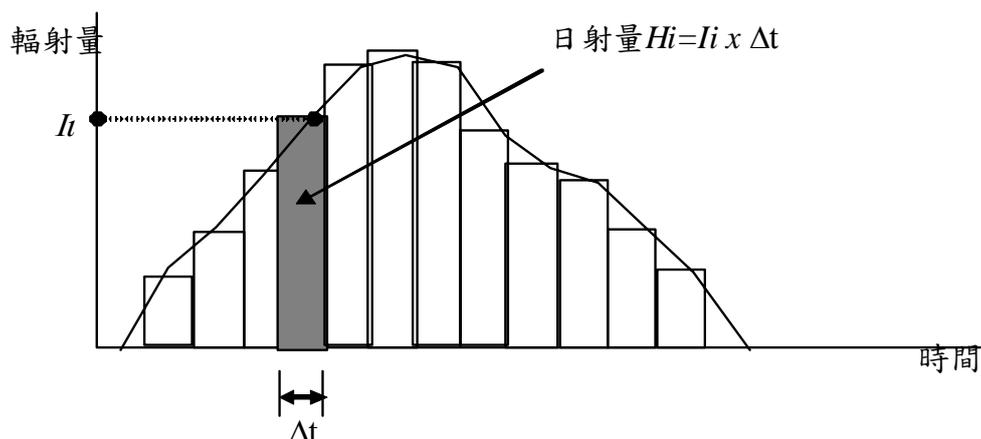
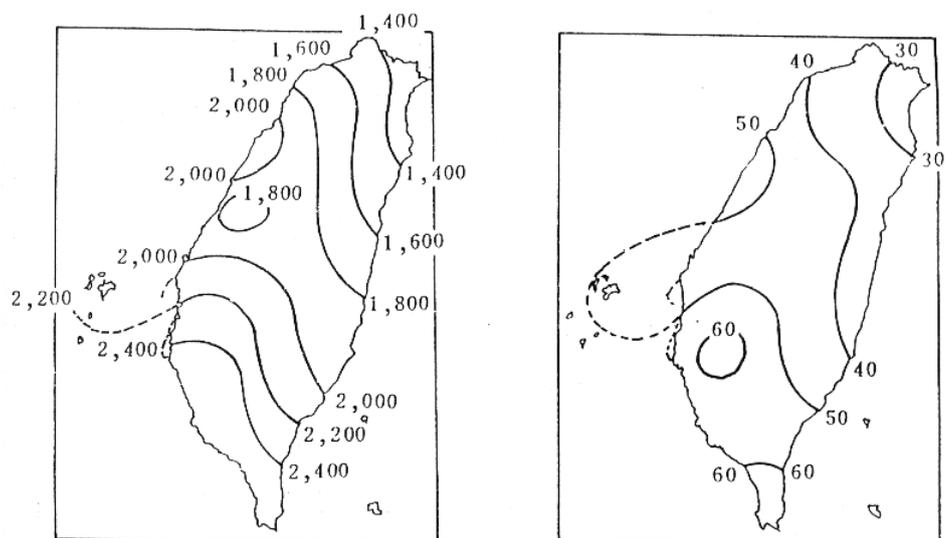


圖 2.2 日輻射量時間序列累積圖^[15]



台灣地區年日照時數(小時)及日照率(%)

圖 2.3 台灣地區年日照時數與日照率分佈圖^[15]

太陽能熱水系統主要構成元件包括集熱器、儲熱槽、溫差控制器、泵浦等，如圖 2.4。集熱器的功能主要用來吸收太陽輻射熱，將熱量傳遞給工作流體如水。儲熱槽用於熱水系統又稱為儲水槽，主要用來儲存熱水的地方，以提供用熱端使用。泵浦藉由溫度感測

溫度差，將電子訊號傳至泵浦，驅動泵浦將工作流體傳送至集熱板管路中進行熱交換，達到集熱的功能。一般設計常用：集熱板出口水溫高於儲水槽下方水溫 $7\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，即啟動泵浦循環。

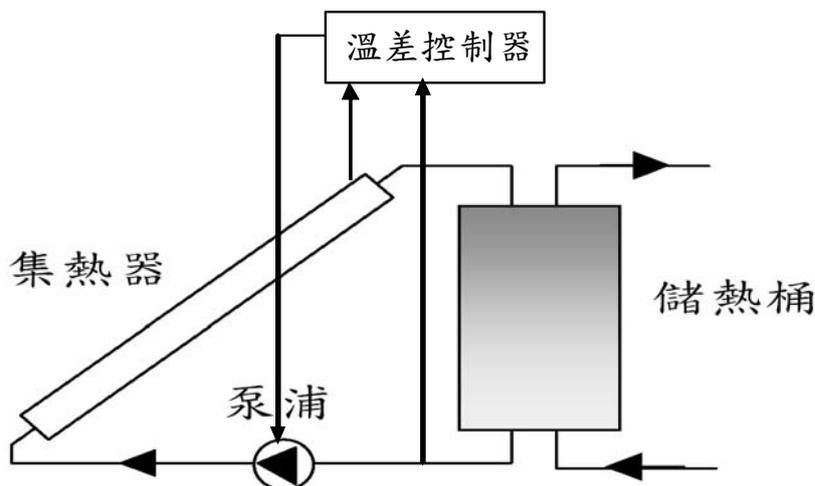


圖 2.4 太陽能熱水系統示意圖^[15]

大型太陽能熱水系統主要應用範圍包括：溫水游泳池、宿舍及旅館熱水等。

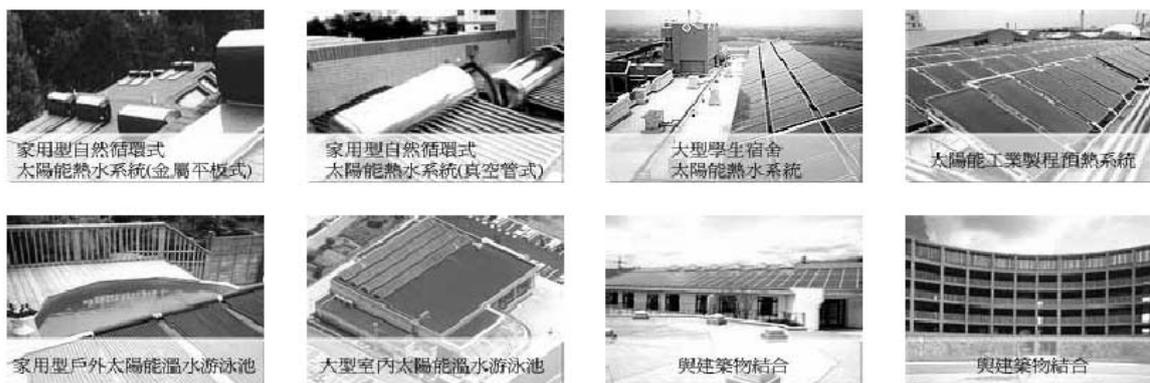


圖 2.5 大型太陽能熱水系統應用案例^[15]

一、太陽能集熱器種類與連接方式

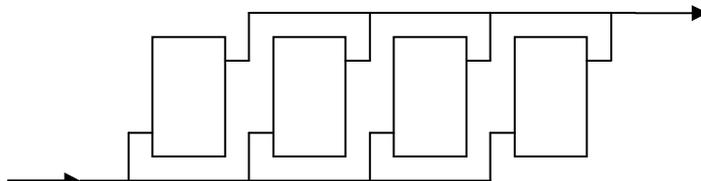
太陽能熱水系統依循環動力的種類可分為：自然循環式與強制

循環式。一般而言，在大型太陽能熱水系統中，由於集熱面積較多，為了克服工作流體的管路摩差損失所造成的壓降。因此，大多採用強制循環式系統。

若以連接各集熱水管的連接方式分類，可分為以下三種：

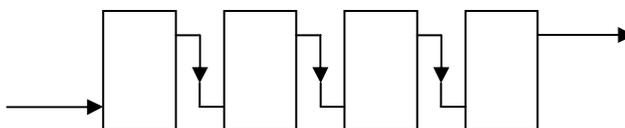
(一) 並聯

工作流體先流經集熱器下方冷水主幹管，由每片集熱器底部流入集熱器，再從每片集熱器出口匯集至熱水主幹管。



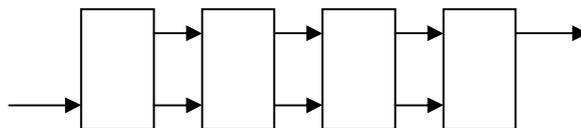
(二) 串聯

前一片集熱器熱水出口接到下一片集熱器冷水入口。



(三) 併聯

其各集熱器的冷水入口連接在一起，熱水出口管亦依序連接。



二、大型太陽能熱水系統設計說明^[15]

3.1、調查用戶基本情況

3.1.1、環境條件

安裝地點緯度：北緯_____度

月平均日輻射量：_____MJ/m²

環境溫度：_____°C

3.1.2、用水情況

每日平均用水量：_____m³

用水模式：_____

用水溫度：_____°C

用水位置：_____

3.1.3、場地情況

場地面積：說明或圖例

場地形狀：說明或圖例

建築物承載能力：

遮擋情況：

3.1.4、水電情況

水壓：kg/cm² or Pa

電壓：V

水、電供應情況：

3.2 熱需求量計算

根據不同用水習慣與溫度需求、水量，計算總熱需求量。

3.2.1、宿舍用水：依據人數與用水量計算

$$Q_L = V_L \times C_p \times (T_{op} - T_{in})$$

參數定義：

Q_L ：負載需求熱量 (KJ)

V_L ：用水需求預估量 (L)

C_p ：儲熱桶內流體比熱，如用水為 4.186KJ/ kg ·°C

T_{op} ：最終需求水溫 (°C)

T_{in} ：平均初始水溫 (°C)

3.2.2、溫水游泳池：每日不同熱散失量 (蒸發熱散失、對流熱散失、輻射熱散失)

表 2.1 游泳池熱損項目與計算公式

蒸發熱損失	輻射熱損失
$(5.228+6.03 \times V)(P_p - \phi \cdot P_a)$	$0.96 \times 5.67 \times 10^{-8} \times (T_p^4 - T_{sky}^4)$
對流熱損失	熱傳導損失
$(3.1+4.1V)(T_p - T_a)$	$Q_g = 0.57 \cdot (T_p - T_g)$
補充水熱損失	
$\dot{Q}_{Fr} = q_{eva} / h_{fg} \cdot C_{p,w} \cdot (T_p - T_{Fr})$	

註：表中的參數定義如下：

V ：平均風速 m/s

P_p ：實際水溫之水蒸氣分壓

P_a ：外界環境溫度之水蒸氣分壓

ϕ ：相對溼度

T_p ：泳池平均水溫(K)

T_{sky} ：天空中大氣平均溫度(K)

T_a ：環境溫度(K)

T_{Fr} ：補充水出使水溫(K)

$C_{p,w}$ ：水比熱 4.18kJ/kg-K

h_{fg} ：液汽熱焓值(kJ/kg)

Q_{eva} ：蒸發熱散失量(kJ)

3.3、太陽能集熱系統設計與相關設備選擇

集熱器的選用：根據太陽能熱水系統補助辦法規定集熱器效率必須符合相關規定才能給予補助，集熱器規格如表 2.2 所示，並檢附副本如附件。配合當地地區可裝設位置進行集熱效率的修正如表 2.3 所示。

表 2.2 集熱器性能

集熱器名稱	非金屬平版式
集熱器編號	XXXXXX
$F_R(\tau\alpha)$	0.75
$F_R U_L$	5.51
單片集熱器面積(m ²)	2

表 2.3 集熱板傾斜角、方位角

安裝位置	XXXX	當地緯度(度)	23
安裝傾斜角(度)	33=緯度+10	傾斜角修正係數	98%
安裝方位角(度)	南向西 30	方位角修正係數	98.50%

3.4、氣象資料

台灣地區氣象資料可由中央氣象局或工研院氣象資

料軟體，供不同地區每月份之氣象資料，如表 2.4 所列為台中地區氣象資料為範例說明。

表 2.4 台中地區氣象資料

地區	台中			
	月累積日照量 MJ	環境溫度 °C	相對溼度 %	累積日照時數 H
一月	305.0	17.00	75.06	173.96
二月	296.19	17.43	76.00	148.28
三月	354.61	19.81	75.81	154.05
四月	361.86	23.30	77.43	135.96
五月	415.57	25.99	76.81	158.31
六月	428.23	27.84	77.06	171.20
七月	464.42	28.69	75.50	197.63
八月	428.95	28.25	77.68	182.94
九月	384.25	27.33	74.93	168.47
十月	390.73	25.13	72.31	202.33
十一月	315.79	21.91	71.75	180.07
十二月	280.08	18.55	72.81	181.46

3.5、能量平衡計算

根據現行大型太陽能熱水系統設計規範，標準如下：

- 1、逐月計算熱負荷、集熱器之集熱量，實際鋪設面積不超過最大熱負荷所需之集熱面積。
- 2、全年集熱器之集熱總量，不超過熱負荷總量。

大型系統集熱效率採用並接連效率公式計算，如下：

$$\eta = F_R(\tau\alpha) - F_R U_L \left(\frac{T_m - T_a}{I} \right)$$

其中，

$$T_m = \frac{2 \times T_{in} + T_a}{3}$$

T_a ：平均環境溫度 $^{\circ}\text{C}$

I ：平均每日日射強度 W/m^2

能量平衡計算可參考表 2.5 所列之能量平衡表，檢視系統設計是否符合設計規範。

表 2.5 能量平衡表

月份	每日總熱負荷量 MJ/日	月平均日輻 射量 MJ/m ²	集熱效率%	實際鋪設 面積 m ²	總集熱量 MJ/m ²
1	45208.8	9.83	0.56	590	3250.80
2	45208.8	10.57	0.59	590	3682.20
3	45208.8	11.82	0.62	590	4323.75
4	45208.8	11.67	0.65	590	4476.59
5	45208.8	13.85	0.66	590	5394.35
6	45208.8	13.81	0.66	590	5379.17
7	45208.8	15.48	0.66	590	6028.30
8	45208.8	13.83	0.66	590	5388.12
9	45208.8	12.80	0.65	590	4911.86
10	45208.8	12.60	0.62	590	4610.54
11	45208.8	10.52	0.59	590	3664.44
12	45208.8	9.03	0.55	590	2931.85
總計	198014544	12.15	0.62		19725343

根據能量平衡計算結果可得到鋪設面積 590m^2 可符合大型太陽能熱水系統設計規範。

3.6、系統管路設計與配置

(1) 集熱泵浦流量設計

集熱泵浦流量設計根據每平方公尺集熱器 $0.02\text{kg}/\text{s}$ 設計。

如系統為 590m^2 則集熱泵浦流量為：

$$Q = 590 \times 0.02 \times 60 = 708\text{L}/\text{min}$$

(2) 管路壓降

根據不同管徑、流量、閥件、裝設高度等計算系統所需要之系統壓降，選擇適當的泵浦，可參考配管實務設計[4]。太陽能熱水系統管路設計遵循“先進後出”的設計概念以確保管路流路均勻，如圖 2.6 所示。必要時，在管路適當位置裝設壓力表或流量計，以方便系統檢測之用。

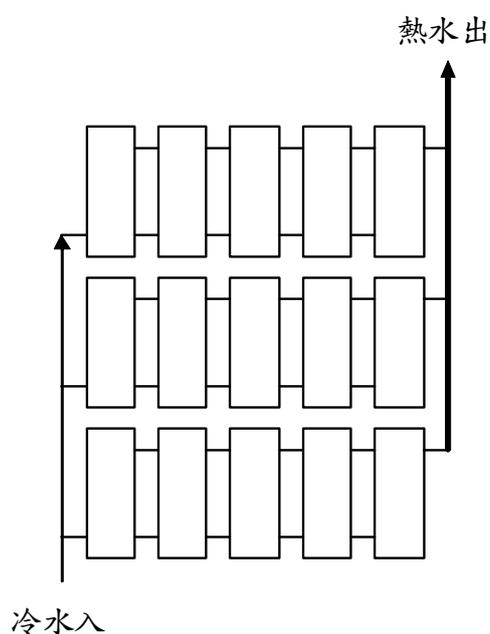


圖 2.6 管路配置圖

第四節 小結

目前正值我國積極推動綠建築與建築節能政策之際，本研究爰擬針對此項課題深入探討，並進行實作比對，俾利後續參考引用。

第三章 太陽能熱水系統導入獨立住宅之技術與推廣現況

第一節 太陽能熱水系統節能效益分析與實例

自從經濟部於民國 75 年頒佈「太陽能熱水系統推廣獎勵補助辦法」開始，國內太陽能熱水系統產業發展至今已屆 23 年，施做架設的太陽能集熱器面積，從一開始每年不到 5,000 平方公尺（近 3,000 片），依經濟部能源局統計 97 年國內的太陽能集熱器架設面積已達 12 萬平方公尺（另有外銷市場數量未計），每年約有 25,000 戶的民眾裝設節能又環保的太陽能熱水器。

使用太陽能熱水器，比較使用化石燃料製造熱水，能減少對環境的污染及溫室氣體二氧化碳的產生。燃燒一公斤桶裝瓦斯約產生 3 公斤二氧化碳，燃燒一度天然瓦斯約產生 2 公斤二氧化碳，燃燒一公升柴油約產生 2.7 公斤二氧化碳。使用電一度約產生 0.638 公斤二氧化碳。

太陽能熱水器從節能的角度的而言，可說是家庭或使用熱水的機關單位最佳的選擇；以國內家庭使用機種最多的設置機型-3 片 400 公升型，依能源局檢測標準效率百分之五十計算，每年可為民眾節省可觀的能源費用。

表 3.1 全省代表地區基本氣象條件

項目/代表地區	台北	台中	台南	恆春	台東	花蓮	宜蘭
大於 7 百萬焦耳/m ² -天 ($\theta = \Theta + 10^0$) 之平均日設量 $H_{\text{協}} \times 10^6$ 焦耳/m ² -天	14.38	15.93	16.61	17.47	17.68	15.21	18.4
大於 7 百萬焦耳/m ² -天 ($\theta = \Theta + 10^0$) 之平均瞬時日設量 $I_{\text{協}}$ (W/m ²)	422.63	456.23	472.9	500.28	512.38	444.27	543.63
平均氣溫 T_a (°C)	22.4	23	24.3	25.7	24.7	23.5	22.3
起始水溫 T_i (°C)	20.5	21.1	22.4	23.8	22.8	21.6	20.4

(資料來源：中華民國太陽能科技發展協進會)

表 3.2 太陽能熱水系統產品檢測標準

1. 太陽能集熱器性能標準

金屬平板或真空管集熱器		非金屬平板集熱器		無面蓋集熱器	
FR ($\tau\alpha$)	FRUL	FR ($\tau\alpha$)	FRUL	FR ($\tau\alpha$)	FRUL
≥ 0.75	≤ 7.0	≥ 0.65	≤ 7.5	≥ 0.85	≤ 20.0

(資料來源：能源局及成大研究發展基金會網站)

2. 太陽能熱水器性能標準

熱水器種類 特性效率	有面蓋熱水器	儲置式熱水器	無面蓋熱水器	真空管熱水器
η	≥ 0.5	≥ 0.5	≥ 0.5	≥ 0.5

(資料來源：能源局及成大研究發展基金會網站)

3.以台中地區為平均值，計算一台 5.7m^2 （三片）集熱器搭配 400 公升保溫桶之熱水器實測值之家用型太陽能熱水器年均節能效益。

(1) 年均每日集熱效能：

$$15.93 \times 10^6 \text{ 焦耳}/\text{m}^2\text{-日} \times 0.5 \times 5.7\text{m}^2 \div 4180 \text{ 焦耳}/\text{千卡} = 10,861.4 \text{ 千卡}/\text{日}$$

(2) 設以熱水出水溫度 50°C ，計算年均每日可溫升熱水量：

$$10,861.4 \text{ 千卡}/\text{日} \div (50^\circ\text{C} - 21.1^\circ\text{C}) = 376 \text{ 公升}/\text{日}$$

(3) 年均每日可節省能源費用

a.使用電能熱水器：

燃料熱值：860 千卡/度

熱轉效率：90%

燃料費率：3 元/度

$$10,861.4 \text{ 千卡}/\text{日} \div (860 \text{ 千卡}/\text{度} \times 90\%) \times 3 \text{ 元}/\text{度} = 42.1 \text{ 元}/\text{日}$$

$$42.1 \text{ 元}/\text{日} \times 365 \text{ 日}/\text{年} = \underline{15,366.5 \text{ 元}/\text{年}}$$

b.使用天然瓦斯熱水器：

燃料熱值：8,900 千卡/度

熱轉效率：70%

燃料費率：17 元/度

$$10,861.4 \text{ 千卡/日} \div (8,900 \text{ 千卡/度} \times 70\%) \times 17 \text{ 元/度} = 29.6 \text{ 元/日}$$

$$29.6 \text{ 元/日} \times 365 \text{ 日/年} = \underline{10,804 \text{ 元/年}}$$

c. 使用液化瓦斯熱水器：

燃料熱值：12,000 千卡/度

熱轉效率：70%

燃料費率：32 元/度

$$10,861.4 \text{ 千卡/日} \div (12,000 \text{ 千卡/公斤} \times 70\%) \times 32 \text{ 元/公斤} = 41.4 \text{ 元/日}$$

$$41.4 \text{ 元/日} \times 365 \text{ 日/年} = \underline{15,111 \text{ 元/年}}$$

(4) 二氧化碳減量效益

a. 使用電能熱水器：

$$10,861.4 \text{ 千卡/日} \div (860 \text{ 千卡/度} \times 90\%) \times 0.638 \text{ 公斤/度} = 9 \text{ 公斤/日}$$

$$9 \text{ 公斤/日} \times 365 \text{ 日/年} = \underline{3,285 \text{ 公斤 CO}_2\text{/年}}$$

b. 使用天然瓦斯熱水器：

$$10,861.4 \text{ 千卡/日} \div (8,900 \text{ 千卡/度} \times 90\%) \times 2 \text{ 公斤/度} = 3.5 \text{ 公斤/日}$$

$$3.5 \text{ 公斤/日} \times 365 \text{ 日/年} = \underline{1,277.5 \text{ 公斤 CO}_2/\text{年}}$$

c. 使用液化瓦斯熱水器：

$$10,861.4 \text{ 千卡/日} \div (12,000 \text{ 千卡/公斤} \times 70\%) \times 3 \text{ 公斤/公斤} =$$

$$3.9 \text{ 元/年}$$

$$3.9 \text{ 公斤/日} \times 365 \text{ 日/年} = \underline{1,423.5 \text{ 公斤 CO}_2/\text{年}}$$

表 3.3 太陽能熱水系統年均節省能源費用

項目	電能熱水器	天然瓦斯熱水器	液化瓦斯熱水器
燃料熱值	860 千卡/度	8,900 千卡/度	12,000 千卡/度
熱轉效率	90%	70%	70%
燃料費率	3 元/度	17 元/度	32 元/度
太陽能集熱量	42.1 元/日	29.6 元/日	41.4 元/日
相對燃料費支出	<u>15,366.5 元/年</u>	<u>10,804 元/年</u>	<u>15,111 元/年</u>
二氧化碳減量效益	<u>3,285 公斤 CO₂/年</u>	<u>1,277.5 公斤 CO₂/年</u>	<u>1,423.5 公斤 CO₂/年</u>

太陽能熱水器的基本效益可說無庸置疑，但其儲存保溫確實是最關鍵的一環，多年來廠商不斷的創新與進步，保溫桶的保溫效率已超越進口產品，以美國進口的辛巴達熱水器而言，其保溫效果遠不及國內產品。以行政院本部裝設的太陽能熱水設備工程，在設計過程採用 PLC 可程式控制，可以詳細記錄使用效益並記錄存取（如表 3.3 及圖 3.1），從紀錄中可明顯看出保溫桶的保溫效果。（感謝陳理事長提供寶貴實測數據）

表 3.4 2009 年 3 月 30 日 太陽能熱水系統儲熱桶實測結果表

項目	大氣溫度 $^{\circ}\text{C}$	進水溫度 $^{\circ}\text{C}$	出水溫度 $^{\circ}\text{C}$	用水量 T	用電度數
平均值	27.57	25.12	59.26	4.69	15.3

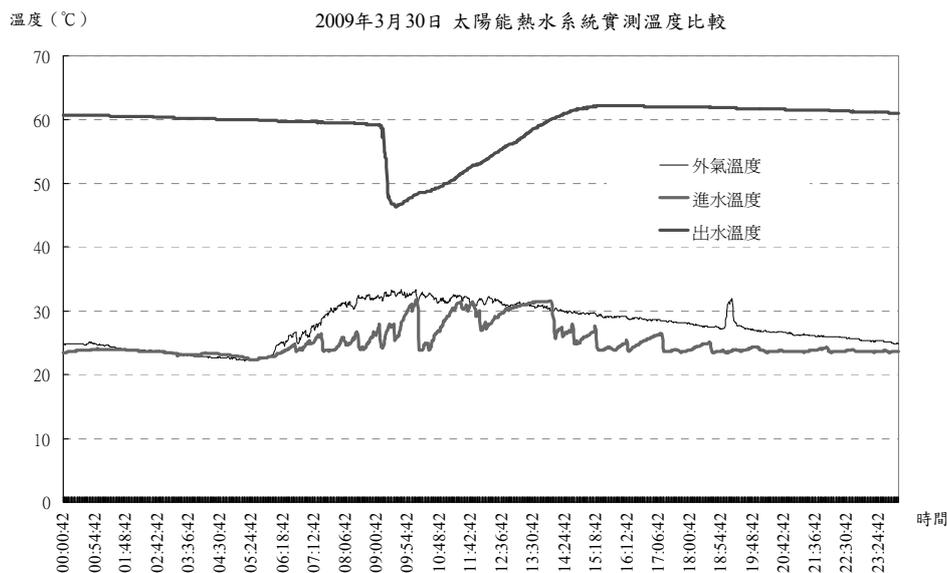


圖 3.1 2009 年 3 月 30 日太陽能熱水系統儲熱桶實測溫度比較圖

(資料來源：中華民國太陽能科技發展協進會陳理事長提供，本研究繪製)

國內推廣太陽能熱水系統雖然已經二十多年，但始終未被建築設計端及措發單位所重視，至今許多新建築物尚未預留太陽能熱水器的熱水管路與電源及控制管線，對於民眾想要裝設太陽能熱水器，除了設備費用之外，常因需要配置明管破壞外觀而放棄；有的因需要多支出管線配管費用而選擇其他高耗能的熱水器，雖然一開始的建置費用較少，但日後的能費用卻是無形的負擔。另外產生的空氣污染更是無法計算，每年冬季來臨總有不少瓦斯中毒的意外事件發生，輕則影響健康，重則命喪黃泉，造成無數的家庭悲劇，更

是社會國家的重大損失。

如果在建築規劃中即將太陽能熱水器的裝設列入設計範圍，不但能有效減少民眾的經濟負擔，且對於環保安全更是無限的助益。當建築過程中納入太陽能熱水器的應用，增加的費用遠低於建築完成後配置明管的費用。

以一般三至四樓透天厝推算費用概略如下：

1.配置明管：

- a.熱水管材費用：約 8,000 元。
- b.電源線材：約 800 元。
- c.工資費用：約 3,000 元。

2.建築一體施作：

- a.熱水管材費用：約 3,000 元以下。
- b.電源線材：約 800 元。
- c.工資費用：0 元。

若以現場實際環境而言，其實建築設計列入太陽能熱水器的配管，不但不會增加費用，反而可以節省若干成本，以部分案例檢討將熱水器管路配置到後方陽台，所耗管線距離遠多於樓層的高度；而且熱水管路因流經樓地板造成嚴重的熱損失，不但浪費能源與金錢，更因每次使用需消耗管路滯留冷水，增加燃料消耗與增加無數不必要的廢氣與廢熱，造成環保負擔。

第二節 太陽能熱水系統設計施工要求事項（能源局提供，尚未定稿）

一、一般要求

- 1.集熱器的安裝位置：考量建築結構載重荷載及整體觀瞻，儘可能縮短儲熱水槽和集熱器的配管。
- 2.避免反射光對附近建築物造成光污染。
- 3.系統設計與建造，須滿足建築技術規則與相關技術規範。

二、基礎：集熱器基礎-在屋頂結構上需與結構層中的鋼筋或鋼構相連，並做好適當的防水處理。儲熱水槽基礎-滿水時荷重不可超過建築設計的承載能力並預留日後保養維修之維修通道。

三、集熱器安裝：設置方位應朝正南向，仰角以等於當地緯度為佳，且誤差為 $\pm 3^\circ$ ，同時避免配置遮陰，並考量夏冬季使用頻度調整仰角。集熱器可透過並聯、串聯和串並聯等模式連接成集熱器組，惟並聯或並接數目不宜超過 6 個；串聯的集熱器數目不宜超過 3 個。集熱器組的相互連接，應按先進後出原則佈置成並聯，俾能工作流體流量平衡時，可借助輔助閥門調整以獲得均勻的流量分佈。

四、儲熱水槽安裝：槽底部一般應比集熱器頂部高 0.3m~0.5m，有效達成自然循環效果，並可防止夜間工作流體的倒流現象。同時儲槽上面及周遭應留設容納至少 1 人的作業空間，與四周保持大於 1.5m 的距離，與頂面保持大於 0.5m 的距離，人孔蓋周圍必須裝設防護欄，以確保維修時的安全。

五、泵浦安裝：泵浦配合集熱溫度選擇耐高溫($>100^\circ\text{C}$)的機型，並須安

裝於固定架，作接地、防震處理，置於室外者另應採用戶外型機型或加裝保護罩。

- 六、配管施工：循環管路應有 0.3%~0.5%的坡度，同時檢討設置排氣閥，以避免氣塞現象；並盡可能減少熱水配管長度與冷熱水管的彎折配管，檢討設置必要控制閥門、流量計與壓力表、膨脹箱或閥。
- 七、電控系統安裝施工：系統室內外電線配置與安裝需符合電工法規規定，另儲水槽如需裝設電熱設備，其電熱設備須符合電工法規第三章第三節電熱裝置相關規定；溫差控制器應放置於具適當保護功能的控制箱內，溫差感測元件的定位與安裝須確保感測與訊號傳遞功能。

第三節 太陽能熱水系統導入建築應用的課題分析

太陽能熱水器的應用為一般家庭建築容易接受的投資項目與選擇，但卻有許多瓶頸無法克服，如斜屋頂未預留配管路，增加施工難度與安裝後破壞外觀，造成許多施工不便與人員安全問題；如能從建築設計過程中即納入相關設計與施工配管考量，應可將推廣問題迎刃而解。

斜屋頂建築除外觀美化還有節能的功效，若能將節能環保的太陽能熱水器納入，則有如虎添翼的良效；經濟部能源局曾委託工研院研究推廣，但因欠缺建築主管機關與建築師的參與，建築業界普遍缺乏意願，至今尚無明顯的市場。

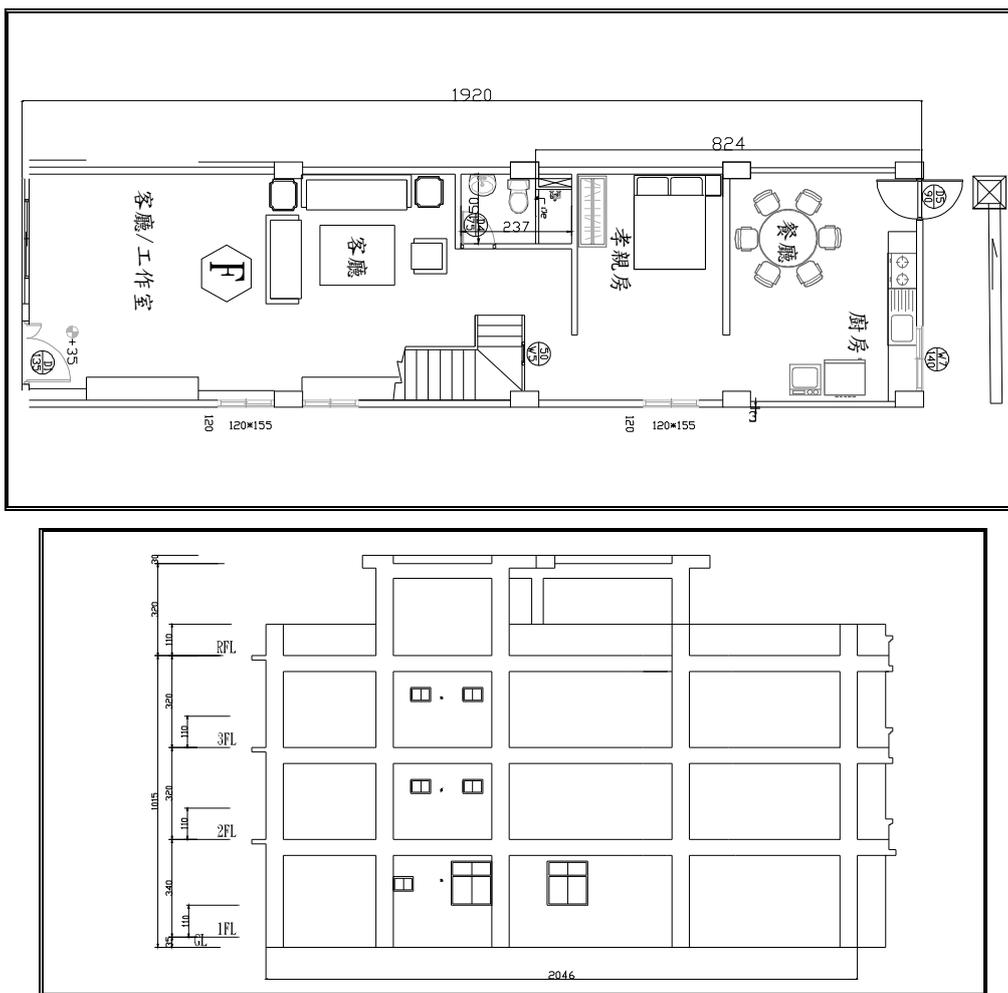


圖 3.2 一般透天住宅平面與立面之太陽能熱水系統檢討範例

若從建築規劃、設計、施工將太陽能熱水器納入，所增加的費用少，只要規劃得宜反而對整棟建築是加分；以建設公司而言，將太陽能熱水器納入不但可提升建築品質，更有助於銷售，衍生的邊際效應觀。

目前政府正大力推廣補助民眾購置太陽能熱水系統，若能從建築主管部門加以規範，不但對政府推廣計畫產生莫大助益，更能提國家整形象與民眾節能環保觀念的進步。目前台灣地區太陽能熱水系統安裝案例現況，初步蒐集如下：(感謝陳理事長提供)



圖 3.3 屋頂貼版獨立型太陽能集熱板



圖 3.4 露台雨庇型太陽能集熱板

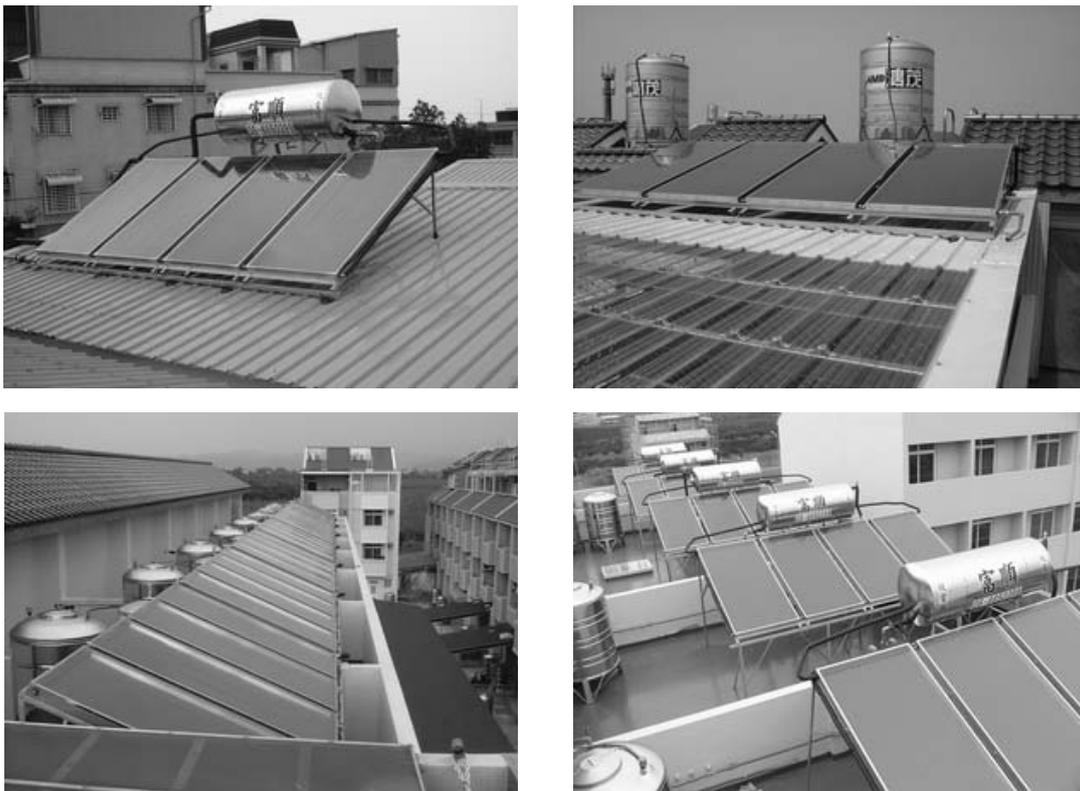


圖 3.5 屋頂平台集合型太陽能集熱板



圖 3.6 屋頂高架獨立型太陽能集熱板



圖 3.7 屋頂平台獨立型太陽能集熱板



圖 3.8 北京桑寶金太陽新能源集熱板



圖 3.9 九陽太陽能屋頂一體型單元

第四節 專家業界訪談

本研究於本年6月6日先以以電子郵件商請中華民國太陽能科技發展協進會陳理事長富用並轉知所屬會員，協助蒐集有關太陽能熱水系統在台灣推動的現況、效益及技術或推展上面臨的課題等資料進行分析研究；並於98年7月15日訪談相關會員先進，彙整本研究相關的經驗與技術資訊。包括以下項目：

1. 太陽能熱水系統的集熱效益與儲能保溫關鍵技術。
2. 建築物配置太陽能熱水系統的介面與建築技術法令配套需求。
3. 獨立式住宅建築與中高層集合住宅的建置技術及差異性。
4. 太陽能熱水系統取代住宅熱水的節能效益評估建議。

第五節 小結

本章已蒐集目前我國推動太陽能熱水系統相關評估技術與推動措施資料，並透過專家訪談蒐集太陽能設備系統業界先進對於後續推動的建議事項，彙整太陽能熱水系統安裝實例；初步結論包括；(1)我國目前仍缺專業技術團體或公部門行政機關正式函頒的太陽能熱水系統設計技術規範、(2)國內目前推動太陽能熱水系統安裝實例仍以增設為主，且為現場評估安裝位置或配管路徑，尚未導入完整的設計評估流程、(3)國內尚未建立太陽能熱水系統研發專責機構，僅由能源主管機關委託辦理申裝補助審查機構，同時缺乏太陽能熱水系統與建築構造整合設計的研發計畫。建議主管機關

與國家科研主管機關全力投入研發資源，協助業界突破技術瓶頸，
加速推廣應用，以扶植國內太陽熱能產業之發展。

第四章 太陽能熱水系統節能技術與效益評估策略分析

第一節 太陽能熱水系統設置意願使用者調查

本研究為掌握台灣推動太陽能熱水系統的現況，同時檢視建築物安裝太陽能熱水系統的技術課題、成本與使用者意願，進一步推估住宅建築採用太陽能熱水系統取代部分瓦斯、天然氣或電能熱水器的節能效益，並檢討後續擴大推動的策略，突破推廣瓶頸，針對建築面向推動太陽熱水在的課題進行問卷調查（問卷詳附錄）。

本次調查問卷共回收 126 份，使用者居住地點分佈以台北縣市、桃園縣及中部苗栗、台中縣市等佔較大比例，台灣其他各地區亦有使用者提供意見。（圖 4.1）

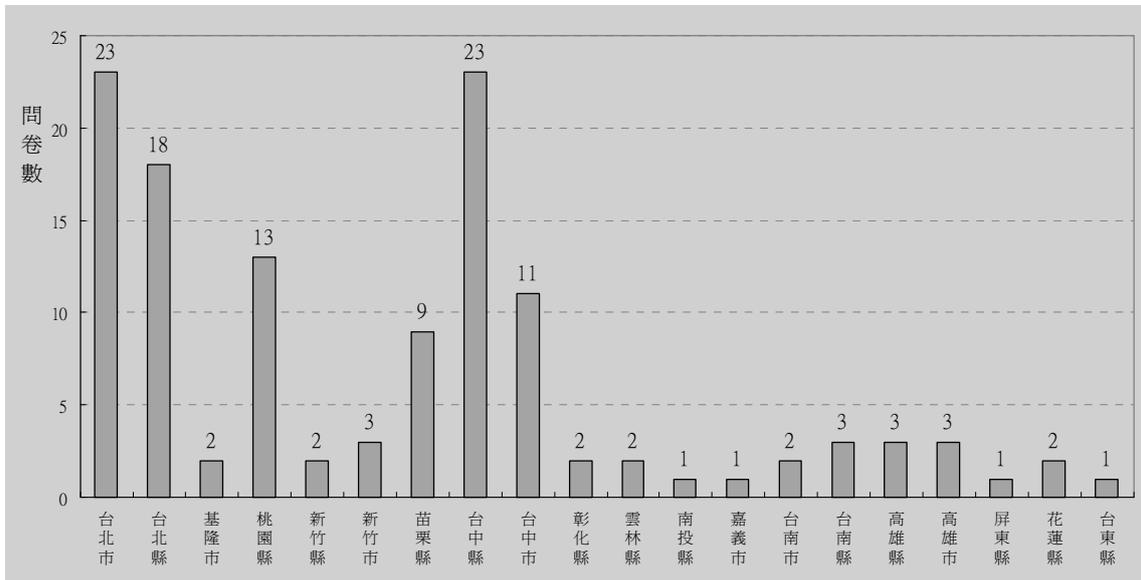


圖 4.1 問卷對象居住地分佈一覽

另因問卷係針對現況瞭解使用者對於太陽能熱水系統的認識與使用意願，以及使用動機的分析，故對象的選取未設定特別條

件，問卷對象居住住宅建築類型包括獨立或雙拼住宅、連棟透天住宅、無電梯公寓及電梯大廈等，其中以連棟透天住宅及電梯大廈所佔比例較高，約 65%（圖 4.2）。

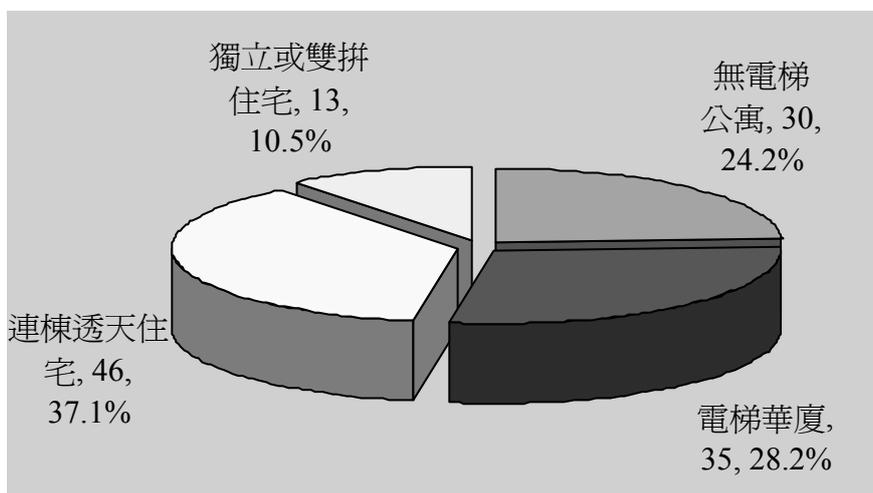


圖 4.2 問卷對象居住住宅建築類型分佈一覽

受問對象之住宅已安裝太陽能熱水系統者約 15.1%（圖 4.3），另 84.9% 未安裝者比例圖受訪者認為現住住宅建築不適合安裝太陽能熱水系統的原因，依本研究設計問卷的課題，以鄰居可能不同意者佔 55.6% 為最高，屋頂已有相關設施者居次；可見一般民眾在評估是否增設太陽能熱水系統時，對於取得鄰居或公寓大廈區分所有權人超過同意使用權的程序，似乎抱持審慎的態度，此現象亦顯現在申裝太陽能熱水系統如超過一定高度或規模時，需申請雜項執照的法定程序，所面臨的衝擊裝設意願的一大門檻；另目前國內住宅建築屋頂普遍存在的雜項工作物或遮陽、防水設施，對於擬增設太陽能熱水系統者，如何從有限的屋頂平面空間中，覓得太陽輻射充足且無鄰近遮蔽物的區位，亦為一大挑戰。（圖 4.4）

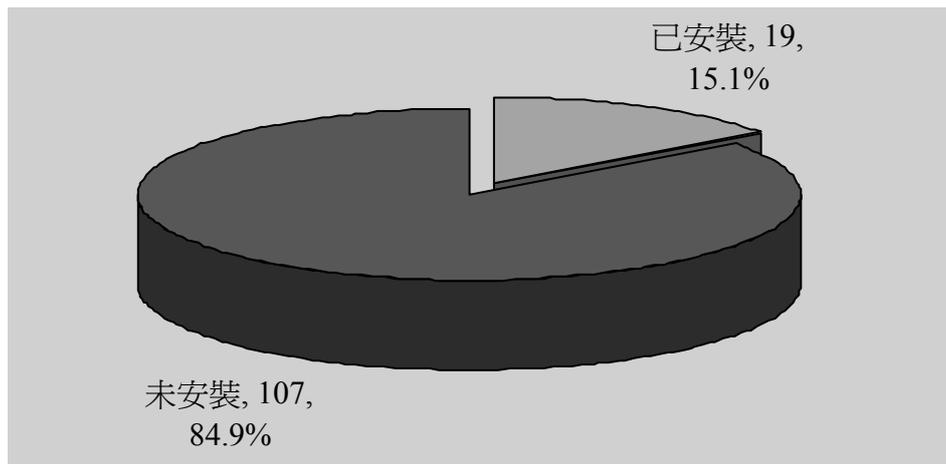


圖 4.3 問卷對象住宅安裝太陽能熱水系統比例圖

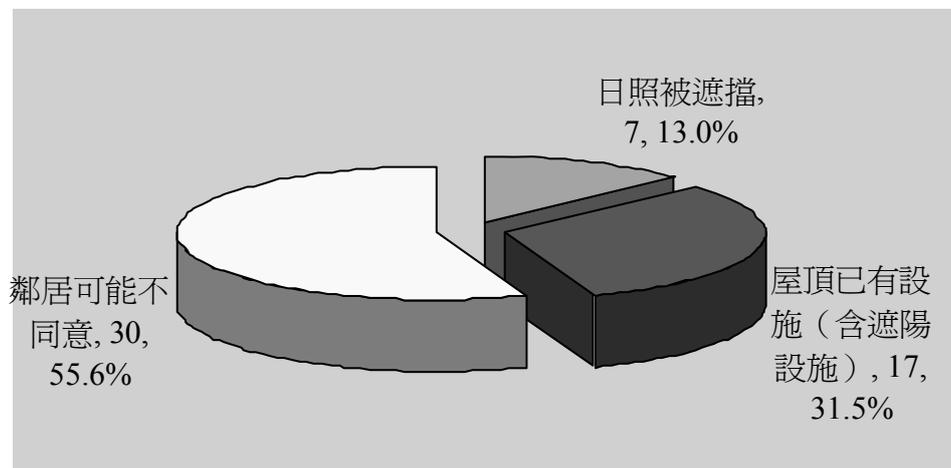


圖 4.4 問卷對象認為現住住宅建築不適合安裝的原因

本研究問卷中另針對受問者住宅單元每 2 個月能源使用的費用支出進行瞭解，包括天然氣、桶裝瓦斯電費等 3 項，使用天然氣者每 2 個月的能源支出略高於使用桶裝瓦斯者；而電費支出則以每 2 個月 2,000~3,000 元者居多（接近 45%）。（圖 4.5 至圖 4.7）本研究嘗試分析日常能源消費支出額度與裝設太陽能熱水系統意願的相關性，但因目前國內住宅建築在能源使用設備的配管或配線回路設計，並未區分廚房烹飪爐具、沐浴用熱水器以及其他日常電器

設備，現階段尚無法將單一能源使用項目的使用量分項分析，未來如有機會，建議可選定示範性案例進行住宅建築規劃家用設備器具裝設分項耗能記錄量表，長時間記錄分析家戶均耗能現況，以利規劃合宜的再生能源發展策略或措施，俾能作為政府推動節能減碳政策之參考。

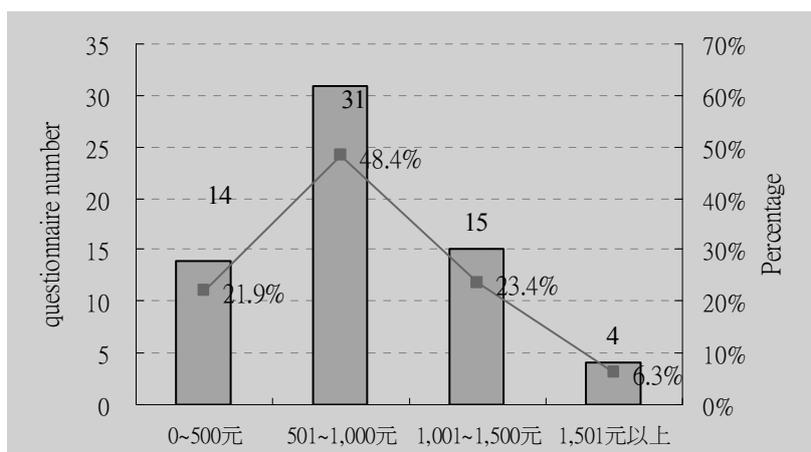


圖 4.5 每 2 個月天然氣支出統計

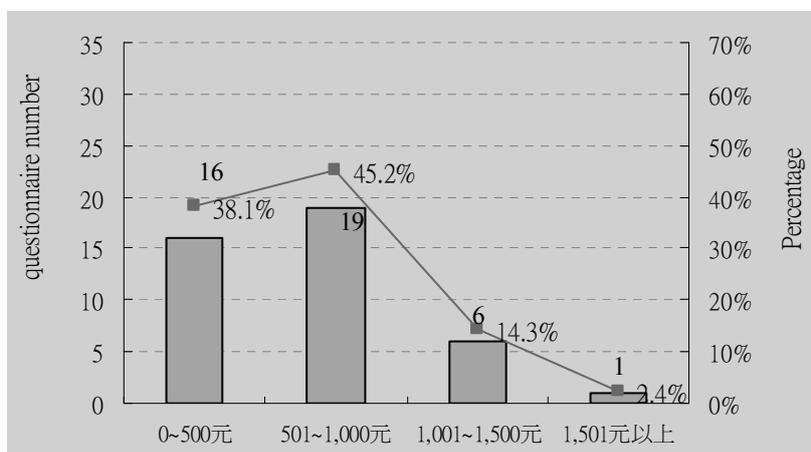


圖 4.6 每 2 個月桶裝瓦斯支出統計

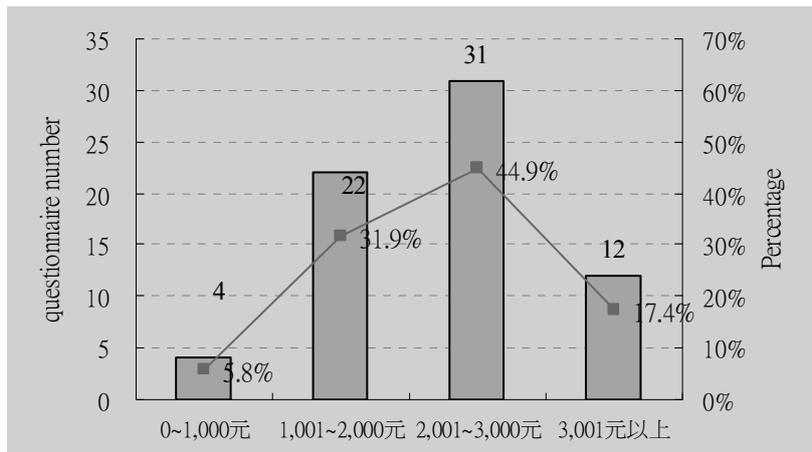


圖 4.7 每 2 個月電費支出統計

另本次問卷中回答有無意願或需求安裝太陽能熱水系統者共 117 份，有意願者僅佔 48.7%，無意願者超過半數（圖 4.8）；再根據考量安裝太陽能熱水系統的評估因素權重分析結果顯示，使用者最多列為第一優先考量的評估因素為安裝成本，其次為安裝位置，排序順位第三及第四的優先考量因素為冬季熱水不足與節省支出與增加投資回收年期。（圖 4.9）

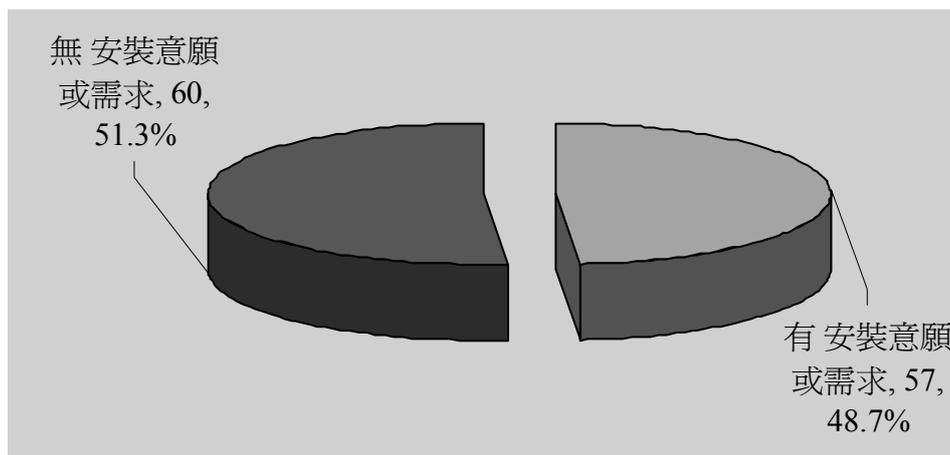


圖 4.8 太陽能熱水系統者之安裝意願調查分析

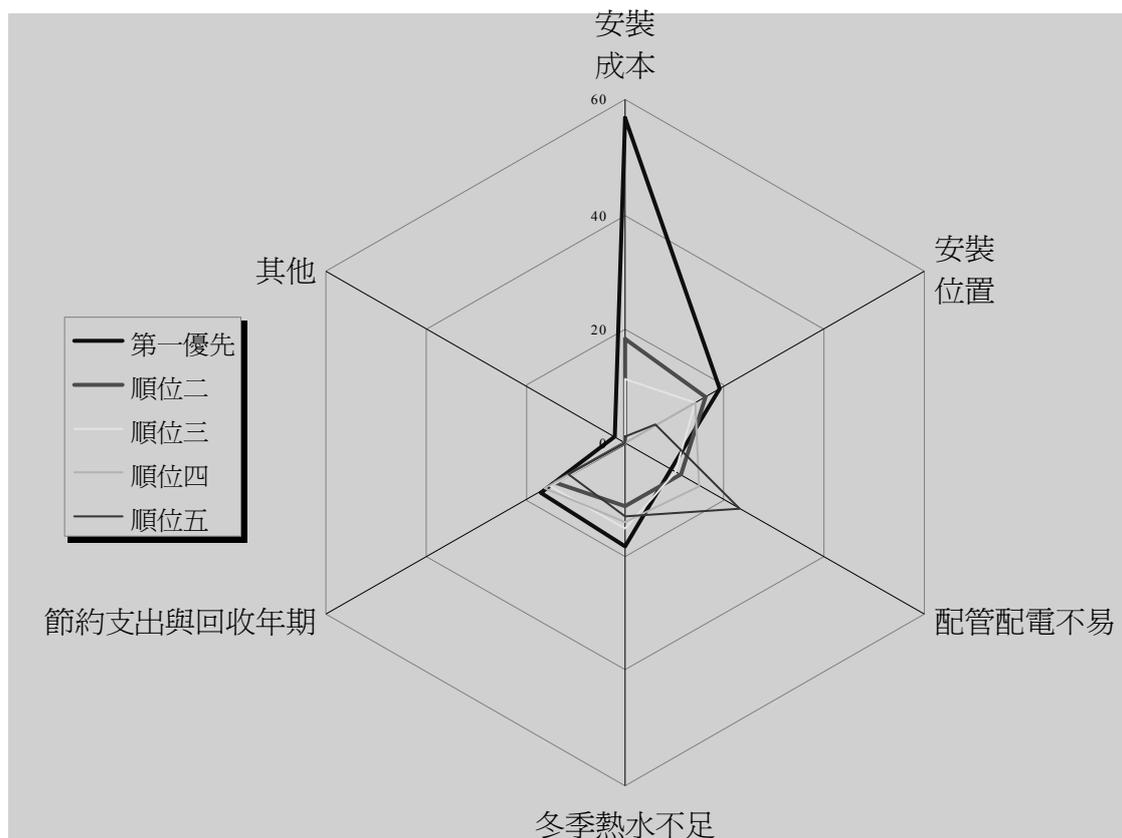


圖 4.9 考量安裝太陽能熱水系統的評估因素權重分析

此外，針對不同住宅建築類型使用者對於評估安裝太陽能熱水系統的優先考量因素分析結果顯示，不同類型住宅建築使用者仍以安裝成本為第一優先考量，無電梯公寓及電梯大廈之使用者的第二優先考量因素為安裝位置，連棟透天住宅則考量節省支出與增加投資回收年期，獨立或雙併住宅則同時考量節省支出與增加投資回收年期以及冬季熱水不足的因素。（圖 4.10）

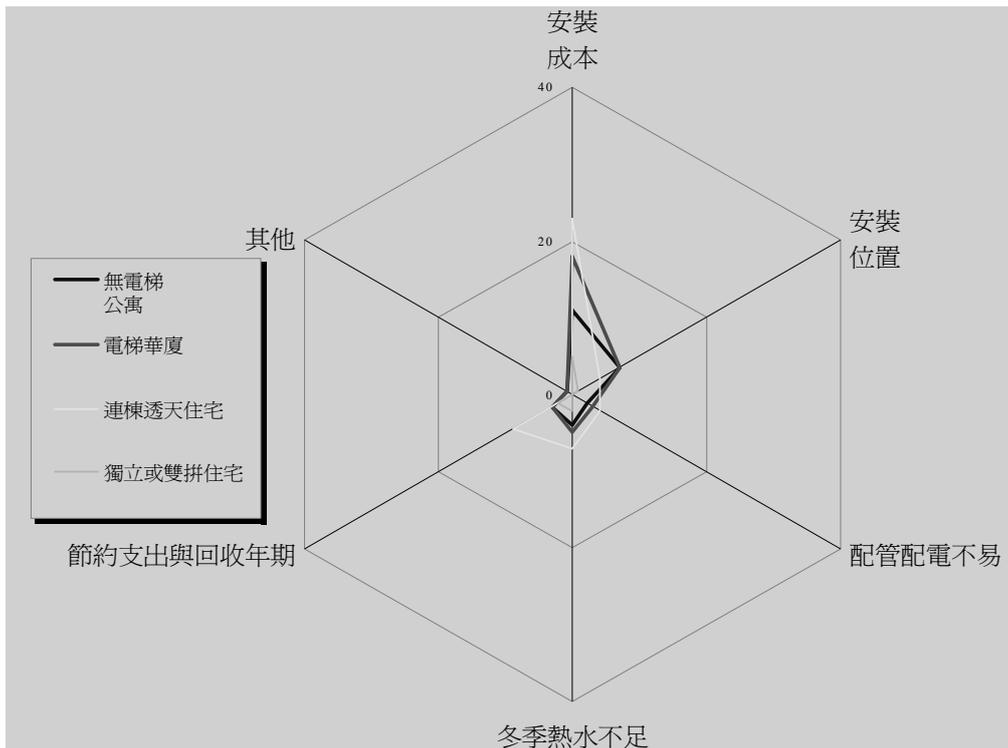


圖 4.10 不同住宅建築安裝太陽能熱水系統的考量因素權重分析

另根據評估可接受的太陽能熱水系統安裝成本的問卷統計結果顯示，初期安裝成本介於 3~4 萬元間較被普遍接受（56.9%），可接受 4~6 萬之間安裝成本者佔 39.4%，最明顯的結果是，超過 6 萬元以上的安裝成本會讓使用者卻步，失去安裝意願。（圖 4.11）

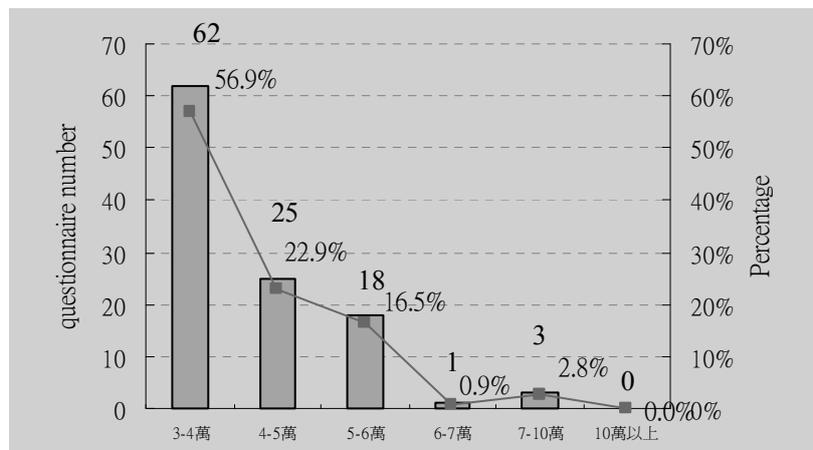


圖 4.11 評估可接受的太陽能熱水系統安裝成本

另根據初期投資成本回收年期對評估安裝意願的影響分析結果顯示，約有 43.1% 使用者認為 3 年以下的回收年期會提高安裝意願，6 年以內的回收年期有 78.0% 的使用者會考量評估安裝，7 年以上回收年期讓使用者評估有意安裝的比例降至 22.0%，可作為相關業者或設計人員評估初期投資成本回收年期的概略基準年期。

(圖 4.12)

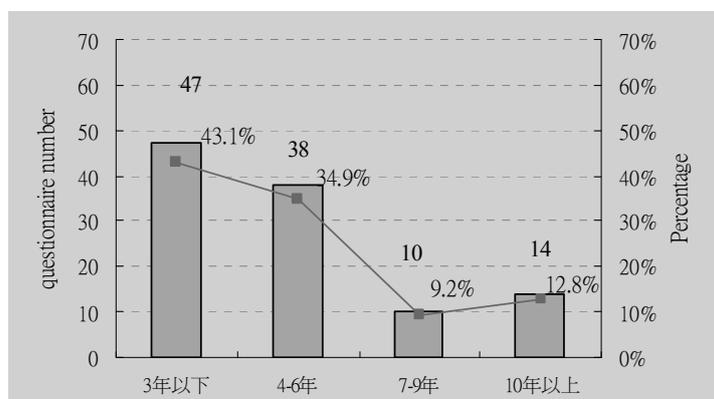


圖 4.12 重新評估安裝太陽能熱水系統成本回收年期分析

另針對普遍性的第三者安裝意願分析結果顯示，安裝太陽能熱水器的初期投資成本回收年期超過 6 年以上，僅剩 19% 的安裝意願。(圖 4.13)

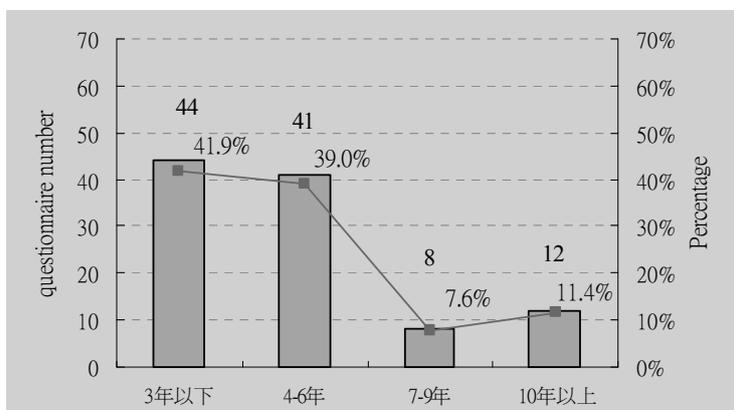


圖 4.13 影響安裝太陽能熱水器意願的成本回收年期分析

另初期投資成本回收年期如能控制在在 3 年以下時，使用者將有 51.9% 的機會被吸引估安裝太陽能熱水系統；4~6 年之間尚有 35% 的使用者會接受去安裝，超過 7 年時，安裝可能性急遽降低。（圖 4.14）故可獲致初步結論，以目前的社會經濟情勢而言，太陽能熱水系統初期安裝成本回收年期宜控制在過 6 年以下，其策略可包括降低設備系統價格與工程設施造價，亦或是能源價格適度反應調整，政府預算補貼初期投資成本的鼓勵措施等。

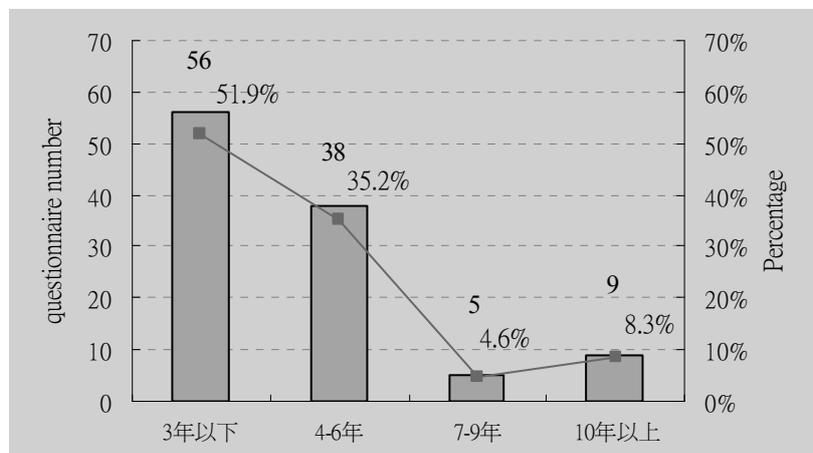


圖 4.14 易被接受的太陽能熱水器安裝成本回收年期分析

本研究針對住宅建築可安裝太陽能熱水器的優先位置進行問卷分析結果顯示，總體而言，台灣地區住宅建築最有可能安裝的建築部位為屋頂平台，其次為斜屋頂面，陽台雨庇被認為可作為安裝位置的比例極低（圖 4.15）；如以不同住宅建築類型分析可能安裝位置時，連棟透天住宅、無電梯公寓及電梯華廈仍以屋頂平台為第一優先選擇，其次為斜屋頂面，而獨棟或雙併住宅的第一優先選擇的安裝位置則為屋頂平台與斜屋頂面。（圖 4.16）

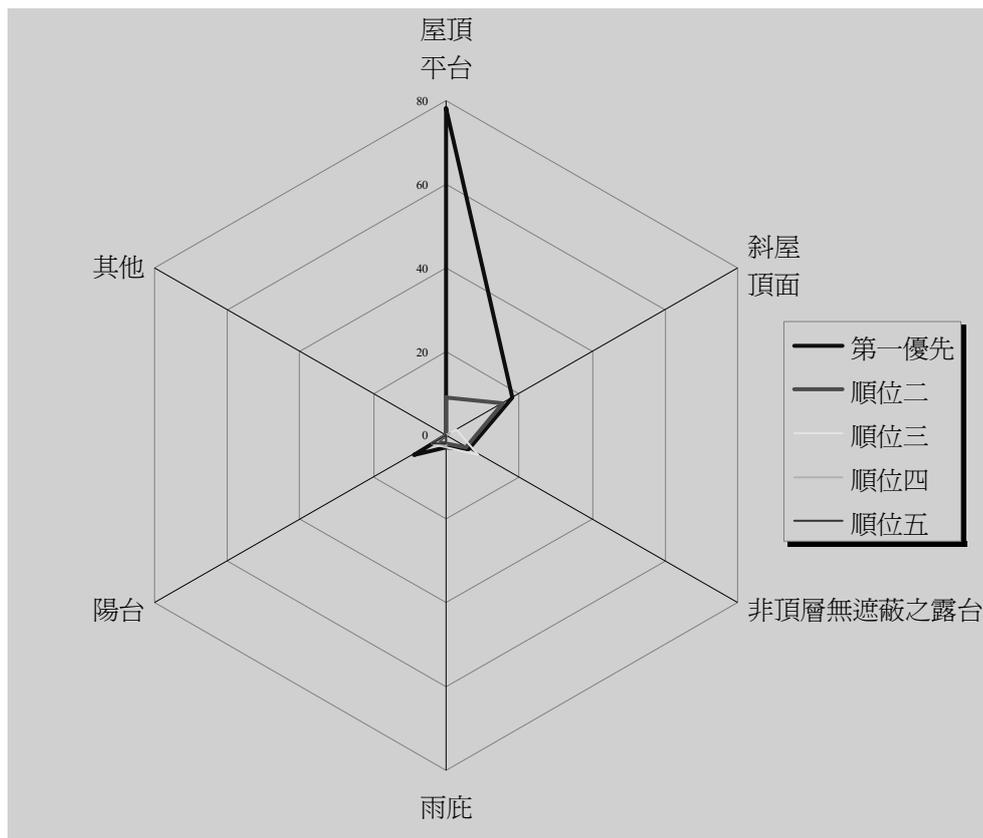


圖 4.15 問卷對象住宅建築可安裝太陽能熱水器的優先位置分析

不若大陸與其他國家在不同建築部位發展太陽能集熱技術的情況，台灣太陽能熱水系統的應用範圍仍被限縮在建築物的屋頂面，在其他軀位（如外牆、陽台、雨庇遮陽設施）仍有極大的發展空間，值得相關技術團隊或政府部門積極投入研發資源，以擴大太陽熱能的應用範疇，在住宅建築全面導入節能自然能源。

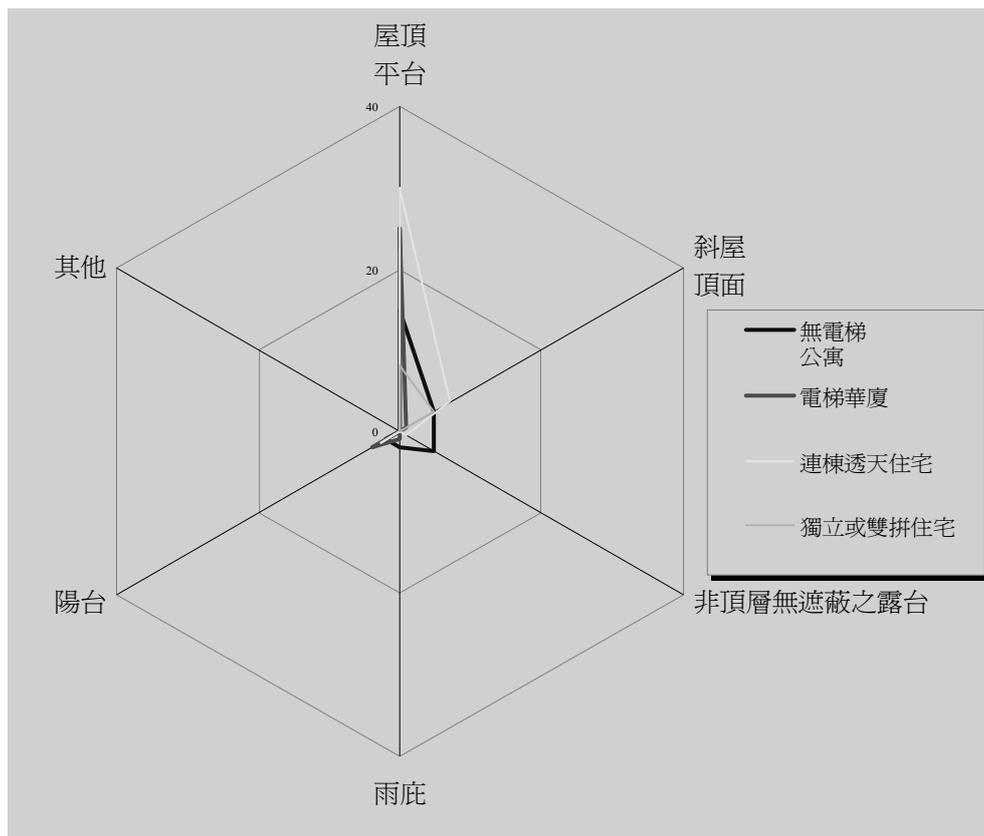


圖 4.16 不同住宅建築可安裝太陽能熱水器的優先位置分析

除此，本研究另針對受問者住宅家戶空間中主要浴室使用熱水空間至最可能安裝太陽能熱水器的位置進行調查顯示，僅有 7.6% 的問卷對象住宅浴室空間至未來安裝太陽能熱水系統間的配管長度在 3 公尺以下；3~6 公尺之間的配管長度佔 28.6%，超過 7 公尺者則達到 63.8%。（圖 4.17）可見未來廣泛推動住宅建築安裝太陽能熱水系統時，儲熱水箱至主要浴室的熱水配管應優先考量適當的保溫措施，減少熱水輸送過程的熱損失，降低輔助熱源設置的容量，擴大節能的規模。本研究再針對於屋頂平台安裝太陽熱水系統時，配管穿越樓層數與配管長度的關係進行調查，分析結果顯示，屋頂層往下加三個樓層為配管長度是否妥適的分界點（圖 4.18），

以單一樓層高度 3 公尺換算，約為 12 公尺長度；對照前揭的問卷結果，約有接近 70% 的受問者住宅未來安裝太陽能熱水系統配管長度可被接受，但如果加上水平方向所增加的配管長度，比預可再提高。但參考相關文獻之建議，太陽能水系統與家戶熱水系統的配管，仍應盡量縮短長度，減少熱損的機會，故應從建築設計階段即著手規劃預留具配保溫效果的配管，以對應增設太陽能熱水系統的迫切需求。

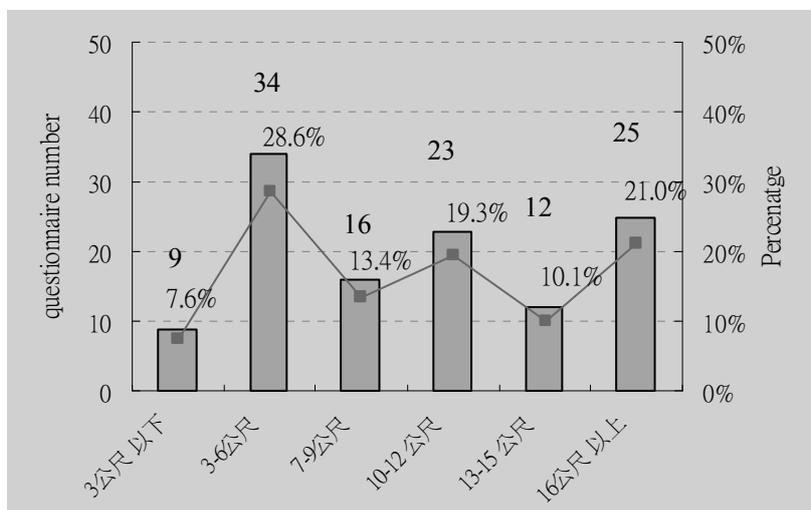


圖 4.17 未來安裝太陽能熱水器的熱水配管長度分析

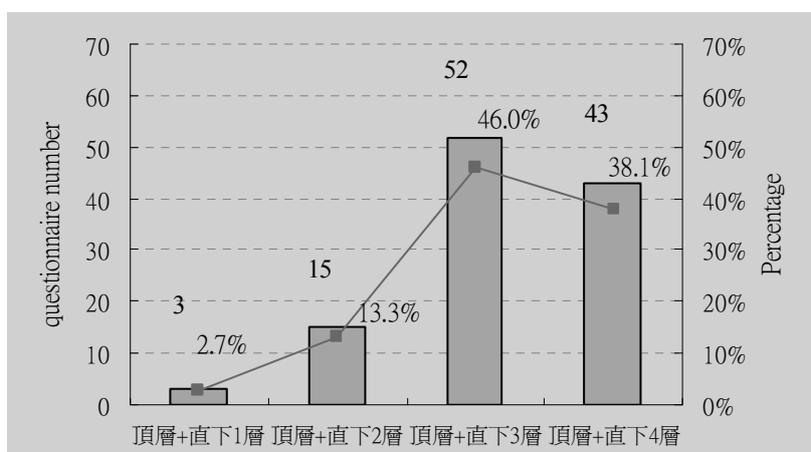


圖 4.18 安裝太陽能熱水器最大熱水配管長度的意見

本研究再就受問者對未來住宅建築結合太陽能熱水系統設計或安裝的意見進行調查，包括新建建築物預留太陽能熱水系統配管、以法令強制預留太陽能熱水系統配管、選擇已安裝太陽能熱水系統的新建建築物及自行興建住宅安裝太陽能熱水系統的意願等。問卷分析結果顯示，94.4%認為新建建築物設計時，有必要預留太陽能熱水系統配管（圖 4.19），但如考量以相關法令強制要求預留配管時，則僅有 56.8%的問卷對象認為有必要以相關法令強制規範之。（圖 4.20）

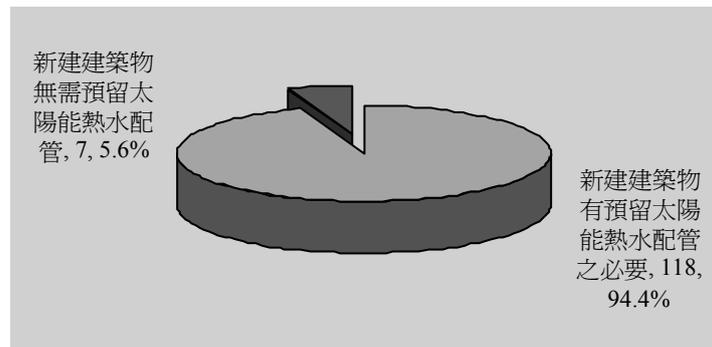


圖 4.19 新建建築物預留太陽能熱水配管的意見分析

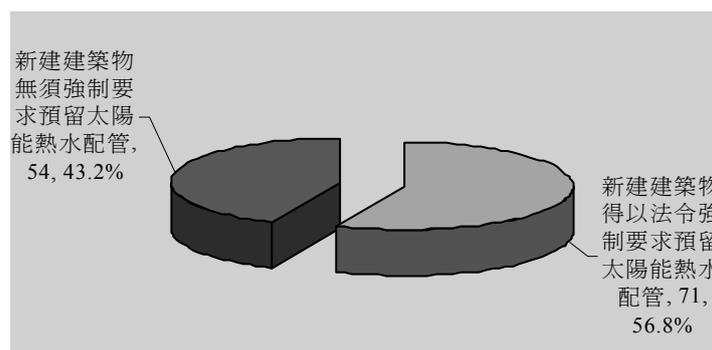


圖 4.20 新建建築物以法規強制預留太陽能熱水配管的意見

至於有關未來會優先選擇已安裝有太陽能熱水系統供應熱水的新建建築物的調查結果顯示，達到 86.1%的受問者會考量優先選

擇已安裝太陽能熱水系統之新建住宅建築（圖 4.21）；同時，有高達 92.6%的受問者會優先選擇已預留太陽能熱水系統配管之新建住宅建築，未來再視需要自行安裝（圖 4.22）；此結果應可提供建築投資業界及建築設計專業人員參考，審慎考量於建築規劃設計階段納入太陽熱能與太陽能源利用相關設施之整體規劃，增加吸引使用者注目的誘因。

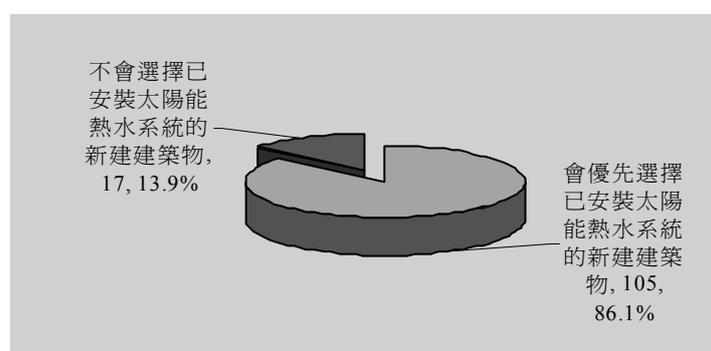


圖 4.21 受訪者優先選擇已安裝太陽能熱水系統的新建建築物意願

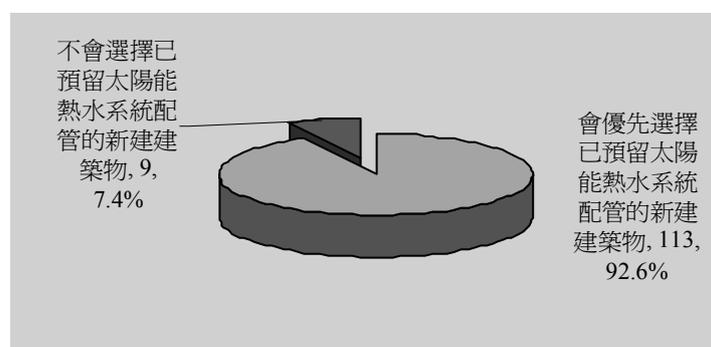


圖 4.22 受訪者優先選擇預留太陽能熱水系統配管的新建建築物意願

而未來如有機會自行興建住宅，會直接選擇太陽能熱水系統來供應日常用熱水的受問者，亦高達 92.7%的比例（圖 4.23），顯見問卷對象對於太陽能熱水系統已有充分認知；住宅建築規劃與設計階段如能即時納入考量審慎規劃，且所佔整體建築建造成本極微小

的配比下，民眾均對太陽能熱水系統有強烈的安裝需求，值得再生能源主管機關與營建、太陽能熱水系統業界深思，研提新建建築物納入太陽能熱水系統的推動策略與具體措施，如提供具體完整的設計技術規範、設計與性能評估方法、經濟性能評估方法與設計參數資料庫等。

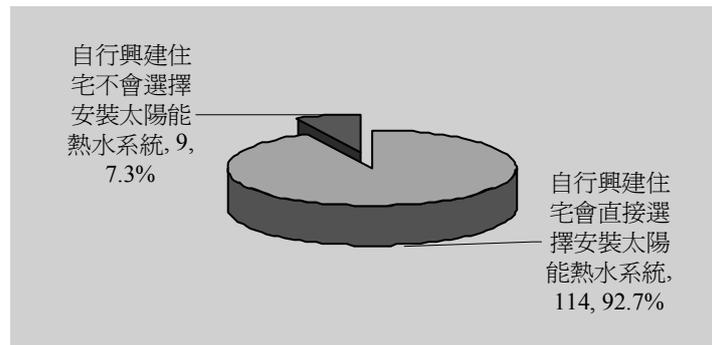


圖 4.23 受訪者自行興建住宅時安裝太陽能熱水系統意願分析

第二節 國內外住宅建築導入太陽能熱水系統案例

4.2.1 日本住宅建築案例

1. 深澤環境共生住宅

本案原址為 1952 年東京都建設之都營 39 戶木造集合住宅基地，由於近年來社區生活機能老化，且鄰近地區正逐步進行都市再生計畫，連動產生土地有效利用的構想。在當地住戶經年努力的自主管理下，使得社區維持良好的人際關係與外部居住環境形態，逐漸地社區面臨進入高齡化社會的社區模式。

由於這樣的社會發展背景，根據日本「環境共生住宅建設推進事業」的操作模式，將當地的管理機構由東京都指定移轉至世田谷區，開始進行區營住宅的改建工作，同時納入高齡者照護住宅的項目，合併設計成為所謂銀色住宅。全案依循 1992 年建設省策定的環境共生住宅指導方針建設，並獲得第一屆 JIA (The Japan Institute of Architects) 環境建築獎住宅類優等獎的評等。

(1) 計畫地概要

深澤環境共生住宅位於東京都世田谷區東南部接近目黑區的位置，為早期規劃的大型住宅基地，周圍道路及都市基礎建設完備，屬於條件良好的規劃標的；基地附近的都市環境規劃優良，包括於北方約 800 公尺距離配置有駒澤奧運公園及駒澤綠泉公園等，同時利用當地湧泉規劃了親水公園。

本案基地面積約 7380 平方公尺，為地上 3 至 5 層之集合住宅，

共有 70 戶住宅單元，包括一般公營住宅（含行動不便者專用住宅 3 戶）、公營高齡者專用住宅及一般租賃住宅等；全案計畫自 1992 年著手基本設計，1995 年開始施工，並於 1997 年 3 月完成，總工程經費達 20 億 2 千餘萬日元；全案採用各樣環境共生技術（包括風力發電、太陽光電發電、太陽能熱水、雨水利用等）、考慮通風路徑的住宅配置及嘗試規劃 BIOTOP 的生態庭園配置，並保存既有大型植栽，為都市更新再生中落實發展環境共生技術的模範案例。

2. 太陽能光電發電及熱水暖房系統

深澤環境共生社區積極運用自然能源，包括太陽熱能及太陽光電能，在東西軸向配置坐北朝南的 1 號棟住宅屋頂裝設太陽能集熱器 57.42 平方公尺，提供年間熱水（溫水槽容量：1.5m³）及冬季期間的地板溫熱水暖房熱源所需，作為使用都市瓦斯的輔助熱源。



圖 4.24 太陽能集熱器提供行政區樓版暖氣系統與溫水需求

對深澤環境共生設計手法應用的驗證，也是相當重要的成效評估工作，可以提供為往後其他個案發展的參考模式，可採用與大學或研究機構合作方式，進行設計手法的效能測定，包括針對構造、敷地環境設計、自然能源與資源的活用、綠化成效等，據此啟發地區性環境共生住宅理念的開端，擴大推廣應用相關技術。

2. 光與風之研究所

光與風之研究所為一研究太陽能及風力發電之研究所，該所開發之產品有太陽能燈具、腳踏車、小型風車等，其開發一組太陽能抽風式外牆版，藉由太陽能抽風機將外牆熱得排出，降低能源消耗。研究所樓上為住家，本身亦裝有小型風車與建築一體型太陽能板及熱水器。



圖 4.25 屋頂小型風車



圖 4.26 屋頂裝置與建築一體型太陽能板



圖 4.27 屋頂裝置太陽能熱水裝置

4.2.2 台灣住宅建築導入太陽能熱水系統案例分析

新竹自然生活館

新竹自然生活館為服務於科技業的業主自行規劃興建之獨立住宅單元，經過台灣九二一集集大地震的考驗，業主為落實其追求自然生活的理想，透過台灣地區的傳統建築參訪與洗禮，在既有山坡地住宅社區基地上，選定具有代表台灣建築風格的清水紅磚牆作為住宅建築的規劃特點，並將所學環境工程技術專長應用在生活設計中，設計上並充分考量尊重環境資源的技術手法，以低環境負荷、節約自然資源使用的自足式生活環境為全案發展目標。

1. 計畫地概要

自然生活館獨立住宅位於緩坡地形的山坡地住宅社區中，地處新竹縣穹林鄉石壁潭山麓，基地面向頭前溪，建築物採坐北朝南配置；背山面河的基地，具有自然氣流循環的特色，台灣地區朝南基地可以獲得充足日照，無陰冷潮濕之顧慮；建築物依業主要求採用耐震筏式基礎結構系統，主結構體以 RC 構造為主，次構造外牆部分則以台灣自產獨具風格的清水磚牆施作，並採用多項自然環境控制技術手法設計，包括自然通風循環換氣、庭園立體綠化、污水再生利用、透水鋪面改善、自然土壤鋪面的保育與適當陽台外遮陽等，同時引入太陽能自然能源的利用設施，包括太陽能熱水集熱器、太陽能光電發電系統等，以節省建築物耗能耗電量。

2. 環境共生技術概要

(1) 建築設計與材料

本案考量耐震之需，雖僅為二層住宅建築，結構上仍採用筏式基礎及RC結構；外牆構造採用具台灣本土建築材料特色的清水磚砌築，具有相當良好的隔熱性能，同時也是台灣傳統建築技藝風貌的再現。(圖 4.28、圖 4.29)



圖 4.28 自然生活館側向立面

圖 4.29 自然生活館正向立面

(3) 太陽能利用

本案住宅設置太陽能熱水及太陽能光電發電系統等自然能源設備，以有效運用台灣地區豐富之太陽能。太陽能熱水系統以4組集熱器單元構成，設置面積約3-4平方公尺，裝設於住宅南向屋頂層，輔以液化瓦斯熱水器併聯管線設計，供應生活需用熱水；太陽能光電發電系統設備採用單晶矽太陽光電發電單元，採獨立供電方式供應住宅用電，裝置容量為4.2KW，並設置12顆蓄電池，以儲存日間過剩的發電量，提供夜間家庭照明及生活所需用電，與台電之外電系統進行併聯手動切換，可供應住宅內包括生活及電視、冰箱等家電設備用電。本案規劃設計階段即已預留相關配管線，包括電力配線及含保溫措施之熱水配管均有詳細規劃，未來並可依擴增系統容量作彈性升級，對於整體住宅建築之日常用電及熱水耗能，

足以作為國內自然能源落實應用於生活的模範。

4.2.3 住宅建築導入太陽光電發電系統案例

因應我國再生能源發展條例立法完成正式施行之際，除積極推動建築導入太陽能熱水系統外，應擴大建築構造部位之整合設計，比照日本推動良久的經驗，將太陽能光電發電模組與建築外牆、屋頂構造結合為一體型 BIPV 模組，除可節省建材使用量，更可擴大太陽能在建築物上的收集範圍，我國在太陽能熱水系統發展歷程上，目前仍處於系統獨立發展建構的層次，尚無具體建築整合型構造系統技術被研發出來，比照日本推動太陽能光電模組的經驗，建議再生能源主管機關或太陽能熱水系統業者加速開發與建築構造整合的集熱器模組，以拓展住宅太陽能熱水系統應用的潛力。本研究收集日本二個建築商與研究機構的建築整合型太陽能系統構件，希望能夠引為未來發展太陽熱能整合技術研發參考。

1. 三澤房屋 MISAWA HOME

MISAWA HOME 位於奈良的學園前展示場（圖 4.30 至圖 4.31）。日本有很多公有的住宅展示場提供民間租賃，供民間建設業者興建實品屋讓消費者參觀選購，再挑選適合地點興建。

MISAWA HOME 採用的是與建築一體型的太陽能屋頂（圖 4.32），此屋頂可節省屋瓦費用，但因必須在設計階段即考量進去，比較不適合已興建完成之住宅加裝。建築一體型太陽能板屋頂雖然整體美觀，但因太陽能板鋪設整面屋頂，較不能考量日射角度及日

射時間做最有價值的利用。且太陽能板單價又非常高，建築一體型的太陽能板屋頂還在示範階段，目前朝向低單價的太陽能板開發使其能更具競爭性。



圖 4.30 三澤房屋 學園前展示場之太陽能實品屋



圖 4.31 學園前展示場興建中之實品屋



圖 4.32 三澤房屋採用建築一體型太陽能板屋頂

2. 鹿島建設株式會社

鹿島建設株式會社是日本一個很大型的民間建設公司，其設計施工作品遍佈國內外。除了本社土木建築部門以外，還設有專屬之技術研究所。本次參訪機構為該社位在東京都多摩川調布市之「西調布研究所」及其附近之「鹿島建設環境共生單身宿舍」。本次參訪由其建築技術研究部居住環境組瀧澤博技師長及鹽谷正樹主管研究員為我們做詳細解說。

該環境共生單身宿舍為地上三樓之 RC 構造建築物，總樓地板面積約 3,950m²，擁有單身宿舍 90 間、餐廳、大廳、健身房等。其用了許多綠建築設計手法，獲得日本第七屆「環境省能建築獎」之「審查委員會獎勵獎」。採用建築一體型太陽能發電系統(圖 4.33)等。



圖 4.33 環境共生單身宿舍屋頂採用建築一體型太陽能發電系統



圖 4.34 西調布研究所環境工學實驗棟



圖 4.35 不同類型的建築一體型太陽能光電板

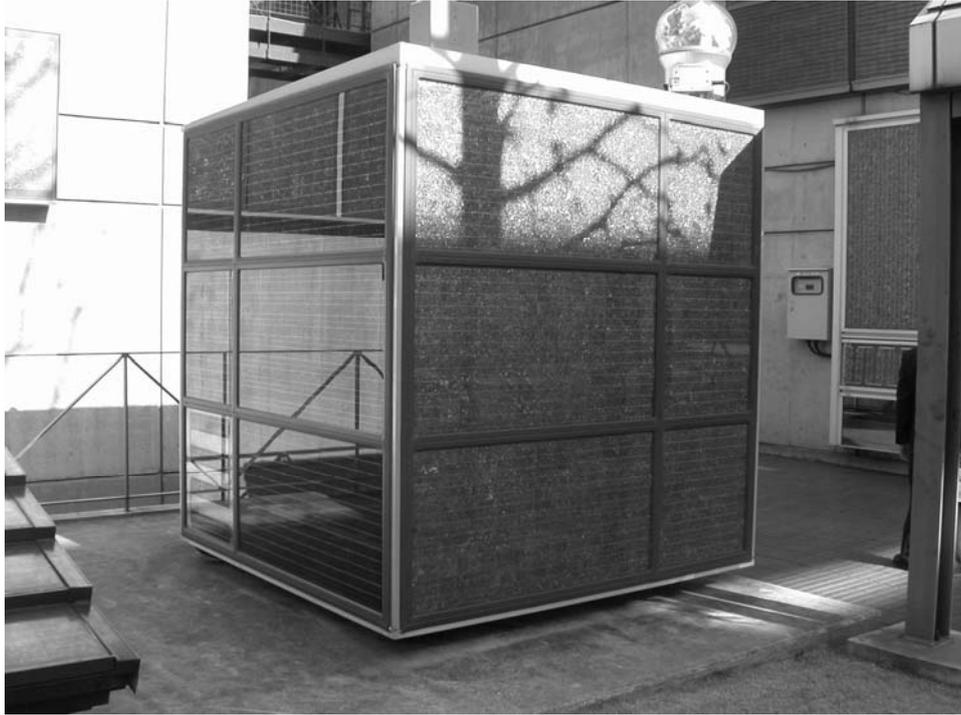


圖 4.36 不同類型的建築一體型太陽能光電板

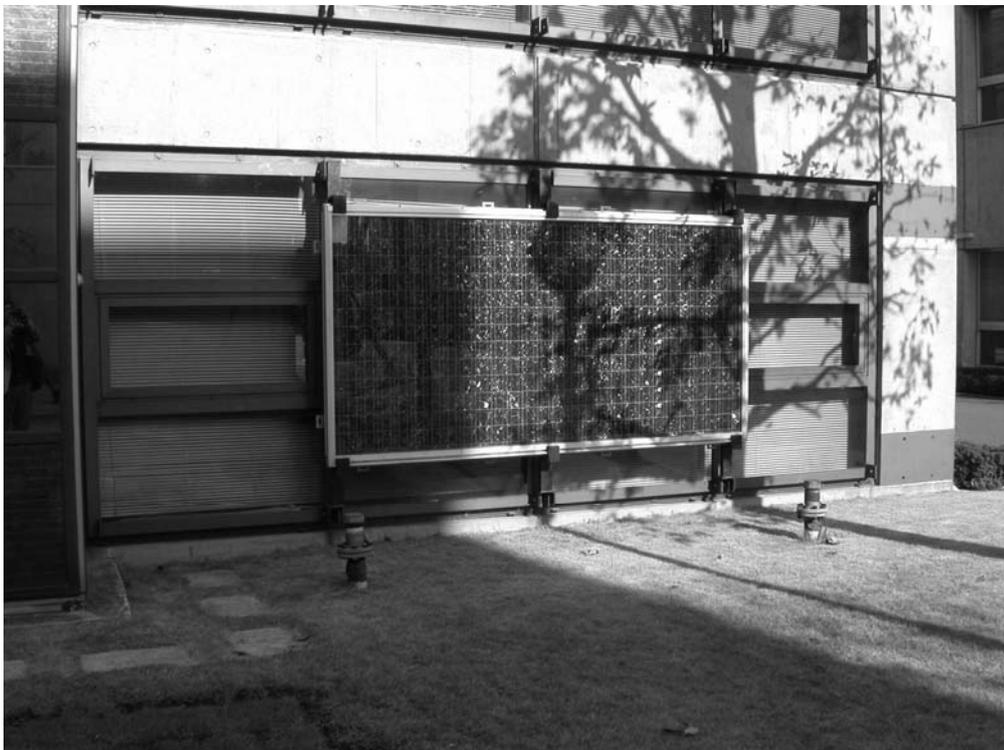


圖 4.37 不同類型的建築一體型太陽能光電板



圖 4.38 可開啟之建築一體型太陽能光電板



圖 4.39 外牆設置許多建築一體型太陽能光電板



圖 4.40 建築一體型太陽能光電板斜屋頂



圖 4.41 建築一體型太陽能光電板斜屋頂



圖 4.42 環境工學實驗棟屋頂設置太陽能光電板

第三節 住宅建築太陽能熱水系統整合設計評估策略分析

根據相關文獻彙整分析，並參照本研究前揭問卷調查分析結果以及技術專家之訪談記錄重點，本研究規劃住宅建築太陽能熱水系統整合設計評估策略如下，住宅太陽能熱水系統的設置，除考慮系統類型、輔助熱源的種類與比例、集熱器類型、熱水儲集桶容積以及熱系統的熱性能與住宅使用者熱水使用需求等事項外，技術經濟指標取決於所在地的太陽熱能資源、氣候條件、太陽能保證率、增加投資之回收年限、社區建築規劃與建築條件、與建築結構以及其他專業的構造介面整合技術等因素。這些因素的權重選擇與其組合將產生不同的性能與價值分析結果。

4.3.1 住宅太陽能熱水系統整合設計評估體系

對於住宅太陽能熱水系統，大陸地區已有相關經濟性能評價方法，同時針對住宅建築太陽能熱水系統整合設計應用技術著墨頗深，相關文獻中亦將評估指標、評估體系的建立以及住宅太陽能熱水系統的節能與經濟性、使用功能、建築結合與結構設計的性能指標列為重點，探討住宅建築太陽能熱水系統整合設計的評估方法與指標體系。

候選指標的選擇上，首先針對住宅建築太陽能熱水系統整合設計的相關因素進行分析，包括：專業性、穩定性、

自我維持性、可操作性、相對完備性以及綜合性原則。住宅太陽能熱水系統整合設計評估系統策略架構如表 4.1 所示。

表 4.1 住宅太陽能熱水系統整合設計評估架構

指標群	一階指標層	二階指標層
經濟性能	太陽能保證率 增加投資回收年限	
使用功能 (使用階段之實測評估)	水質 水溫 水壓 水量 可靠性 節水效果 管理水準	衛生水質 供應溫度、溫度控制 用水點流出水壓、冷熱水系統壓力平衡 充足的水量 維修次數 冷水放出時間 水質與系統維護
系統設計 (用於設計階段的技術評估)	集熱設計	集熱器類型選擇 集熱器面積計算 集熱系統傳熱工質類型 集熱系統運轉方式 集熱器與儲熱水箱放置關係 輔助熱源設計 系統控制方式
	供應系統設計	系統供應方式 居民的熱水用量 供熱水溫度 原水水質處理措施 管道佈設 管材選用
	防水質污染設施	儲熱水箱內膽材料 儲熱水槽內部構造 管道系統構造 防逆流措施
建築結合	規劃設計	同步設計

		地區條件 建築規劃 系統選擇
	建築整合設計	數據收集 日照條件 環境協調 建築部件（單元構件） 安裝方式 安全防護 建築功能 住宅平面 管線配置建築電氣系統
	集熱器安裝	日照要求 安裝連接/管線設計 檢修通道/安全防護 建築美觀
	儲熱水箱、輔助熱源及管道安裝	安裝位置 管線布置 輔助熱源 管道間位置 管道間平面 建築美觀
結構安全	結構設計	強度與變形驗算 安裝位置 預埋件 偶發事件控制
	施工安裝	集熱器安裝 儲熱水箱安裝 管道與泵浦安裝 輔助熱源安裝 建築保護 後錨固施工同壽命設計 後錨固施工錨固基材 後錨固施工結構保護
	維護與檢修	施工檢查 使用檢查

評估指標之評分方法區分為可量化與非可量化指標，可量化指標部分直接給予評分；非可量化指標部分，則根據實現該項指標的具體措施，利用措施得分率進行評分。大陸地區目前由國家住宅與居住環境工程技術中心所規劃的評估指標權重，依指標群分為經濟性能、使用功能（系統設計）、建築結合、結構安全等四大方面，整體評分權重如表 4.2。本研究後續將再依台灣地區學者專業人士進行專家問卷，以擬訂不同指標群間之權重分佈。

表 4.2 大陸地區住宅太陽能熱水系統整合設計評估指標權重

指標群	經濟性能	使用功能 (系統設計)	建築結合	結構安全
權重分數	50 分	100 分	100 分	70 分
基本設計基準	25 分	50 分	50 分	35 分

4.3.2 住宅太陽能熱水系統整合設計評估指標

(1) 經濟性能

根據評估的依據與時期，住宅太陽能熱水系統經濟性能評估分為預評估與長期監測評估。預評估是在系統設計完成後，根據太陽能熱水系統形式，確定的集熱器面積與集熱器性能參數、設計的集熱器傾角與給定的氣象條件下，在系統生命週期內的節能效益分析；而長期監測評估係指住宅太陽能熱水系統建置完成開始運轉後，對系統的

運轉進行監測，透過對監測數據的分析，得到實際的節能效益。

經濟性能評估包括：住宅太陽能熱水系統增加投資的回收年限及太陽能保證率分析。

太陽能保證率指標係指衡量住宅太陽能熱水系統的節能指標與環保效益。此指標為系統設計的重指標，而太陽集熱系統效率是評估集熱系統效能的重要指標，一般是透過系統運轉監測獲得此二項指標。

太陽能保證率 F (%)

$$= (\text{系統中太陽能部分供給的熱量} / \text{系統總熱量負荷}) * 100\%$$

增加投資回收年限有二種計算方法，一種為簡單回收年限，一種為複雜回收年限。

二者差別在於簡單回收年限只是用增加投資除以年節省費用，沒有考慮到資金的折現係數等因素對於回收年限的影響，但可迅速判斷投資回收期；複雜回收年限則考慮了折現係數、年燃料價格上漲率、系統年維修費用等因素對回收年限的影響，可以準確的反應投資的回收期。

增加投資回收年限 Ne

$$= \text{太陽能熱水系統增加投資 } J / \text{全年節約能源費用 } E_o$$

表 4.3 增加投資回收年限評估指標等級

評分						
增加投資 回收年限	~5	5~8	8~10	10~12	12~15	15~

(2)使用功能（系統設計）

使用功能評估指標係指太陽能熱水系統供應穩定熱水供應能力的指標。評估項目包括：衛生的水質、適宜的水溫、穩定的水壓、充足的水量。此項指標通常要透過實測與用戶調查來進行，實測內容需包括：熱水的供應溫度、計量用戶的實際熱水用量；使用用戶問卷調查，目的在於瞭解使用者對於熱水系統的感受，包括：水量是否充足、水溫是否適宜、調節是否便利、水質感覺如何、節能節水效益是否顯著等。

表 4.4 使用功能評估指標架構

指標群	一階指標層	二階指標層	評分值
使用功能 (實測評估)	水質	衛生水質	
	水溫	供應溫度、溫度控制	
	水壓	用水點流出水	
		壓、冷熱水系統壓力平衡	
	水量	充足的水量	
	可靠性	維修次數	
	節水效果	冷水放出時間	
管理水準	水質與系統維護		

表 4.5 使用功能評估指標評估措施（評估總分 = 分項總和）

序號	評估目標	措施或評估內容	評分值		
			好	中	差

a	衛生的水質	水質衛生指標符合現行自來水用水水質標準等相關要求			
b	適宜的水溫	熱水供應溫度宜為45°C~60°C，並設有安全可靠溫度控制			
c	穩定的水壓	保證衛生及具要求的供水壓力，住宅冷熱水系統壓力平衡（即供水點處之冷熱水壓差）不宜大於0.01MPa（即1.0m水柱）			
d	充足的水量	系統供應的熱水量與設計值相符，並應滿足用戶各項生活熱水需求，包括沐浴與洗滌。（如經濟許可，亦可將洗衣機用熱水納入考量）			
e	可靠性	系統的維修次數少			
f	節水效果	透過合理的管道系統設計，減少熱水使用前的冷水放出量			
g	管理水準	包括定期的水質檢測與定期檢漏、系統維護			

表 4.6 適宜的水溫（評分值 = (a + b) / 項目）

序號	評估項目	措施及要求				備註
a	供應水溫	55°C~60°C	50°C~55°C	45°C~50°C	< 45°C	
b	溫度控制方式	恆溫供水	水溫變化幅度小	水溫變化幅度大，有超溫控制	無超溫控制	

表 4.7 穩定的水壓（評分值 = (a + b) / 項目數）

序號	評估項目	措施及要求			備註

a	器具流出水壓	符合 規範要求	略低於 規範要求	使用不舒適	
b	冷熱水壓力 平衡狀況	水溫水量 穩定	須適當調整	串水	

表 4.8 節水效果

序號	評估項目	措施及要求					備註
a	冷水放出時間 (s)	≤5	5~10	10~15	15~20	≥20	

表 4.9 管理水準 (評分值 = (a + b) / 項目數)

序號	評估項目	措施及要求					備註
a	定期水質 檢測次數	1/月	4/年	2/年	1/年	<1/年	
b	定期檢漏次數	1/日	1/週	1/月	4/年	<4/年	

表 4.10 系統設計指標架構

指標群	一階指標層	二階指標層	評分值
系統設計 (設計階段 技術評估)	集熱設計	集熱器類型選擇	
		集熱器面積計算	
		集熱系統傳熱工質類型	
		集熱系統運轉方式	
		集熱器與儲熱水箱放置關係	
		輔助熱源設計	
		系統控制方式	
	供應系統設 計	系統供應方式	
		居民的熱水用量	
		供熱水溫度	
		原水水質處理措施	
		管道佈設	
	管材選用		

防水質污染 措施	儲熱水箱內膽材料	
	儲熱水槽內部構造	
	管道系統構造	
	防逆流措施	

表 4.11 集熱設計

一階指標層	二階指標層	評估目標	評分值
集熱設計設計	集熱器類型選擇	綜合考量集熱器的集熱性能、運轉方式、使用壽命、安裝方式、維修難易程度、結垢影響等因素	
	集熱器面積計算	合理計算	
		集熱器面積補償	
		與儲熱桶容積 配比	
	集熱系統傳熱工質類型	滿足水質要求	
		滿足防凍要求	
	集熱系統運轉方式	滿足規模要求	
		滿足建築結合要求	
	集熱器與儲熱水箱放置關係	滿足建築平面與功能要求 (分離式 6 分、緊湊式 3 分、悶曬式 1 分)	
	輔助熱源設計	類型優選	
		組合方式	
		配置比例	
	系統控制方式	啟停控制方式	
		防超溫控制	
		防凍控制	

表 4.12 集熱器選型評估指標 (評分值 = (a + b + c + ...) / 項目數)

序號	評估目標	措施或評估內容	評分值
a	集熱性能	日有效得熱量、平均熱損因素符合「家用太陽能熱水系統技術規範」 GB/T19141-2003 的要求	

b	運轉方式	可承壓運轉 7 分，不可承壓運轉 4 分	
c	使用壽命	≥15 年	
d	安裝方式	根據與建築結合程度分為： 好（7 分）、中（4 分）、差（0 分）	
e	維修難易程度	平板型 7 分、玻璃-金屬真空管型 4 分、 全玻璃真空管型 1 分	
f	結垢影響	全玻璃真空管型 7 分、平板型 4 分、玻 璃-金屬真空管型 1 分	

表 4.13 集熱器面積計算指標（評分值 = a + b）

序號	評估目標	措施或評估內容	評分值
a	合理計算	集熱器所採集的熱量能夠被充分 使用	
b	集熱器面積補償	當安裝角度與當地緯度相同，且方 位角為正南時（3 分）；當不符合上 述條件時，應進行面積補償設計， 補償至 100%（3 分）、95%（2 分）、 90%（1 分），以下為 0 分。	
c	與儲熱桶容積配比	根據當地的太陽能資源條件、氣候 條件、系統供應的季節選用適宜的 配比	

表 4.14 集熱器傳熱類型（評分值 = a + b）

序號	評估目標	措施或評估內容	評分值
a	滿足水質要求	當水被加熱後會對集熱部件產生 結垢與腐蝕作用時，選間接式系統 3 分；無上述問題時，選任意一種 傳熱類型 3 分	
b	滿足防凍要求	當環境溫度全年均高於 0°C 時，選 任意一種傳熱類型 3 分；當環境溫 度低於 0°C 時，選間接式系統 3 分	

表 4.15 傳熱系統運轉方式 (評分值 = a + b)

序號	評估目標	措施或評估內容	評分值
a	滿足規模要求	應與系統規模適應	
b	滿足建築結合要求	選強制循環型系統 3 分、選自然循環型系統 3~1 分	

表 4.16 輔助熱源設計 (評分值 = a + b + c)

序號	評估目標	措施或評估內容	評分值
a	類型優選	利用廢熱或其他可再生能源 4 分、電 2 分、燃氣 1 分	
b	組合方式	結合系統的規模、輔助熱源的加熱方式以及節能的效果選用	
c	配置比例	100% (3 分)、不配為 0 分	

表 4.17 供應系統設計

一階指標層	二階指標層	評估目標	評分值
供應系統設計	系統供應方式	結合建築的形式、居民對供應熱水舒適度的要求與系統的管理要求確定，集中供應方式的評分值高於局部供應方式	
	居民的熱水用量	設計採用的平均熱水用量： 當採用局部熱水供應系統時，取 30~40 L/人·d；當採用集中熱水供應系統時，取 45~60 L/人·d； 取上述標準下限值得 1 分、下限值得 6 分	
	供熱水溫度	系統的供應溫度宜設計為 45~60°C	
	原水水質處理措施	集中熱水供應系統應根據當地水質條件，按照「建築給水排水設計規範」GB50015-2003 的第 5.1.3 條要求，採取原水水質處理措施。	

		局部熱水供應系統採用原水水質處理措施得 6 分	
管道佈設		保證冷熱水系統壓力平衡，當衛生設備設有冷熱水混合器或混合水栓時，冷熱水供應系統在供水端點的壓差不宜大於 0.01MPa（即 1.0m 水柱）	
		保證器具流出水壓	
		保證供水溫度措施： 採用支管循環或支管電伴熱保溫措施 3 分；採用幹管循環且就近設置於用水點措施 2 分；採用幹管循環措施 1 分；其他措施視情況酌予評分	
		管道系統必須採取保溫措施，保溫材料應選擇熱傳導率低、且防水、防濕的材質	
		集中供應系統必須分戶計量，並在熱力站供水總幹管、各幹管連接處以及室外管網適當位置處設置檢漏用水表。局部供應系統無此項要求，直接得 3 分	
管材選用		防止異種金屬腐蝕	
		防紫外線、防老化	
		防腐蝕、連接方便可靠	
		符合飲用水衛生要求	

表 4.18 防水質污染措施評估指標

一階指標層	二階指標層	評估目標	評分值
防水質污染措施	儲熱水箱內膽材料	儲熱水箱材質、補砌材及內裝塗料不得影響水質	
	儲熱水槽內部構造	儲熱水箱進行水管布置不得產生水流短路，不能有死水區	
	管道系統構造	管道系統布置不得產生水流短路，不能有死水區	

	防逆流措施	與自來水給水幹管相連的位置應採用適當的防逆流措施	
--	-------	--------------------------	--

(3) 建築結合

建築是太陽熱能利用的載體，實務上須確保建築的美觀與使用功能，始能在太陽熱能技術發展純熟可靠且性能價格比合宜的條件下，廣泛推廣應用於住宅建築中。因此，整體建築結合指標已成為太陽能熱水系統設計評估的重要指標之一。

建築整合評估要素包括：規劃佈局、建築設計、集熱器安裝方式、連結介面技術、安全性、維修等性能。

表 4.19 建築結合指標架構

指標群	一階指標層	二階指標層	評分值
建築結合	規劃設計	同步設計	
		地區條件	
		建築規劃	
		系統選擇	
	建築整合設計	數據收集	
		日照條件	
		環境協調	
		建築構件	
		安裝方式	
		安全防護	
		建築功能	
		住宅平面	
		管線配置	
	建築電氣系統		
集熱器安裝	日照要求		

		安裝連接/管線設計	
		檢修通道/安全防護	
		建築美觀	
	儲熱水箱、輔助熱源及管道安裝	安裝位置	
		管線布置	
		輔助熱源	
		管道間位置	
		管道間平面	
		建築美觀	

表 4.20 規劃設計評估指標 (評分值 = a + b + c + ...)

序號	評估目標	措施或評估內容	評分值
a	同步設計	太陽能熱水系統設計應與規劃、建築、結構、給排水、電氣等專業設計同步進行，做到統一規劃、協同設計	
b	地區條件	應考量當地氣候、太陽輻射、輔助熱能等地區條件，因地制宜，最大限度滿足太陽能熱水系統設計與安裝的技術需求	
c	建築規劃	應結合場地的地形、日照與風向條件，確定住宅的朝向、間距及建築形體組合；安裝集熱器的住宅，主要朝向宜朝南，建築組合時集熱器之間應互不遮擋	
d	系統選擇	在綜合考量建設規模、住宅類型、業主使用需求、經濟承擔能力以及管理模式的基礎上，選擇太陽能熱水的應用規模，初步計算出所需集熱器面積及其安裝角度、儲熱水箱容積等主要設計條件，以確定集熱器的安裝位置與建築組合方式	

表 4.21 建築整合設計評估指標 (評分值 = a + b + c + ...)

序號	評估目標	措施或評估內容	評分值
a	數據收集	建築設計應確定以下各項條件： (1) 業主的使用需求 (熱水用量及使用方式)	

		<p>(2)太陽能熱水系統的選型與各項技術條件</p> <p>(3)集熱器的安裝位置，調整集熱器與建築整體及周圍環境的關係</p> <p>(4)儲熱水箱的位置滿足系統技術條件與安裝、維修的空間需求</p> <p>(5)用水空間（廚房、浴廁）及輔助能源加熱設備的種類、安裝位置</p> <p>(6)系統管道配管線方式、管道間位置與構造方式</p> <p>(7)集熱器安裝、維護檢修的通道</p>	
b	日照條件	集熱器應滿足有不少於4小時連續日照時數的要求（避免集熱器之間、建築自身與周圍設施的遮擋）	
c	環境協調	集熱器的安裝部位、造型、材質、色彩等方面與建築整體及週邊環境相協調；應用太陽能熱水系統的建築，應考慮設備安裝後對相鄰建築基本日照時數標準的影響；另避免集熱器產生眩光污染	
d	建築構件	集熱器、管道、水箱及其支撐部件應做為建築的組合元素，與建築有機結合，做到造型美觀、構件耐用、安裝維護方便	
e	安裝方式	應根據集熱器形式、安裝角度、安裝面積、部件尺寸進行細部設計，確定其在建築上的安裝位置與安裝方式（如一體型、疊和式或支架式）	
f	安全防護	對安裝集熱器的部位（尤其是在住宅出入口及人行通道上空）宜採取建築防護措施；應採取臨時或永久的建築措施為集熱器安裝施工提供安全保障，並為日常維護檢修設計公共通道，避免穿越入戶進行維修	
g	建築功能	集熱器的安裝不得影響該建築部位的承載、防護、保溫、防水、排水等相關的建築功能；避免周圍結構「熱橋」的產	

		生；集熱器與建築共同構成維護結構時，應與建築構造有機結合，並滿足該部位的周圍結構功能與建築防護要求	
h	住宅平面	合理安排各用水點與設備空間的位置關係，考量輔助熱源及輔助設施條件；根據儲熱水箱重量、尺寸、安裝使用要求設計儲熱水箱空間	
i	管線配置	合理配置住宅內部管線走向，並應集中、整齊；水平管線應採取隱藏或暗埋的構造方法，垂直管線應集中設置在垂直管道間內，並應預留檢修口	
j	建築電氣系統	設置可靠的避雷與接地設施，並進行專業設；控制系統簡便、安全、可靠	

表 4.22 集熱器安裝在平屋頂（平台）上的評估指標

(評分值 = a + b + c + ...)

序號	評估目標	措施或評估內容	評分值
a	日照要求	集熱器在平屋頂上應整齊有序排列，前後 2 排之間應留有足夠的間距，以滿足當地 4 小時的連續日照時數要求	
b	大樣設計	建築設計應包括集熱器基座平面圖、集熱器安裝構造大樣圖以及基座防水特殊處理大樣圖	
c	安裝連接	集熱器的安裝不得破壞屋面的保溫、防水，集熱器支架應通過預留的基座與屋面連接，基座、管線設施不應影響屋面排水	
d	檢修通道	住宅樓梯間宜通至斜屋頂面，或在樓梯間設斜屋頂面人孔，作為安裝、檢修出入口；非斜屋頂面的集熱器周圍與檢修通道應鋪設剛性保護層	
e	建築美觀	在住宅平屋頂面上設置集熱器宜分為可見式與不可見式。不可見式支架與管線系統不應外露。周圍有高層建築時，應注意屋面集熱器組合整齊美觀	

表 4.23 集熱器安裝在斜屋頂上的評估指標

(評分值 = a + b + c + ...)

序號	評估目標	措施或評估內容	評分值
a	日照要求	建築設計宜根據集熱器接受陽光的最佳角度，即當地緯度+10度來確定斜屋頂面的坡度，亦可根據屋面坡度來確定集熱器的角度	
b	大樣設計	建築設計應包括集熱器基座平面圖、集熱器安裝構造大樣圖	
c	安裝連接	集熱器支架應與設計在屋面結構上的預埋件牢固地連接，不得破壞屋面的保溫、防水，並按建築相關規範採取防水措施；疊合型集熱器的基座、管線設施不應影響屋面排水	
d	檢修通道	住宅樓梯間宜通至斜屋頂面，或在樓梯間頂層設計專門的安裝、檢修出入口，並在斜屋面上設置可靠的安全措施，提供專業人員安裝或維護的安全保護措施	
e	建築美觀	設置集熱器的屋頂面不宜採取局部降板、折板等結構方式。斜屋頂面上的集熱器可採用屋面一體型、疊合型、支架型	

表 4.24 集熱器安裝在牆面（陽台）上的評估指標

(10分，評分值 = a + b + c + ...)

序號	評估目標	措施或評估內容	評分值
a	日照要求	在方案階段應作日照分析，保證集熱器在南側建築遮擋立面陰影4小時日照線以外；設置在外牆面（陽台）上的集熱器宜有適當的傾角；設置在窗上部的集熱器應作遮陽分析	
b	安裝連接	集熱器支架應與設計在牆體（陽台）上的預埋件連接，不得破壞牆體的保溫、防水，預埋件應在建築施工大樣圖中準確定位	

c	管線設計	集熱器與儲熱水箱相連的管線需穿越牆體時，應埋設相關的穿越管，預埋管件應在建築施工圖中準確定位	
d	安全防護	以集熱器構成局部陽台樓板時，集熱器應滿足建築結構設計對其剛度、強度以及防護功能的要求，集熱器後部宜設防護欄杆（網、板）；應有玻璃管意外破碎的安全措施	
e	建築美觀	應處理好集熱器與陽台、窗、空調機位等住宅立面元素的關係；水箱應設置於是內或陽台內	

表 4.25 儲熱水箱、輔助熱源及管道安裝評估指標

(評分值 = (a + b + c + ...) / 項目數)

序號	評估目標	措施或評估內容	評分值
a	安裝位置	分戶儲熱水箱宜設在個別住宅單元內浴廁、儲藏室、陽台、閣樓、樓梯間內，或單獨的設備間內；集中儲熱水箱宜設置在地下室、屋頂層、及技術夾層中的設備間內，或獨立的設備間內；應事先規劃好設備搬入路徑，避免造成建築物與儲熱水箱的損壞；儲熱水箱的安裝位置應保證安全運轉及操作、檢修方便，儲熱水箱上方及周圍應有不小於 50 公分的安裝、檢修空間；設置儲熱水箱的位置應具有相應的防水與排水措施	
b	管線布置	集熱器與儲熱水箱應盡量接近，避免管線過長；管道設計應合理有序，室外管線宜隱蔽、暗管設置，不應影響建築外觀；管線需在預埋套管中穿越圍護結構；垂直向管線宜設在垂直管道間內，做到安全隱蔽，又便於維護、檢修；隱蔽通城內的水管應無接頭	
c	輔助熱源	平面配置中應留有輔助熱源的位置，儲熱水箱與輔助熱源設施宜共同放置在設	

		備間內或靠近儲熱水箱，便於操作、維護；輔助熱源的設置需符合防火規範，與周圍的牆、裝修天花板的距離符合檢修、給排氣與防火的安全要求，並採取防震、隔音措施	
d	垂直管道間位置	垂直管道間配置應考量與儲熱水箱、輔助熱源的位置關係，方便連接，應接近住宅單元平面中的用水空間（浴廁、廚房），減少水平管線長度	
e	管道間平面	管道間內管線管線應配置緊湊，盡量滿足美觀與節省空間的要求，管道間內應水電分開，並充分滿足使用中檢修與維護的要求	
f	建築美觀	垂直管道間與排氣通道整合設計，使屋面造型美觀、施工方便	

(4) 結構安全

根據安裝、施工、維護的程序與要求，評估太陽能熱水系統及其住宅的結構性能，如同壽命設計、結構設計、集熱器安裝、儲熱水箱安裝工、管道安裝、輔助熱源安裝、後錨固施工以及維護與檢修等，權重大小如下表，既有住宅安裝時，其安裝施工的結構性能指標評估得參照辦理。

表 4.26 結構安全評估指標架構

指標群	一階指標層	二階指標層	評分值
結構安全	同壽命設計		
	結構設計	強度與變形驗算	
		安裝位置	
		預埋件	
		偶發事件控制	
施工安裝	集熱器安裝		

		儲熱水箱安裝	
		管道與泵浦安裝	
		輔助熱源安裝	
		建築保護	
		後錨固施工同壽命設計	
		後錨固施工錨固基材	
		後錨固施工結構保護	
	維護與檢修	施工檢查	
	使用檢查		

a.同壽命設計評估指標：

設備支撐部件至少與太陽能熱水器同壽命（15 年以上），連接的材料與構造應與建築結構同壽命，對太陽熱水設備及其支撐部件、連接件、緊固件應採取有效的防鏽、防腐措施，並進行定期的檢修與維護，各種預留洞口、穿線預埋套管與結構同步設計。

b.結構設計評估指標：

應考慮自重、施工與檢修荷重載重以及風荷載重及地震作用對太陽熱水設備與住宅結構的作用，保證連接件、結構構件及設備支撐部件承受可能出現的各種應力與結構作用。

表 4.27 結構設計評估指標

序號	評估目標	措施或評估內容	評分值
a	強度與變形驗算	結構設計人員應對建築結構主體及其設備支撐部件之間的連接件、連接部位的建築結構構件進行強度與剛度驗	

		算，設備專業廠商應對設備支撐部件之強度與剛度驗算；在正常使用期間，連接件、結構構件及設備支撐部件產生的變形與移動，不影響太陽能熱水設備的工作性能，太陽能熱水器設備不產生掉落、傾倒，不發生顯著的噪音、振動	
b	安裝位置	在確保集熱性能的同時，應盡量避開風載較大以及地震時易受破壞的部位；應考慮連接件構造上的安全性，構件保養、維修、更新的易操作性；設備不宜布置在建築變形縫處，儲熱水箱應設置在能夠承受滿水水箱重量的場所，避免噪音、振動影響居住功能；管道與泵安裝時不得在結構梁柱、耐震牆的暗柱、端柱處穿管，輔助熱源設備應設置在能夠承受各該設備重量的場所，並有防振措施	
c	預埋件	在安裝設備的結構上預先設置埋件或固定螺栓，並進行結構驗算	
d	偶發事件控制	在設計規定的偶發事件發生時，及發生後，仍能保持太陽能熱水設備系統的整體穩定性，不引起系統結構的重大破壞，不產生系統部件的掉落、傾倒限現象	

c. 施工安裝評估指標：

應考量設備安裝的連接技術、介面技術、後錨固技術以及對原有建築物的保護。

表 4.28 施工安裝評估指標

序號	評估目標	措施或評估內容	評分值
a	集熱器安裝	當集熱器安裝在砌築牆體上時，應在預埋件處增設構造柱；不得在非結構構件（如輕質填充牆）上安裝集熱器	
b	儲熱水箱安裝	基座必設在建築物承重牆上，並預留固定用預埋件；採用地腳螺栓將儲熱水箱與基礎牢固連接，並進行地震傾倒驗算	
c	管道與泵浦安裝	管道穿越牆面、屋頂時預埋穿線管，泵安裝應考慮自重及其震動荷載，並設置減震、隔音措施	
d	輔助熱源安裝	輔助熱源設備應用地腳螺栓與基礎牢固連接，進行地震傾倒驗算；管線布置應預先設計好與其他設備之間的管線連接方式與走向，避免暴露結構	
e	建築保護	支架與建築物的接觸部位，應考慮集中荷載對建築物面層作法與結構的損壞，必要時，應在支架與建築物間設緩衝材料；盡量在地面上進行集熱器組裝作業（如集熱器支架的安裝、溫差感應器的安裝）	
f	後錨固施工同壽命設計	後錨固連接設計所採用的設計年限應與被連接結構的設計使用年限一致；後錨固連接的安全等級，不應低於被連接結構的安全等級；錨栓、植筋等後錨固技術應符合「混凝土結構後錨固技術規程」要求	
g	後錨固施工錨固基材	錨固基材應為普通混凝土，應堅實並具有較大量體，能承擔對被連接件的錨固與慣附加荷載	
h	後錨固施工結構保護	不得破壞結構受力主筋，並應採用切實可靠的方法避開主筋；對於廢氣的錨孔，應用化學錨固膠或高強度等級樹脂水泥沙漿填實；禁止在主體結構重要受力構件的鋼筋密集部位採用後錨固技術，如框支架、樑頂面、樑底面、及樑高(h)的上下1/3範圍、耐震牆的暗柱與端柱、所有防	

		水混凝土構件、預力構件；在下列部位採用後錨固技術應徵得設計同意後方可進行，樑高(h)的中部 1/3 範圍的樑側面、樑寬範圍外的樓板、耐震牆的暗柱與端柱以外的牆體、框架柱	
--	--	--	--

d. 維護與檢修評估指標：

表 4.29 維護與檢修評估指標

序號	評估目標	措施或評估內容	評分值
a	施工檢查	施工結束時應進行的相關檢查	
b	使用檢查	使用過程中應進行的例行保養檢查	

最後將太陽能熱水系統整合設計技術評估與經濟分析各種結果，利用圖表方式進行表達。系統整合設計評估結果，採用總分 5 分制，一層指標評估綜合得分，利用

$(\text{一級指標層得分}) / (\text{一級指標層總得分}) \times 5$ 可得。

利用綜合得分比較，可直接地反應出評估體系中整合設計的各項性能水準，以利於分析比較。

(1) 使用功能（用於竣工後進行實測評估）

包括（一級指標）：水質、水溫、水壓、水量、可靠性、節水效果及管理水準等，共 7 項。

(2) 系統設計（用於設計階段評估）

包括（一級指標）：集熱系統設計、供應系統設計、防水質污染措施等，共 3 項。

(3) 建築設計

包括（一級指標）：規劃設計、建築整合設計、集熱器安裝、儲熱水箱、輔助熱源與管道安裝等，共 4 項。

(4) 結構安全

包括（一級指標）：同壽命設計、結構設計、施工安裝、維護與檢修等，共 4 項。

經濟性能評估結果亦採用總分 5 分制，一層指標評估綜合得分，利用

$(\text{一級指標層得分}) / (\text{一級指標層總得分})$ 乘以 5 可得。

利用綜合得分比較，可直接地反應出評估體系中經濟性能水準，以利於分析比較。包括：(1) 太陽能保證率及(2) 增加投資回收年限等，另可根據影響社會經濟效益的因素，增加相對評估項目。

綜合性能評估指標包括系統經濟性能與系統整合設計性能的交互比對分析。

系統經濟性能

$$= [\text{太陽能保證率} + \text{增加投資回收年限}] / 50 * 100$$

系統整合設計性能 =

$$[\text{使用功能 (系統設計)} + \text{建築設計} + \text{結構安全}] / \text{總分} * 100$$

其次，可利用 X 座標為系統經濟性能，Y 座標為系統整合設計性能之座標象限分佈，區分為四個等級的評估結果，以表達綜合評估在技術與經濟二者之間的優劣表現。

被動因素 = 建築物相關要素	主動因素 = 設備相關要素	
1. 規劃設計 (1) 規劃 (間距、朝向、高度) (2) 平面配置 (使用熱水空間)	2. 設備得熱量目標 (1) 熱損失係數目標值 (2) 太陽集熱系統適用檢討 (3) 太陽能保證率目標值	方案設計
3. 屋頂面、牆面、陽台設計 (1) 屋頂形狀、坡度、面積 (2) 陽台 (3) 牆面	4. 給水、熱水設計 (1) 給水水溫、水壓 (2) 供熱水方式與用水點 (3) 輔助熱源	
5. 相關建築設計詳圖 (1) 屋頂面構造詳圖 (2) 牆面、陽台設計詳圖 (3) 集熱器、水箱安裝圖 (4) 廚房、浴廁設計詳圖 (5) 防水、防雷設計	6. 熱水負荷計算 (1) 確定住宅單元使用條件 (2) 熱水用量	施工圖設計
7. 結構細部設計 (1) 荷載計算 (2) 建築構件設計詳圖 (3) 安裝設計詳圖	8. 太陽能熱水系統設計 (1) 集熱器面積安裝位置檢討 (2) 儲熱水箱與供熱水配管位置與保溫措施	
9. 輔助空間設計 (1) 管道間詳圖 (2) 維修空間詳圖	10. 輔件、配件設計 (1) 熱水系統設計 (2) 集熱器選型 (3) 儲熱設備選型 (4) 輔助熱源與控制系統	
11. 工程費預算 (1) 建築工程費用 (2) 太陽能熱水系統工程費用 (3) 附加的建築工程費用	12. 性能評估 (1) 太陽能保證率 (2) 增加投資回收年限 (3) 系統設計/使用功能 (4) 建築結合 (5) 結構安全	

圖 4.43 住宅建築太陽能熱水系統工程設計建議評估流程

第四節 小結

本章針對住宅建築導入太陽能熱水系統之問卷調查結果，顯示使用者對系統已有充分認知；未來於住宅建築規劃與設計階段如能即時納入規劃審慎考量，在佔整體建築建造成本微小配比情況下，可有效誘發民眾均對太陽能熱水系統的安裝需求，值得再生能源主管機關與營建、太陽能熱水系統業界深思；另參考國內外住宅建築導入太陽能熱水系統或一體型光電模組 BIPV 案例經驗，建議主管機關能夠研提新建建築物納入太陽能熱水系統的推動策略與具體措施，如提供具體完整的設計技術規範、設計與性能評估方法、經濟性能評估方法與設計參數資料庫等，俾利後續推廣應用。

另根據相關文獻彙整分析，並參照本研究前揭問卷調查分析結果以及技術專家之訪談記錄重點，本研究規劃住宅建築太陽能熱水系統整合設計評估策略架構，包括規劃、使用功能（系統設計）、建築設計及結構安全等評估群組，並可賦予不同權重。後續研究將根據此架構進行專家問卷，以確認適用於我國的評估分析指標與評分基準。

第五章 結論及建議

第一節 結論

本案從建築物設計初期導入太陽能熱水系統時的配管與構造整合技術進行探討，俾利擴大推廣應用太陽能熱水系統的可能性，拓展再生能源在建築領域的利用。本研究完成以下成果：

- (一) 本研究蒐集目前我國推動太陽能熱水系統相關評估技術與推動措施資料，並透過專家訪談蒐集太陽能設備系統業界先進對於後續推動的建議事項，彙整太陽能熱水系統安裝實例；第一部分結論包括；(1)我國目前仍缺專業技術團體或公部門行政機關正式函頒的太陽能熱水系統設計技術規範、(2)國內目前推動太陽能熱水系統安裝實例仍以增設為主，且為現場評估安裝位置或配管路徑，尚未導入完整的設計評估流程、(3)國內尚未建立太陽能熱水系統研發專責機構，僅由能源主管機關委託辦理申裝補助審查機構，同時缺乏太陽能熱水系統與建築構造整合設計的研發計畫。
- (二) 針對住宅建築導入太陽能熱水系統之問卷調查結果，顯示使用者對系統已有充分認知；未來於住宅建築規劃與設計階段如能即時納入規劃審慎考量，可有效誘發民眾均對太陽能熱水系統的安裝需求；另根據相關文獻、問卷調查結果以及專家訪談重點，規劃住宅建築太陽能熱水系統整合

設計評估策略架構，包括規劃、使用功能（系統設計）、建築設計及結構安全等評估群組，並可賦予不同權重。

第二節 建議

獨立式住宅多採小規模獨立系統進行規劃，且設置面積小；應可就區域或社區整合設計集中設置方向，進行規劃評估與檢討。

太陽能熱水系統不易導入既有建築設計的課題，在於未開發出一體型建材集熱版構件，在建築造型與立面上不容易被業主及建築師接受。

針對本研究之成果，在此提處以下建議：

壹、立即可行建議

儘速制訂太陽能熱水系統設計技術規範。

建議能源主管機關力投入研發資源，協助業界突破技術瓶頸，並儘速制訂太陽能熱水系統設計技術規範，加速推廣應用。

主辦機關：經濟部能源局

貳、長期性建議：

全面補助推動太陽能熱水系統之裝設。

全面補助推動太陽能熱水系統之裝設，並導入個案實測設備，強化紀錄與分析，落實評估太陽熱能之節能減碳效益。

主辦機關：經濟部能源局

附錄一 審查會議紀錄與回應

期初審查會議紀錄及處理情形

審查意見	辦理情形
1.建議本研究考量朝太陽能熱水系統與配管之熱能損失評估與整體節能效益方向酌予修正，以切合我國推動永續能源政策綱領之目標。	已參照建議調整研究方向，修正研究課題，並蒐集相關文獻與技術資料。
2.對於住宅建築應用太陽能熱水系統的課題與推動瓶頸等問題分析，宜再深入探討並補充之，以強化本研究之背景與重要性說明。	參照辦理。
3.建議本案優先以單一產權之獨立式住宅為研究範圍，俟建立太陽能熱水系統應用於住宅建築的保溫技術分析與節能效益評估程序後，再逐步將研究範圍擴及至產權較為複雜之集合住宅。	已修正研究範疇為獨立式住宅建築應用太陽能熱水系統的技術與節能效益分析。
4.本計畫提及建築構造與建築設備的生命週期差異探討部分，涉及研究領域與技術層面相當廣，建議集中聚焦於太陽能熱水設施裝設之介面技術即可；另本案計畫所擬有關節能效益評估與配管構造整合技術等2項預期研究成果，建議配合研究方向調整修正之。	整體研究方向已配合建議事項修正。
5.成功大學團隊執行我國太陽能熱水系統推廣補助計畫多年，建議參採歷年執行成果並納為本案研究之重要背景說明依據。	已將成大團對執行經驗與文獻納入探討。
6.本案計畫名稱建議配合研究方向修正，調整為「太陽能熱水系統導入獨立式住宅建築之節能技術與效益評估研究」。	參照辦理。

期中審查會議紀錄及處理情形

審查意見	辦理情形
1.既有建築物導入太陽能熱水系統部分，建議增加使用者問卷調查。	已參照建議完成使用者問卷調查與分析。
2.建議考量於建築法規中規範預留太陽能熱水系統管路的可行性，並檢討相關設計與施工技術規範。	本項已納入使用者問卷中瞭解一般民眾對於法規強制要求留設配管之必要性；但具體規範內容有賴能源主管機關另案委託辦理研議。
3.本研究已蒐集彙整太陽能熱水業界專家之意見，建議於後續研究徵詢設計業界及使用者的意見。	已參照建議完成使用者問卷調查與分析。
4.期中報告書第 7 頁所列預期研究成果部分，建議修正為「彙整探討...熱水系統之適用範圍可行配管與構造整合技術及產品安全性規範」及「評估分析...熱水系統對節能減碳效益貢獻」。	參照建議事項修正。
5.建議簡化研究目標，第一階段建議針對太陽能設備置放位置與明管配管之管長與效益分析即可，後續年度在針對其他技術性課題進行探討。	感謝委員建議，將是研究期程與人力資源狀況調整部分研究內容與目標。未能於本年度完成物部分，將俟後續研究再行深入探討。

期末審查會議紀錄及處理情形

審查意見	辦理情形
1. 太陽能熱水系統之推動，有賴於成本效益的評估，本案研究成果將有助於提高採用率，同時對相關產業發展具有參考價值，值得肯定。	感謝委員肯定。
2. 評估內容中效益分析與台灣熱水器使用實際情形並不相符，另問卷回答之統計數據在樣本數上似有差異，請審酌補充說明。	參照建議事項修正。
3. 有關安裝意願分析的次因子（如屋頂平台產權或使用權），以及是否會因不同地區、不同家庭成員組成與生活模式有所差異，建議後續研究可納入探討。	相關建議事項與方向，將納為本所後續年度研究課題規劃之參考。
4. 建議將獨立式住宅建築新建樓地板面積推估太陽能熱水系統效益評估之課題，納為下階段研究方向規劃參考。	
5. 太陽能熱水系統產品規格應首重建築介面之整合，建議將太陽能集熱器與建築整合後的耐久性與建築構造體壽命不同時的維護更新對策，納為後續研究參考。	
6. 住宅太陽能熱水系統整合設計評估指標，評估目標並未列出評分，建請補充說明。	本研究目前完成住宅太陽能熱水系統整合設計評估指標之架構與分析重點，至有關評分權重將納於後續相關研究課題廣續辦理。

附錄二 住宅建築太陽能熱水系統安裝意願使用者調查問卷

一、填表人及家戶基本資料

- (1)姓名：_____ (2)性別：男 女 (3)家庭成員人數：
人
(4)同住家人：男女主人 ___人、長輩 ___人、子女 ___人、其他成員 ___人

二、居家建築基本資料

- (1)居住地：_____縣(市) _____(鄉鎮區) _____路(街)段
- (2)住宅類型及所在樓層：無電梯公寓 ___樓/共___樓、電梯華廈 ___樓/共___樓
連棟透天住宅 共___樓、獨立或雙拼住宅 共___樓
- (3)社區名稱：_____ (無則免填)
- (4)住宅面積：_____ (坪) 或 _____ (平方公尺)
- (5)浴廁數量：1間(衛浴) 1.5間(1間衛浴+1間廁所) 2間(衛浴)
↳ 2間衛浴是否緊鄰(共用1面牆) 是 否
- (6)周邊是否有高樓或遮蔽物：無 有(以客廳座向為準)
東 南 西 北 (如東南向，請填東 南)

第二部分 調查題項

一、目前居住之住宅建築是否已安裝太陽能熱水系統

- (1) 是(民國___年安裝，請跳下一大題) 否(請續答本題第(2)項)
- (2) 有立即安裝需求 評估可負擔裝置支出後決定安裝 不想安裝

自己認為現住住宅建築不適合安裝

>>日照被遮擋 屋頂已有設施（含遮陽設施）鄰居可能不同意

二、有關增設太陽能熱水系統的需求與意願（已安裝者，亦懇請回答提供相關資訊）

(1)目前日常熱水耗能量及耗能支出（天然氣、瓦斯、電力）

a.日常熱水耗能量（天然氣、瓦斯、電力）

天然氣熱水器

桶裝瓦斯熱水器（16 公斤

20 公斤）

近一年天然氣使用度數_____度 近一年使用桶數_____桶

1-2 月____度、3-4 月____度、5-6 月____度、7-8 月____度、9-10 月____度、
11-12 月____度

（電號：_____ -在電費單左上角，可以在台電公司網站上查到，好用）

（ 查 詢 網 址 :

<http://wapp10.taipower.com.tw/naweb/apfiles/nawp300.asp>)

電能熱水器（近一年每 2 個月總用電度數）

1-2 月____度、3-4 月____度、5-6 月____度、7-8 月____度、9-10 月____度、
11-12 月____度

（如非使用電能熱水器者，亦懇請儘量提供，作為個案比對）

b.目前日常耗能支出（瓦斯、天然氣、電力等，單位：新台幣）

>每 2 個月天然氣費 0~500 元 501~1,000 元 1,001~1,500 元
1,501 元以上

>每月桶裝瓦斯費 0~500 元 501~1,000 元 1,001~1,500 元
1,501 元以上

>每 2 個月電費 0~1,000 元 1,001~2,000 元 2,001~3,000 元
3,001 元以上

(2)對應目前日常熱水耗能量與相關費用支出，您是否有安裝太陽能熱水器的意願或需求

a.您是否有安裝太陽能熱水器的意願或需求 是（請續答下列 b-f 項）
否

b.評估安裝太陽能熱水器的考量因素（請前優先順序 1,2,3...）

安裝成本 安裝位置 配管配電不易 冬季熱水不足 節約支出
與回收年期

其他_____

c.您認為多少安裝成本，會讓您重新評估是否安裝太陽能熱水器（比對耗能支出）

3-4萬 4-5萬 5-6萬 6-7萬 7-10萬 10萬以上

d.您認為多少安裝成本年期，會讓您重新評估是否安裝太陽能熱水器（比對耗能支出）

3年以下 4-6年 7-9年 10年以上

e.您認為安裝太陽能熱水器的成本回收年期，會影響一般民眾安裝太陽能熱水器的意願

3年以下 4-6年 7-9年 10年以上

f.您認為安裝太陽能熱水器的成本回收年期，比較容易被接受

3年以下 4-6年 7-9年 10年以上

(3)您的住家住宅建築可供安裝太陽能熱水器的位置（請前優先順序1,2,3...，至少1項）

屋頂平台 斜屋頂面 非頂層無遮蔽之露台 雨庇 陽台

其他_____

(4)延續前題，您的住家最可能安裝太陽能熱水器的位置，至主要浴室的熱水配管長度

3公尺以下 3-6公尺 7-9公尺 10-12公尺 13-15公尺 16公尺以上

（概估增設太陽能熱水器的配管，以下則一推算即可）

屋頂水平熱水配管____m + 樓層數____層 x 3m + 至住家當層主要浴室熱水配管____m

或 + 至住家當層既有熱水器
配管____m

(5)住宅大樓如於屋頂安裝太陽熱水系統，您認為頂層暨以下幾個供應樓層配管會過長

頂層+直下1層 頂層+直下2層 頂層+直下3層 頂層+直下4層

三、新建建築物預留太陽能熱水配管的意見

(1) 您認為新建建築物設計時，是否有預留太陽能熱水配管之必要。

是（續答下列第2項） 否 原因：_____

(2) 您認為新建建築物設計時預留太陽能熱水配管，是否有需要以相關法令強制要求之。

是 否 原因：_____

(3) 未來您會優先選擇已安裝有太陽能熱水系統供應熱水的新建建築物嗎？

是 否 原因：_____

(4) 未來您會優先選擇已預留太陽能熱水系統熱水配管的新建住宅，再視需要自行安裝？

是 否 原因：_____

(5) 未來您如有機會自行興建住宅，您會直接選擇太陽能熱水系統來供應日常用熱水嗎？

是 否 原因：_____

附錄三 太陽能熱水系統補助用規劃書格式（成大發展基金會提供）

<p>XXXXXX 工程</p> <p>太陽能熱水系統設計規劃書</p>

(設計規劃廠商/公司章)

(負責人
章)

設計規劃廠商：(公司名稱)

負責人：

地 址：

電 話：

傳 真：

中 華 民 國 年 月 日

壹、規劃書概要

基本資料			
工程名稱	XXXXXX 工程		
申請單位	(同補助款申請書中申請人乙欄)		
連絡人姓名	(同申請書)	電 話	() -
申請補助金額	元		
安裝廠商			
製造廠商			
集熱器認可編號			
申請安裝集熱面積	m ²		
申請安裝集熱面積	片		
裝設地址			
裝設用途			
設計規劃單位	(由專業之工程公司代為規劃時請註明)		

貳、規劃條件及負載需求

一、系統規劃一般條件：

- 1.熱水需求溫度： $\quad\quad\quad$ °C（設計水溫）
- 2.使用人數： $\quad\quad$ 人（如為工業或養殖業等請註明本系統使用範圍XX平方公尺）
- 3.使用水量： $\quad\quad$ 公升/人
- 4.使用水質：自來水或地下水等
- 5.使用時段：每日上（下）午XX點至XX點
- 6.當地平均水溫： $\quad\quad\quad$ °C（起始水溫）

二、系統規劃特別條件：

- 1.例：工廠為三班制需滿足24小時供應熱水之要求等。
- 2.例：水位差不足、供水管線過長設計時須增設加壓幫浦等。

註：請廠商依工程實際狀況將基本和特別條件一併納入設計規劃中。

三、負載需求

例： $Q_L = \rho_T \times V_L \times C_p \times (T_{op} - T_{in})$

參數定義：

Q_L ：負載需求熱量（Kcal）

ρ_T ：儲熱桶內流體密度，如用水=1kg/L

V_L ：用水需求預估量（L）

C_p ：儲熱桶內流體比熱，如用水則為1 kcal/kg·°C=4.186KJ/kg·°C

T_{op} ：最終用水需求溫度（°C）

T_{in} ：最初用水起使溫度（°C）

四、系統所需集熱面積、片數估算：

V/A 比值計算：

各式材料管線-下列最好能以表格化方式作一統整，方便對照。

1. 管線材質、管徑：
2. 管線流量：
3. 管線流速：
4. 集熱板傾斜角、方位角之調整：

傾斜角		傾斜角修正係數	
方位角		方位角修正係數	

5. 其他設計資料：如泵浦揚程需求 (m) 等。

五、集熱器性能及系統效率估算：

1. 集熱器規格：
2. 性能效率曲線：
3. 儲熱桶容量、規格：如內、外桶之材質、厚度及其規格。

六、氣象資料：

- 一、當地季節性氣候特性：
- 二、當地平均氣溫： °C
- 三、日照時數及日照率：
- 四、日夜溫差、緯度、地勢、當地雲量和雨量等氣象條件：
- 五、其他參考資料：如平均日射量、月平均日射量等。

七、能量平衡計算

例：以安裝之集熱器實例計算 $V \times \rho_T \times C_p \times (T_f - \bar{T}_i) = \bar{I} \times A_c \times \bar{\eta} \times F \times N$

參數定義：

V：為每日所需水量＝單位用水量×單位數量

T_i^f ：為負載所需溫度

T_i ：為儲水桶初始平均溫度

\bar{I} ：為平均全天日射量

$\bar{\eta}$ ：為集熱器全天集熱效率

F：為日照角度差異、熱損失

Ac：為單片集熱器有效集熱面積

N：為集熱器片數

八、系統效率評估

一、 管路、保溫：

二、 管路熱損：

三、 日照偏角等：

四、 儲熱桶釋水率：

九、太陽能熱水系統安裝示意圖及管路配置圖：請附正規之工程藍圖

(若設計項目委請其他工程公司代為規劃，請註明該公司名稱及檢附相關文件)

十、附件

一、工程進度時程表（請依工作項目及時程以橫條圖顯示）。

D代表能源會核定日

時程請以核定日（D）後加 XX 日註記。例：

工作項目	D+7	D+14	D+16	……	D+40	D+X 日
安裝地點整理						
生產備料						

配管架設施工						
.....						
測試、驗收						

二、大型案件工程實績（註明工程名稱、完工日期）。

若無大型案件工程實績者，請提出相近工程實績以為佐證。

三、集熱器檢定報告影本。

四、申請單位工程驗收證明（俟申請完工時，併完工報告書一齊送出）。

附錄四 太陽能熱水系統(檢驗)完工自我檢核表

一、概述

本檢驗程序是未確定大型太陽能熱水系統是否正確安裝和是否在良好的狀態下運轉。本檢驗不需要在特殊天氣條件下進行，因此不包括熱系統與效率的評估。

二、必要條件

檢驗初期廠商自我提出此系統相關的資料以利於檢查使用。相關資料如下：

- 1、 系統設計規劃書及配置圖
- 2、 系統管路圖及電氣圖
- 3、 所有元件相關規格
- 4、 控制功能說明書
- 5、 溫度感測元件不同溫度下的電壓或電流曲線圖(校驗報告書亦可)

檢查需要儀器與設備

- 1、 三用電錶
- 2、 夾式電流表
- 3、 起子組

三、檢驗

本檢驗項目適用於不同系統，可根據系統的需求斟酌調整或選列適當的項目進行評估。若沒通過相關標準或系統有缺陷或故障，應限期立即處理，若無法修正應該提出不影響系統正常運轉的說明。

3.1、組裝與安裝檢查

配合系統設計及施工配置圖、電器線路圖等進行比對。

3.1.1、儲水槽、集熱器基礎應符合設計要求

3.1.2、支架安裝應符合設計規定

3.1.3、集熱器與儲水槽連接方式位置應符合規定

3.1.4、排氣閥應該規定安裝於適當的位置

3.1.5、止回閥應按設計安裝並確定方向正確

3.1.6、溫差控制器應符合原廠安裝規定

3.1.7、溫度感測元件應符合安裝規定

3.1.8、泵浦安裝應符合原廠安裝規定

3.1.9、以目視或手動檢查集熱器固定方式是否正確

3.1.10、以目視或手動檢查集熱器連接處是否漏水

3.1.11、以目視或手動檢查管路閥件連接處是否洩漏

3.1.12、以目視或手動檢查排氣閥是否正常

3.1.13、以目視或手動檢查管路壓降是否過大

3.1.14、於日照良好的天氣下，以目視或手動檢查各集熱器組出口

溫度是否差異過大($<3^{\circ}\text{C}$)

3.1.15、以目視或手動檢查電磁閥開關過程是否正常

3.1.16、以目視或手動檢查泵浦管路連接處是否洩漏

3.1.17、如有流量表應檢查流量表是否與設計值相同誤差應不超過
20%

3.1.18、以目視或手動檢查儲水槽是否洩漏、水槽壁是否有變形

3.1.19、溫差控制器啟動溫度差及關閉溫差測試

啟動溫差測試— $T_H - T_L > 10^{\circ}\text{C}$ 。將溫差控制調整至泵浦停止的位置(即最大溫差)往小溫差調整至泵浦啟動，測試啟動溫差正常
關閉溫差--- $T_H - T_L < 2^{\circ}\text{C}$ 。將溫差控制調整至泵浦停止的位置(即
最小溫差)往大溫差調整至泵浦關閉，測試啟動溫差正常

參考書目

1. 高油價時代下的住商部門產業發展策略(草案)，(2008.08)，內政部。
2. 98 年全國能源會議大會結論，(2009.04)，行政院。
3. 永續能源政策綱領－節能減碳行動方案，(2008.09)，行政院。
4. 陳文杰等，(2007.03)，太陽熱能利用技術開發及推廣計畫(第二年度)，經濟部能源科技研究發展計畫執行報告。
5. 曹傳，(2008.09)，廣義建築節能-太陽能與建築一體化設計，中國電力出版社。
6. 林晏旬，(2006.07)，住宅建築熱水配管傳輸耗能之研究，台灣科技大學碩士論文。
7. 建築節約能源設計手冊，(1991)，中華民國建築學會。
8. 建築環境省能機構，(1996)，「建築物省能基準與計算手冊」，建築環境省能機構編。
9. Barta L.，(2003)，“Experimental Monitoring of Hot Water Supply System”，CIB-W62 Symposium。。
10. Mae M.，(2004)，“Survey on Residential Hot Water Consumption”，CIB-W62 Symposium。。
11. Lee M.C.，(2003)，“Research of Hot Water Supply for Residential Building in Subtropical Country”。
12. 胥直強，(1997)，「台灣公寓平面基本模式之反省與展望」，台灣建築報導雜誌。
13. 陳裕益，(2001)，「永續發展理念下都市住宅設備現況調查分析」成大碩論。
14. 陳玟瑞等，(2007.06)，太陽能熱水器輔助電熱系統之省電測試分析與應用改良，國科會專題補助研究計畫。
15. 經濟部能源局，太陽能熱水系統設計與施工，2007.06。
16. 綠建築解說與評估手冊 2007 年更新版，(2007)，內政部建築研究所。
17. GB/T 18713-2002 太陽熱水系統設計、安裝及工程驗收技術規範(中國大陸)。
18. ISO TR12596 Solar heating-Swimming pool heating systems-Dimensions design and installation guidelines(澳洲)。
19. 太陽能熱水系統之原理與實務(台灣)。
20. 配管實務設計(全華)。