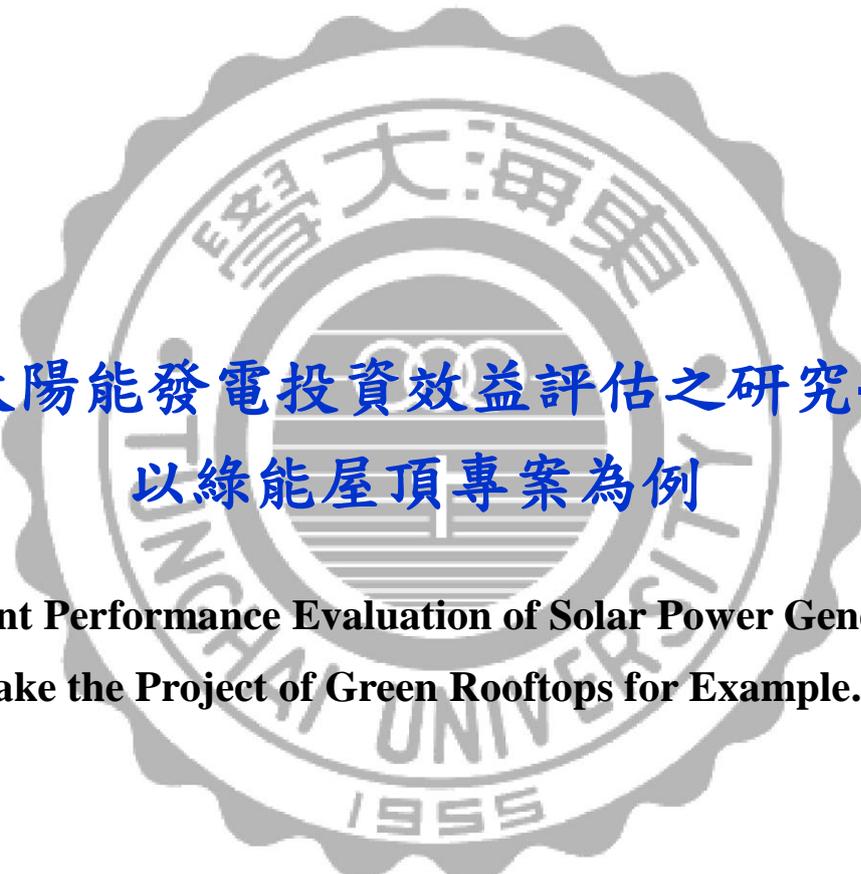


東海大學高階經營管理碩士在職專班(研究所)

碩士學位論文

The seal of Donghai University is a circular emblem with a scalloped outer edge. It features the university's name in Chinese characters '東海大學' at the top and '1955' at the bottom. The English name 'DONGHAI UNIVERSITY' is written around the inner circle. In the center, there is a stylized graphic of a sun or a building.

太陽能發電投資效益評估之研究-  
以綠能屋頂專案為例

Investment Performance Evaluation of Solar Power Generation.

Take the Project of Green Rooftops for Example.

指導教授：朱延平 博士

王本正 博士

研究生：許詞銘 撰

中華民國 107 年 06 月

# 謝 誌

就讀東海大學碩士在職專班是個人願望之一，在學期間歷經數位老師的教導，發現現在的老師們已不是印象中的學術理論派，而是具理論與經驗集一體的教師群，常常在自認為社會歷練完整的我們，在學習的過程中給予意想不到的想法或觀念，讓大家佩服不已。在創新與創業課程上太陽光電是本組的創意主題，原先我們只想讓公司生存下去，而金老師不斷的提醒我們的獨特性在哪裡？而啟發了如果具有市場獨特性與差異性，則生存是必然。生存所得到的利益應繼續將這些理念深化，而這些特性將會讓公司成為成功的關鍵。

除了優良的師資以外同學間就是最好的學習夥伴，在職專班擁有各種不同的高等人才，幾乎任何事情都難不倒這些夥伴，而且基於同學的親近關係很多事情有求於人，總是能得到順利的解決。東海擁有廣大的腹地，在心情愉快或沮喪的時候，都能夠藉由漫步校園而暫且放空一切，實在是難得的市區大學。

本人有幸加入延平老師與本正老師的指導學生團隊，在撰寫論文過程中對於架構感謝老師的指導，而編輯文件與排列還好有庭兄與杰兄的示範協助，華妹更是擁有女生的特質，在行政聯繫方面與教室甚至點心的安排，讓這些夥伴毫無後顧之憂，更深得老師們的讚賞。更要感謝阿美妹，老是請她幫忙電腦程式的安裝與運用，能有這群同學才能產生燕群效應，無形中激勵大家一定要在本階段中把論文完成。

家庭是生活的依靠，而晚上去學校上課相對是把時間給了學習，同時也冷落了家裡的親屬。東海有利害的社團，參加社團活動這是補償最好的機會，也讓家人在此認識了大部份的同學，使得學習與家庭有了平衡點。感謝家人、謝謝同學與老師、更因為有東海讓我生活更充實。

許詞銘 謹誌於

東海大學高階經營管理碩士在職專班

中華民國一〇七年七月二日星期一

# 中文摘要

論文名稱：推動能源轉型對產業的影響以綠能屋頂全民參與政策為例

校所名稱：東海大學高階經營管理碩士在職專班 (研究所)

畢業時間：2018 年 07 月

研 究 生：許詞銘

指導教授：朱延平、王本正

## 論文摘要：

本研究旨在以系統商投資與建置者的角度，來看待政府推行綠能新政策，該政策為以地方政府為中心整合有意出租屋頂的屋主，招攬廠商建置以達市容屋頂整齊、並對台灣綠色能源占比提升有所助益。系統商從太陽光電建置流程開始每一項都是成本關鍵，除了資格限制外、只有最佳的設計與成本、營運結構才能在這項新租用市場中勝出。本文舉例系統建置流程中應該注意的要項，分析區域日照量與發電量，依廠商數年的案場實測值得到一個概念，空曠地區比近山區有更好的發電比。成本結構是投資回報率重要因素，本文從重要組件詢價與訪價開始，並經實際案廠與專業人士驗證，得到較接近系統商的設備與安裝成本，推論出在家用型市場可能的最佳成本結構，而計算出參與政府綠能政策有何利基。

綠能政策主要是針對透天與住宅型屋頂，台灣地小人稠屋頂結構千變萬化，但可以推論面積約在 50 坪(約 165 m<sup>2</sup>)，針對房屋面積去設計容量顯而困難度較高，設計成四種裝置容量來套入房屋面積，將可簡化相當多的程序，且皆在 20kW 躉購費率最高級距內。這類的小容量電場擁有較高的售電價格與投資回報率，但相同的管理成本與案場效益也不平行，這也是設置商考量重點。各類型系統商有其專長之處假如能以策略結盟方式將可產生互補效益，進而從中獲利。大規模的可設置面積會越來越少，往家戶住宅發展是必然趨勢，租用與自設市場會隨著太陽光電關鍵設備普及價格滑落而產生消長，這也是系統業者考量之處。

【關鍵字】綠能屋頂全民參與、太陽光電、光電系統建置流程

# Abstract

Title of Thesis : **The influence of promoting energy transition on industry,  
and take the policy of all citizens participate in green energy  
rooftops for example.**

Name of Institute : Tunghai University

Executive Master of Business Administration Program

Graduation Time : ( 07 / 2018 )

Student Name : Tzn-Ming Hsu

Advisor Name : Yan-Ping Jhu

Ben-Jeng Wang

## Abstract :

This research aims to treat the new green scheme which is released by the government, from the system Integrator and the builders' point of view. This scheme is to integrate the private households who purpose to lend rooftop centering on the local government, and to solicit venders to build, so as to uniform the rooftops in the city and reach the goal of generating 20% of Taiwan's power from renewable sources. From the first step, every process of installing solar power panel is the key to the cost, besides qualifying restrictions, the best design, cost and business model only, can stand out from the new leasing market. This essay gives some examples of important affairs that are worth attention during system-installing process, that is, analyzing local amount of insolation and electricity production, we have had a concept by vendors surveying solar power plants actually. That is, spacious area has better share of power generation than mountain-closed area. Cost structure is an important factor of return on investment. This essay begins from inquiry of important components, proofed by actual solar power plants and professionals, acquiring equipment and installation cost which closed the system Integrator, inferring possible best cost structure on household market, computing benefits of governmental participation in green scheme.

Green scheme mainly aims at rooftops of townhouse and other type of dwelling house, Taiwan is small in area but densely populated, and the rooftops varies form place to place, however, we can still infer the area is about 165 square meters. It's difficult to design capacity aiming at the area of each house, so designs four different installed capacity substitutes for area of house, can simplify many processes, and in the range of

the highest bracket, 20kw wholesale charge. This type of small capacity solar power plant has higher electricity-selling price and return on investment, but the managerial cost doesn't positive correlate the benefits of solar power plants, that is also a point should take into consideration. Every type of system Integrator has their own professional specialty, if we forged a strategic alliance, it would produce complementary benefit, and we can get profit from it. Large scale of legal installation area may fewer and fewer, it's an inevitable trend of developing toward household residence. Leasing market and self-established market will grow and decline with the universal and price of the critical solar power equipment, that is the point system Integrator should consider.

Key words: Green Energy on Every Roof , Solar ,

Solar photovoltaic system construction process

# 目次

謝誌.....	I
中文摘要.....	II
Abstract.....	III
目次.....	V
表次.....	VII
圖次.....	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.....	2
第三節 研究方法.....	3
第四節 研究架構與假設.....	4
第五節 研究限制.....	6
第二章 文獻探討.....	7
第一節 再生能源發展條例.....	7
第二節 現有市售常規品太陽能模組演變.....	11
第三節 台灣電力公司躉售種類:.....	15
第四節 太陽光電設置流程.....	17
第五節 再生能源免請領雜項執照標準.....	21
第三章 系統商營運模式與財務可行性分析.....	24
第一節 綠能屋頂全民參與政策，遴選規劃標準.....	25
第二節 再生能源發電設備補助辦法.....	29
第三節 設置計畫成本與回收年限預估.....	35
第四節 預估案場效益.....	42
第四章 資料分析與實證結果.....	45
第一節 設置案場分析研究.....	45
第二節 專業審查驗證.....	48
第三節 訪談結果與修正事項.....	50
第四節 模擬綠能屋頂全民參與之效益空間.....	53
第五節 光電系統廠商合作的效益.....	60
第五章 結論與建議.....	64
第一節 結論.....	64
第二節 建議.....	65
參考文獻.....	67
一、中文文獻.....	67

二、英文文獻 .....	67
三、網路文獻 .....	67
附 錄 自有資金投資現金流量表 .....	68

## 表 次

表格 1	107 年度太陽光電躉購費率表 .....	29
表格 2	107 年(綠能屋頂)躉購費率 資料來源:經濟部能源局.....	30
表格 3	接受能源局補助案場回報之發電量 .....	31
表格 4	調整後之 PR 值.....	31
表格 5	台灣中部地區日照角之變化 .....	32
表格 6	屋頂面積與裝置容量關係表 .....	33
表格 7	裝置容量與變流器搭配 .....	33
表格 8	屋頂面積與裝置容量發電比之關聯 .....	34
表格 9	建築面積與模組數量 .....	36
表格 10	變流器數量與價格 .....	37
表格 11	直流保護開關價格.....	37
表格 12	支撐架價格表 .....	37
表格 13	系統造價預算表 .....	39
表格 14	各分項價格表 .....	39
表格 15	(20 年)維運費用表.....	40
表格 16	收益預估與參數設定 .....	41
表格 17	預估收益計算公式 .....	42
表格 18	試算各區 IRR 值與回收年限.....	43
表格 19	預算書驗證 .....	47
表格 20	專業諮詢成員表 .....	48
表格 21	規劃訪談內容 .....	49
表格 22	訪談結果與修正事項 .....	51
表格 23	無貸款財務面列表 .....	56
表格 24	預估發電收入預算表 .....	57
表格 25	建置與維運、所得稅成本表 .....	57
表格 26	現金回收預估表 .....	58
表格 27	試算結果表 .....	59
表格 28	能源局統計資料 各地裝置比數與容量 .....	61
表格 29	系統廠商經營型態分析 .....	62

## 圖 次

圖表 1 研究流程圖 .....	5
圖表 2 107 年度再生能源電能躉購費率 .....	7
圖表 3 再生能源發展路徑 .....	9
圖表 4 現有市售太陽能板種類 .....	11
圖表 5 單晶矽效能進展歷程 .....	12
圖表 6 薄膜型發電效能與單晶矽效能比較 .....	13
圖表 7 全部賣電型圖示 .....	15
圖表 8 餘電躉售型圖示 .....	16
圖表 9 再生能源申請流程表 .....	17
圖表 10 架高型能接收更多的陽光 .....	21
圖表 11 經濟部能源局-邀全民打造綠能家園簡介 .....	23
圖表 12 建置成本計畫費用結構圖 .....	35
圖表 13 以彰化區試算為例 .....	43
圖表 14 淨現值流量曲線表 .....	59

# 第一章 緒論

台灣地區地小人稠，政府為推動能源轉型，逐漸將太陽光電裝設目標放在家戶屋頂上。因而提出綠能屋頂全民參與政策，該政策實施後可能對於目前的太陽光電營運模式與生態系統”政府-廠商-設置者”之間的結構關係大為改變，太陽光電建置業者該如何轉型確實是值得深思的問題。

## 第一節 研究背景與動機

---

台灣政府訂下 2025 年要達成非核家園目標，並以不增加碳排放量的低碳能源為前提，因而綠色能源就成取代核能唯一的選項，並期許在民國 114 年綠能占總發電量 20% 的政策目標，並希望以綠色能源商機來成為驅動經濟發展、增加就業、促進在地經濟的新機會。在所有的再生能源中，尤其以太陽光電最為適合台灣的地理環境，而且基於分散式能源概念，太陽光電最適合設置在每家住戶、工廠屋頂、專業電廠等，適用的範圍相當的廣泛且可大可小更是其優點。

政府在太陽光電 2 年推計畫成效方面，結至 106 年底累積設置量已達近 1,400MW，其中屋頂型佔 95% 其餘為地面型，主因台灣土地面積極小，故對於地面型條件有更高的要求。而屋頂型推動則顯得相對單純，對於加快非核家園的目標顯而易見是執行方案的目標。至此經濟部於去年底提出[綠能屋頂全民參與]推動方案政策，為上述目標做規劃。

然而此一政策不斷的修正，從最開始的補助安裝業主 40% 費用但減售電價格，到民眾零出資、政府零補助。到地方政府統籌 5,000 戶委由營運商設置，再改成最小單位僅需 50 戶為發包單位，顯見政府-廠商-設置者各自有想法。本研究以[綠能屋頂全民參與]之作業要點為依據，以廠商建置之財務分析與投資者的角度，再以高意願設置者的潛在意願，共繪出擴增住宅屋頂建置太陽光電的可行方案分析。

## 第二節 研究目的

---

綠能屋頂全民參與需政策要政府單位、系統廠商、有屋頂者多方促成，本研究擬達成之研究目的為：

### 一、太陽光電系統廠商建置系統財務成本分析架構

此綠能專案是以系統廠商為中心，而眾多系統商配合爭取的意願為何也攸關計畫成敗的關鍵。投資可行性評估是進行該項行為決策的關鍵，設計出投資分析架構以確定投資價值對系統商而言是相當重要的。本研究將參考案件管理規劃的投資計劃檢驗可行性，將這些架構使用在安裝太陽光電系統工程內，這些內容包含設置類型與成本之關聯、各項成本分析、預估收入、現金流量、含企業融資之投資報酬率。設計出系統商成本模式，來研判設置戶數與投資報酬可行性評估。

二、由設置案例研究分析，拆解系統商在家戶型太陽光電整體建置成本與經營可行性評估結果。

影響設置成本有很多因素，本研究提出並分類家戶型屋頂類型，透過案例分析研究如何整合公部門文件與裝設模組化策略，以降低建置與維護成本。運用財務成本評估，達成投資效益目標。這些內容包括建立財務成本分析架構、模組化對於建置成本差異，並以多案場模擬分析找出

- 1.申請文書與線路計算整合簡化
- 2.單線圖、銜接點配置圖模組化
- 3.結構設計共用性分析
- 4.施工方式模組式預組可能性
- 5.營運維護降低成本
- 6.投資報酬率分析

以對裝設太陽光電發電系統之建置成本分析，透過流程分析組合找出最有效益的建置案件資源，並透過專家訪談以驗證本研究之整合模組適用性，利於系統商化

繁為簡，促成政府綠能屋頂全民參與專案易於承攬，進而使得屋主、系統商接受該專案與否的參考。

### 第三節 研究方法

---

為達成上述第二節的研究目的，本研究擬分析相關文獻，與案場訪查，編撰營運模式與財務可行性研究，案場分析與專業審查驗證，步驟如後敘述

#### 一、分析相關文獻

1. 蒐集再生能源中太陽光電法源依據，及其相關子法與現行躉購售方式。
2. 蒐集國內有關家戶型、或容量在 20kW 以下發電量、分散式能源、建置效益評估、架設太陽光電效益分析之期刊學術論文，光電訓練手冊、書籍等相關文獻，予以整理研究分析。
3. 以國外小容量的建置模式來參考本研究方案。

#### 二、營運模式與財務可行性分析

拆解建置流程分析各項成本，找出建立基本財務模型來分析光電系統設置的相關費用，並找尋降低重工的方法，分析廠商須具備哪些能力或透過多方合作方足以參與政府方案。

#### 三、設置案場分析與專業驗證

採用分解後的系統商財務模型，以實際案場來驗證該模型是否接近建置商的實際費用，有哪些方式可以減少人工時、材料間接成本、與總成本降減。並分析精實後的建置成本來爭取政府新方案，推算回收年限，內部報酬率，風險因素等來判斷承接該方案的財務可行性。

#### 四、專業驗證

依拆解設置案場成本，並加以精實檢討整理後，依據本份資料訪問具知名度的系統建置商實際運作成員，查驗是否適用於本家戶型光電市場政策的參與財務可行性評估。

## 第四節 研究架構與假設

---

本研究推動能源轉型對產業的影響，之研究流程圖如下圖 1-1 所示，架構共分為五個章節。

### 第一章 緒論

訂定本研究的研究動機與目的，以確立研究方法與範圍，據此為研究方向的進行。

### 第二章 文獻探討

藉由公示資料，蒐集與太陽光電建置的法規與專業知識，並實際模擬從找尋案場與設計開始，包括公部門作業申請，案場設計、系統安裝、營運維護等，學術論文與期刊文獻進行了解與綜合整理。

### 第三章 營運模式財務可行性分析

本章節主要在說明家戶型太陽光電系統在建置上所需要的材料與流程，並分析材料成本、工資成本、各項費用分析，以建立基本財務模型來分析參與專案的能力，並找尋降低費用的方法，以利於有足夠條件來參與國家能源轉型政策等，可做為第四章實際案場分析研究之可行性對比。

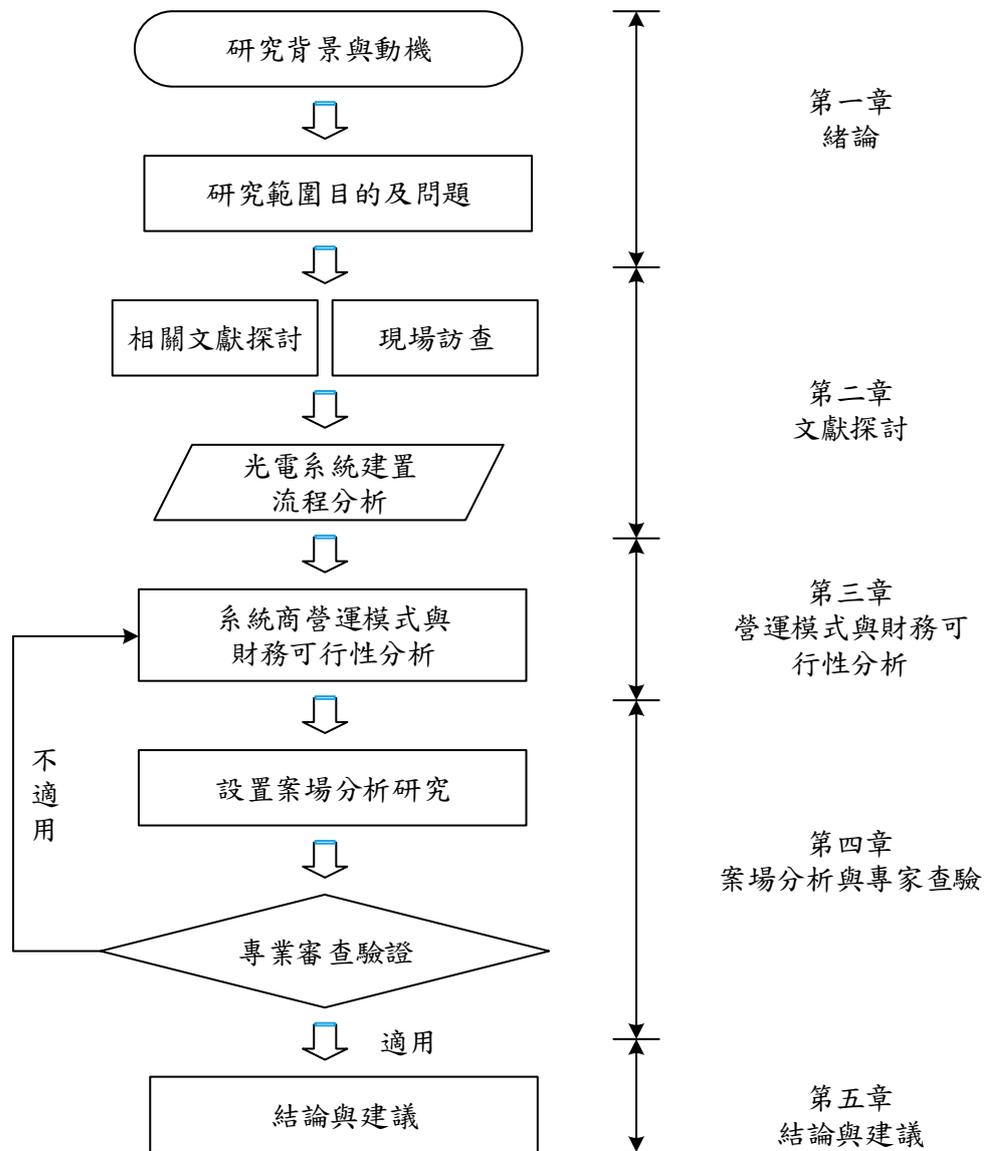
### 第四章 設置案場分析與專業驗證

比照所建立的財務模型，採用分解工作的結構，以及明細估價的方式編列成本分析表，以推算出較接近系統建置廠商的實際安裝作業相關成本。並對照實際施工案例來驗證，內容包括專業驗證與參與政府綠能屋頂政策方案應具備的可行性方案。

### 第五章 結論與建議

本研究主要目的是試圖要了解太陽光電系統商，對於綠能屋頂新政策轉型的能力，並研究出家戶型光電系統財務面較佳的建置模式，或者透過合作互補模式，希望能提供給有志於多方面參與能源政策的廠商參考，並有助於分散式能源的廣為建立與後續研究。

本研究流程圖如附圖 1.1 所示



圖表 1 研究流程圖

## 第五節 研究限制

---

內國內再生能源為經濟部能源局統籌規劃與辦理，本研究的研究限制主要是依現行已公告法規為依據。具體而言，本研究之研究限制為：

一、法源係依據經濟部能源局公告之再生能源發展條例與其相關的子法，107年經濟部辦理綠能屋頂全民參與推動計畫作業要點：中華民國一百零七年二月二十三日經濟部經能字第 10704600670 號令，訂定發布全文之 12 點內容、107 年度再生能源電能躉購費率及其計算公式，躉購期限為簽約 20 年依此為廠商投資效益評估期。

二、本研究是以太陽光電系統商業者投資綠能屋頂全民參與方案之角色，設置地點以中部(台中至嘉義)地區之日照量平均值為參考點，屋頂類型為利於分析只區分兩種最常見型式，即架高棚架型與浪板屋頂平放型。太陽光電面板則採用依照能源局子法規範具有可加乘 6% 之自願性產品驗證單晶矽模組為主。

三、再生能源每年度躉售價格都不同，亦分為上下兩期，且細分為屋頂型、地面型、容量不同躉購費率亦不同，為統一條件計算僅能以 107 年上半年屋頂型建置容量在 20kW 以下之躉購費率作為推算基礎。

四、風險因素:太陽能發電設備最大的營運風險，除了天災與火災以外，就是因這些因素所造成的營運中斷風險。本研究已將天災與火災風險列入投保成本以內。營運中斷險費率通常不低，而對於本研究的發電規模大部份屬於 20kW 以下小容量分散型，營運中斷對於本類型相對風險性比較小，故予以歸類在研究限制內。

## 第二章 文獻探討

台灣再生能源發展始於 2009 年公布實行之再生能源發展條例，2018 年修正草案內容正式將再生能源發電占發電總量目標 20% 入法，以宣示政府能源轉型的決心。本研究分析再生能源中與太陽光電相關的法源和推行方案，學術論文與期刊、技術專業訓練手冊、躉售電力方案、光電效益評估、各縣市政府辦理之太陽光電設置說明會等資料，做系統性的編撰整理。

### 第一節 再生能源發展條例

#### 1.1 再生能源發展條例歷程

於再生能源發展條例之前，太陽光電推動係以補助安裝整套系統，並作為區域性示範達到社會大眾共同體驗的推廣策略，例如工研院綠能所亦開設太陽光電建置相關課程並輔導建置太陽光電示範點。2009 年再生能源發展條例通過之後，進入以躉售電價獎勵 (98.07.再生能源發展條例)

#### 附表一 107 年度再生能源電能躉購費率計算公式

$$\text{躉購費率} = \frac{\text{期初設置成本} \times \text{資本還原因子} + \text{年運轉維護費}}{\text{年售電量}}$$

$$\text{資本還原因子} = \frac{\text{平均資金成本率} \times (1 + \text{平均資金成本率})^{\text{躉購期間}}}{(1 + \text{平均資金成本率})^{\text{躉購期間}} - 1}$$

$$\text{年運轉維護費} = \text{期初設置成本} \times \text{年運轉維護費占期初設置成本比例}$$

圖表 2 107 年度再生能源電能躉購費率

裝設太陽光電，躉購計算方式如附表一(資料來源經濟部能源局)

這段期間初期因模擬建置成本來決定躉售電價，卻與太陽光電模組發展快速而有時間落差，導致設置初期系統商有以先佔容量延後建置的利己行為，致使相關單位從同意備案為躉售電價依據，改為以台電掛表日為適用躉購費率計算基

礎。隨著太陽光電模組與逆變器產量急遽擴大，躉售費率也不斷每半年隨之調降。107 年取消 100KW 以上需競標之模式，且為促進國內相關產業發展其中具自主性檢驗通過之模組採加成 6% 躉售費率苗栗以北與離島地區再加成 15%，期望鼓勵該區加速建置。

太陽光電發展其中建築法規配合也相當的重要，為配合光電盡快於住宅推廣，能源局建請內政部修正「設置再生能源設施免請領雜項執照標準」其中太陽能板高度從最高 2 米放寬到 3 米，106 年為解決住宅屋凸影響有效設置容量問題，更開放到 4.5 米且可視同屋簷可超出建築牆體中心線 1 米以內(需結構計算書與簽證)。至此光電支撐架型式亦衍生多款因應建物與實用兼顧的做法。

2008 年永續能源政策綱領，提出 2025 年再生能源佔總體發電比裝置量的 8% 目標，建構未來國內能源的供應，應從乾淨能源與節約能源兩大面向發展，並建構效率佳、有價值、低廢氣、低依賴的電力消耗習慣與供應系統。期望能進一步降低進口燃煤與石化燃料的需求。經濟部能源局 101 年初起推動「陽光屋頂百萬座」計畫，該階段目標是推動屋頂住宅型太陽光電系統為主，且以躉購費率及其他地方政府提供之優惠政策來帶動裝設。陽光屋頂百萬座的任務是：協助政府與各地方推動太陽光電應用擴展，達成 2030 年加總設置容量達 8,700 百萬瓦之目標。

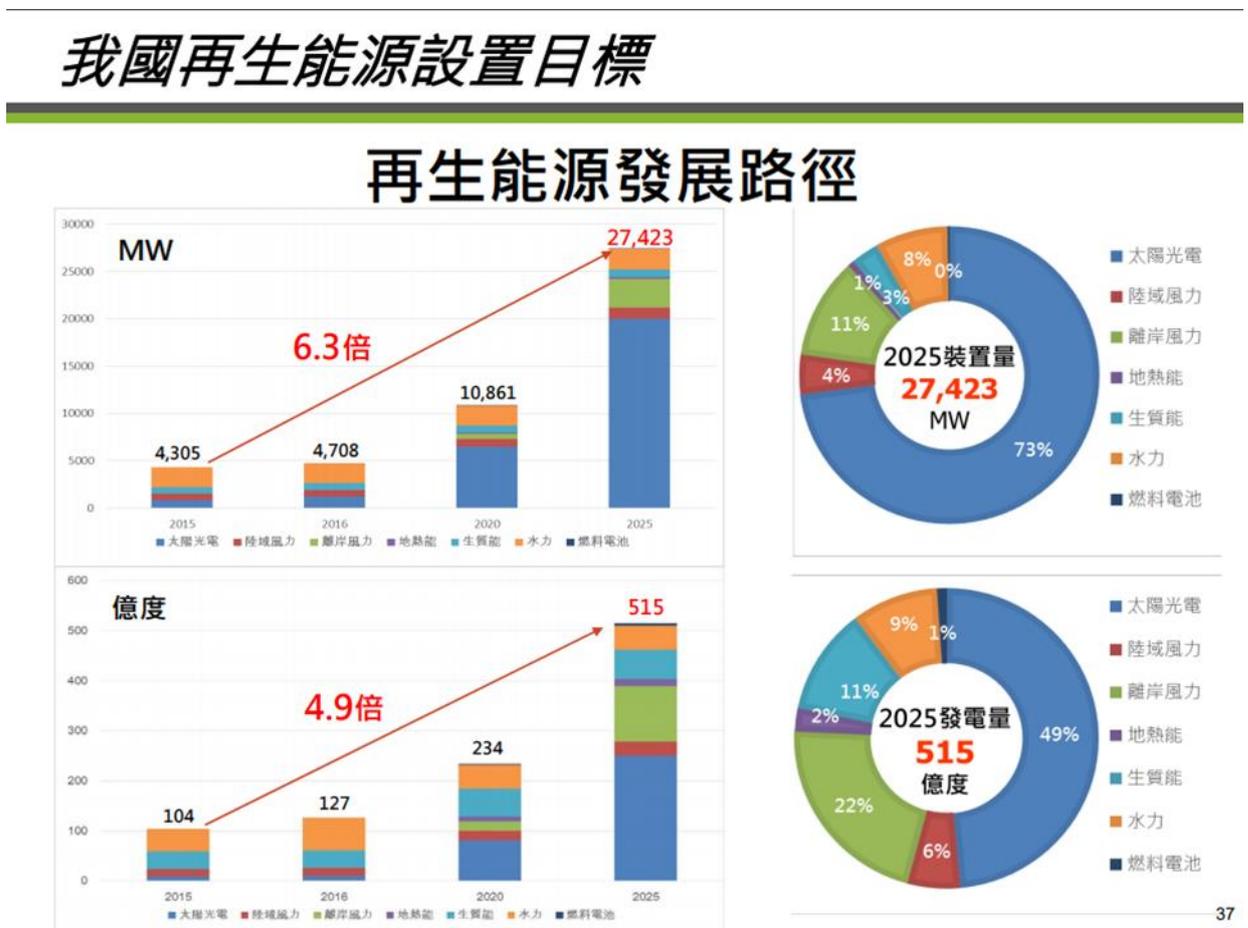
行政院於 105 年 10 月發布「太陽光電 2 年推動計畫」，規劃透過每個主管單位規劃相關策略與作法，要在 107 年 6 月達成 1.52GW (1,520MW) 的光電設置目標。這個計畫將設有短期做法、培養基本案場，透過建立未來推展的制度辦法、來讓設置有更好的制度與環境。

「太陽光電 2 年推動計畫」有兩種設置目標，分別為屋頂型與地面型。屋頂型設置目標包括中央單位屋頂、廠房屋頂、附屬農業設施還有其他屋頂。地面型的設置目標包括鹽灘地、嚴重地層下陷地區、埤塘空間、垃圾掩埋場等各類型場所。政府優先開放各地區機關團體學校的屋頂，分區分段公開讓系統商標租以達群起效尤，各區推廣的示範效果。能源局並協助擬標租屋頂的相關機關，線上提供合約範例表單下載，並有專人專線解答各機關的提問與各項疑慮，致使推廣過

程井然有序也沒有引起太大的爭端，要民眾自設發電設備之意願取決於划不划算 (Chen 2014)

民國 105 年新政府上任後為加速能源轉型，經濟部能源局再度擴大再生能源推廣目標，其中因為風能因限制性較高，而將較易建置的太陽光電目標建置容量大幅提高，預計在 2025 年太陽光電達到 2 萬 MW 目標，加上風能發電使得整體綠能發電比佔各式能源總發電量達到 20% 的目標。

圖表 3 再生能源發展路徑



資料來源:經濟部能源局-能源轉型白皮書預備會議

台灣再生能源特色:

台灣在 2009 年公告實施的「再生能源發展條例」，其中有關保證躉購制度是取樣於德國 2000 年通過的再生能源法。主要特色為

(1)電力公司有義務併聯及收購，一般期限為 20 年。

(2)訂定最低收購價格，最低收購價格依照不同類別再生能源，及不同的發電容量而有所差異，且裝置容量愈高躉售價格越低。

(3)合約簽訂後簽約收購之單位不得更動，設置者則可以過戶。

(4)躉購費率每年檢討乙次，每年分為前半年與後半年二期躉售價格。

經濟部能源局陽光屋頂百萬座，與工業技術研究院為公有屋頂建置規範與範例，並定期舉辦說明會，使得標租單位有共同規範。[www.mrpv.org.tw/最新消息/公有標租/\(陽光屋頂百萬座網址\)](http://www.mrpv.org.tw/)

太陽光電設置常用類型大分類有屋頂型、地面型、水面型等三款。屋頂型建在合法的屋頂上層，而屋頂型式有水泥平屋頂、鐵皮屋頂、陶瓷瓦屋頂等。水泥屋頂在住家型、辦公大樓與工廠頂層較常見。有關於家戶型小容量分散式發電系統，這種 20kW 以下的設備是否具投資價值，{涂靖昀, 2016 #1}曾以台南區推動家戶型光電系統為例，分析地方政府的做法與投資觀點是否具有利潤可行探討。鐵皮屋頂則在農業設施、工廠等較多，而近期剛發展的水面型則以地方政府開放之水域為限。

而設置型式則衍生多種樣貌，有業主以自己屋頂出資自設，也有以銀行融資自設或租用他人屋頂，租用屋頂或貸款牽涉到是否能順利獲利，{鄭紹材, 2012 #6}分析過以銀行融資方式來架設太陽光電，賺取發電費用是否可行分析。而近期更有社福團體或公司以太陽光電容量拆分方式來把一個大案場，依據容量或太陽光電片數拆分成數個小單位，以方便讓小額投資人依案場來認購方式。

參考國外鼓勵裝設太陽光電發電設備做法，德國 FIT 制度的精神是希望全民主動自費參與再生能源設施之興建，並享受有關之補貼利益。而本國推動之綠能屋頂政策，則是以民眾零出資、政府零補助方式，由遴選系統商來承租管理。所以可以稱做民眾不出資、民眾與政府賺租金、政府不補助、業者賺 FIT 模式。

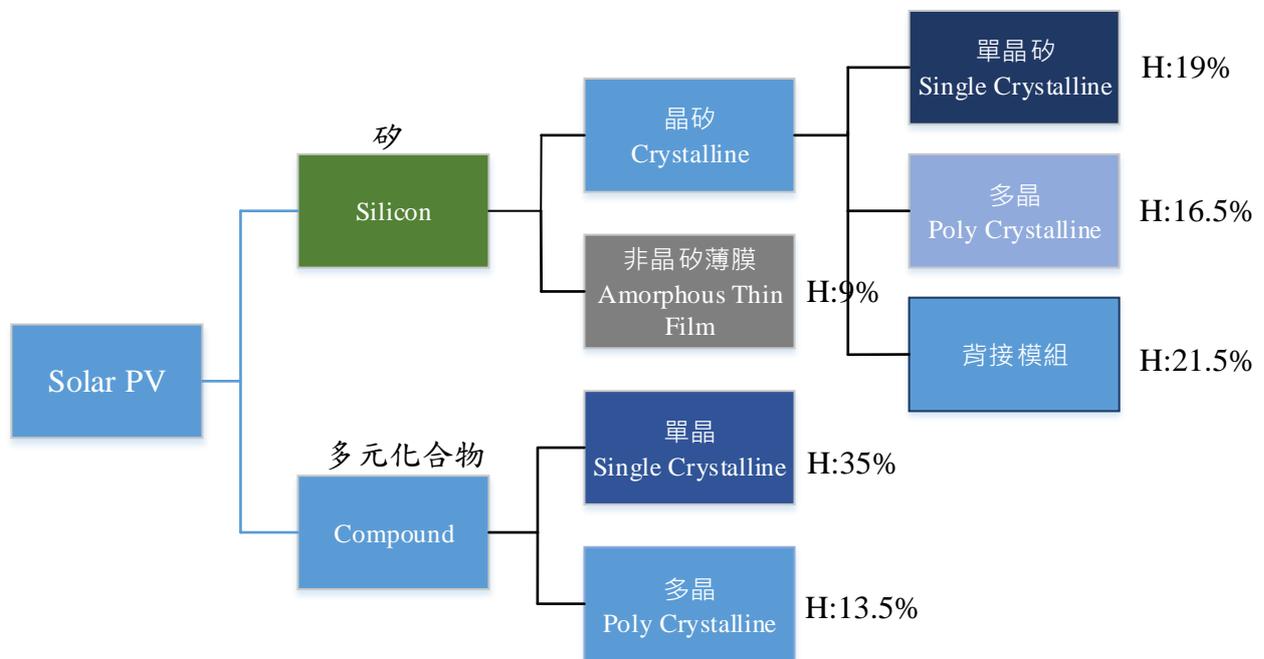
## 第二節 現有市售常規品太陽能模組演變

### 2.1 太陽光電模組與應用

太陽光電發電基礎原理已有諸多文獻可供參考，在本研究上將著重在與發電效能、支撐架型式、軟文件(申請程序、行銷、維運等成本)上。

市售光電板模組與效能:

圖表 4 現有市售太陽能板種類  
現有太陽能模組種類



由表列目前常規品以矽材料(Silicon)為主，發展出薄膜型、單晶矽、多晶矽等三種類別，其中以單晶背貼模組單位發電效能最高，非晶矽薄膜較低。

但因材料成本與氣候發電特性各有差異，實務上是根據地理環境與價值來選擇適當的發電模組。

與十年前比較，光電模組效能的演進:

2007年模組組合晶片(Wafer)以5吋/片為主流，2018年則以6吋/片為常規品。

以單晶矽材料模組而言因材料與封裝技術的進步，每米平方效能已經提升近41%。

以售價而言，2007 年每 W 約 4.8/美元，2018 年每 W 約 0.48/美元，降幅達 90%。另多晶矽材料模組因具有可大規模化生產，向來是大陸地區廠商的強項，具有成本優勢唯其單位發電比通常無法達到 285W/模組尺寸在 1.7m\*1.1m 以下(108 年應達之標準)(自願性產品驗證躉售加乘 6% 必須的條件之一)，致使在台灣地區已經逐漸減少使用。



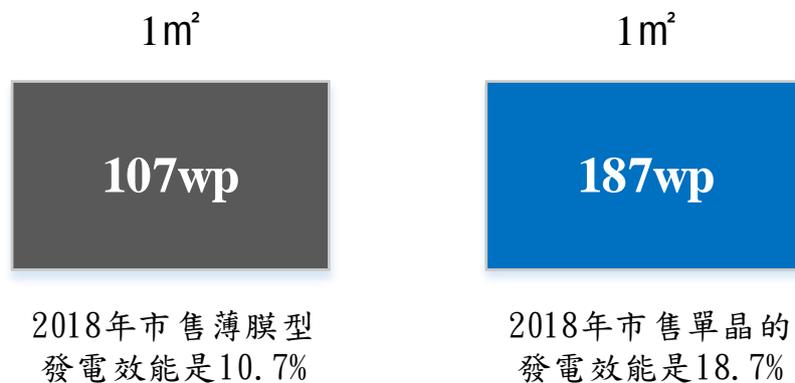
圖表 5 單晶矽效能進展歷程

#### 非矽晶薄膜型(CIGS)

依據太陽光電模組自願性產品驗證條件，尺寸 1.4m\*1.4m 以下光電模組 108 年發電標準值必須達 210w 以上。

CIGS 單位發電效能是 10.7%，與單晶矽 18.7% 每平方公尺發電效能上有明顯差異。CIGS 簡稱薄膜型，過去台灣有多家領導型廠商生產此類的太陽能模組，但是因為光電市場非理性的擴張生產量，致使各類光電模組終端售價崩跌，而薄膜型因單位面積發電量比晶矽型還低，需要在土地或設置區成本較低的區域設置才能有優勢，致使某些領導廠商放棄經營。

CIGS(薄膜型)與單晶矽材質比較  
發電效能差異**57%/M<sup>2</sup>**



圖表 6 薄膜型發電效能與單晶矽效能比較

經濟部標準檢驗局台灣高效能太陽光電模組技術規範

<https://www.bsmi.gov.tw/wSite/public/Attachment/f1476337166408.pdf>

雖然發電比遠低於單晶矽材料，唯環境因素在 CIGS 材料上卻有明顯優勢。CIGS 在氣溫高時(75°C)時發電量比單晶矽少下降 9.5%，在低溫時(0°C)時上升幅度高於 5.5%。另在太陽光電不強的環境上有優於單晶矽的表現。總體而言相同裝置容量 CIGS 發電量會高於單晶矽 10%左右。

## 2.2 因應不同案場選擇適當的太陽能模組與變流器

太陽能板抗風強度:

通常值為正面大於 5,400pa(約 550kg)17 級風，背面 2,700pa(約 250kg)14 級風。模組正面強度較高主要原因係於國外雪季因素，積雪會使得光電模組承受很大的重量，每一片模組以 60 小片電池片或 70 片組成，每片面積約在 1 米\*1.6 米間。較新型之模組加強了正面與背面受壓強度，達到正壓 6000pa、背壓 5400pa 強度。

市電併聯方式與變流器種類:

1.單相機市電併聯型:

併聯電壓 220V，台灣相位為 L-L，市售款式最大功率普遍為 5kW 以下。

依照台電再生能源發電系統併聯技術要點規定，單相 3 線最大併聯功率為 20kW<sub>p</sub> 以下。

故該場所若即設台電供電方式為單 3 型式者，須採用單相機併聯台電外線方式搭接。

2.三相三線單相機併聯:

三相三相通稱為動力用電，依據台電再生能源發電系統併聯技術要點規定，最大併聯功率為 99kW 以下。如無變壓場所(高壓轉低壓)通常需要以單相機△三相平衡接法，RS、ST、TR 各相間裝置容量差不得超過 5KVA。另有做法為使用三相四線變流器，增設降壓變壓器將 380V 之部份降壓為 220V。

3.三相四線用電場所:

此類用電場所通常自備高壓轉低壓設備，若無即設變壓器亦可提供 20 平方米空間，供台電新設併接點。變流器為三相四線機併聯電壓 220/380V。主要供 20kW 以上大型工業場所或電站使用。依據上述要點規定最大併聯功率為 499kW<sub>p</sub> 以下。

4.用戶併聯內線:

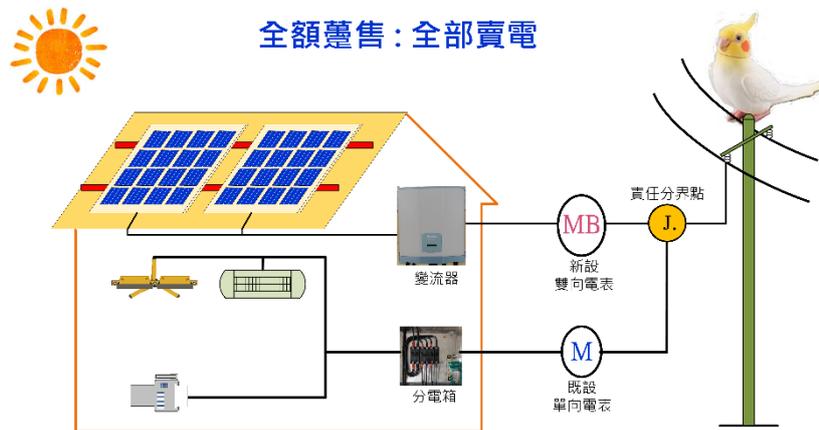
依據台電併聯技術要點規定，併接內線為區分責任問題申請者必須與用電戶名相同。併接點之保護裝置不得小於太陽光電輸出端的保護裝置，故併接內線必須注意發電量不能大於既設受電箱的保護開關。

### 第三節 台灣電力公司躉售種類:

依據不同需求目前定有三種併聯類型

#### 1. 全額躉售:

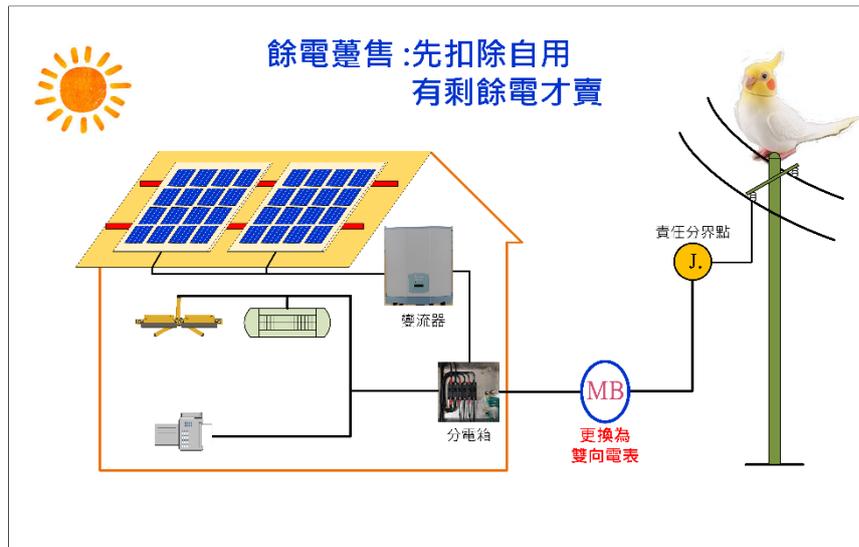
新設一個數位雙向電表，將全部太陽光電所產生的電力經過電表，經責任分界點與市電併聯，依照實際所產生的電力按合約價格收購。



圖表 7 全部賣電型圖示

#### 2. 餘電躉售:

將太陽光電的併接點併接在用戶的內線上，即設的傳統電表改換為數位雙向電表，太陽光電所產生的電力向市網輸出，自己本身所用的電由市網輸入。發電中時則依發電量與用電負載相抵。固定時間結算剩餘發電量，若有剩餘則依照合約價格收購



圖表 8 餘電躉售型圖示

### 3. 餘電不躉售:

通常選擇不躉售主要因素有二，其一為公家單位自設發電設備，其二為企業用戶基於再生能源的認同，且用電量遠大於發電量實務上不可能有餘電。

餘電不躉售併聯市電方式與餘電躉售相同，只是作業上填表上的差異。

(依照台電法規:併接內線之太陽光電發電功率，不得大於原內線承載之斷路器規格)

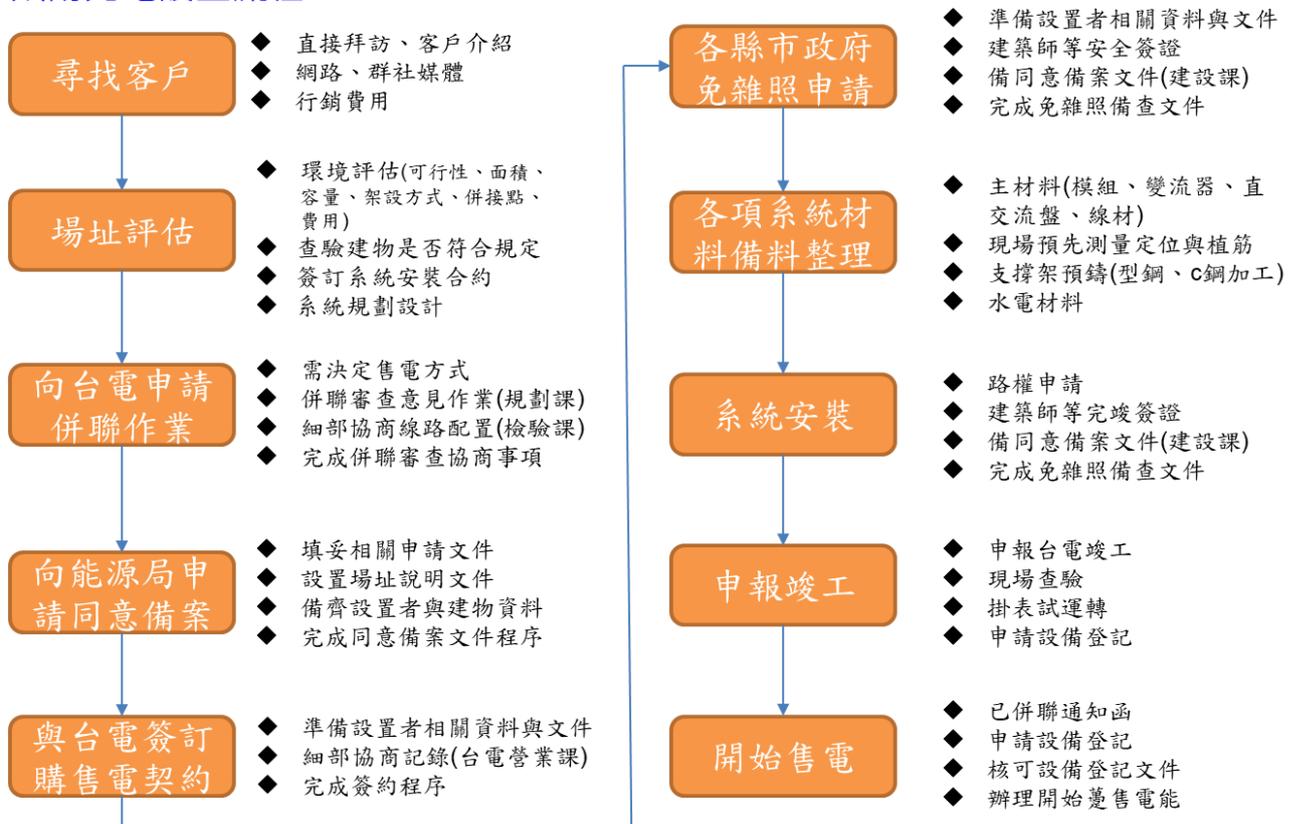
台電公司為加強太陽光電設置在併聯容量 50kW 以下，優待免接線費與加強電網免收費，加強電網係指發電設備之發電量大於既有線路的傳輸承載能力，此時有兩個做法其一為更換外線為更粗的電線，其二為增設戶外型變壓器於併接點附近。台電公司對每一條主要饋線都設有最大輸送能力，依據輸送能力在變動範圍內提供太陽光電或其他綠色能源併網之用，故申設前查詢可接受併網剩餘容量是相當重要，例如屏東某些地區與彰化沿海某些饋線都已達到可容許之最高併網量，而無法再提供給任何發電設備併網。

## 第四節 太陽光電設置流程

太陽光電設置流程中，軟成本包括行銷成本與安裝時的人力成本佔了總成本的一大部分，後將會再分析。行銷包括客戶搜尋、廣告、社群網路媒體、甚至轉介傭金等費用。在台灣地區政府對於綠能設施申請躉售電價，設有申設程序來完成整個發電設備的流程。

圖表 9 再生能源申請流程表

### 太陽光電設置流程



1. 客戶來源:經由業務行銷、客戶再介紹、社群廣告、公司曝光率、特定專案集中某行業推廣、政府屋頂標租專案、開放不良地區設置、轉介成本等等。當案規模越大行銷費用越低，例如住宅型因為裝置容量以 20kW 以下居多，行銷費用在成本比例上就極為可觀。

2. 確認客戶有意願後，接下來的工作需進行環境評估，首先需確認設置地點是否符合可設置綠能設施之規範，與可設置面積來規畫使用模組功率，並計算片數與總容量，依照屋頂型式與屋主意願來規畫支撐架結構。併接點方面則與預計申設之躉購方式有關，餘電躉售方案必須併聯在內線，選擇適當的併接點。低壓全額躉售則必須併聯在台電外線(目前尚未開放全賣電可併聯內線)，若為透天型集合式住宅，則因公共區需經所有住戶同意，故不適合以併接外線全部賣電之方式。再經討論與確認完成後，進行簽約與電路支撐架等設計。

3. 設計完成後檢查文件，再生能源設備併聯審查申請表，雜項登記單、台電併聯審查申請表，工程圖說計算線路是否符合規範、並繪製位置圖、昇位圖、單線圖、銜接點配置圖、電表箱尺寸圖。並依據設置容量 100kW 以上需檢附電機技師簽證，以下則需承裝業簽證。待台電作業流程過後其規畫課將會同線勘，做設置協商。完成後才會轉交檢驗課做細部協商，通常該單位亦需審查住宅工廠案件，故內規是 14 天必須開始受理，也是時間上比較不易掌握的區段，這個流程如果協商後需更正的極少數，一般大約是 35 天到 45 天間可完成細部協商。

4. 收到台電併聯審查意見書後，即可進行向能源局申請同意備案，需提備申請者資料、屋頂型合法房屋證明或地面型土地地方意見書、拍攝足以辨識的設置地點等資料申請同意備案。此階段若是在躉售電價將調降前，因申請者眾需費時達一個多月。若文件準備缺件同樣將延遲核准時間。

能源局再生能源發電設備，認定與查核辦公室，為負責申請同意備案的窗口，為服務廣大的申請人其申請程序特別以文書圖檔方式說明相當清楚，工作項目包括，規劃再生能源發電設備認定流程，與執行設備認定事務(包含同意備案、設備登記、設備查驗、撤銷及廢止，發電設備設置完成後的查驗工作。與檢討「再生能源發電設備設置之管理辦法」及「太陽光電發電設備競標作業要點，(現已取消競標)」之執行情形與提出修法建議、再生能源開發案的資料庫建立，與再生能源發電設備相關推動工作，並檢討「再生能源發電設置管理辦法」執行情況，提出修法建議。

5.在拿到同意備案文件後，若以取得台電細部協商函文，即可與台電簽訂 20 年躉售合約。唯需注意是否已完成細部協商，若未取得則不能簽約。簽約時必須依台電表單要求，準備設置者資料與簽約制式資料合計四份。

在取得同意備案文件的同時，亦需拿建築師簽證支撐架設計資料到各單建管科，申請免雜項執照。倘若該建築物原規畫時已經將屋頂標示為有綠能設施，則不需再申請免雜照簽證。

6.系統材料備料整理。接下來為準備建置太陽光電期，光電設施支撐架通常為快速組裝，大部分已經在裝設前先預組立，系統商在接下來階段必須做好各項工程規劃，依照提供之審圖標準，預備好各項資材。等到約定時間立即前往工地組裝，此階段是考量施工工班配合的程度，亦是整個成本體現的重要階段。主要成本在支撐架的結構與材質，與安裝的順暢性，規劃越差人工時成本越高。

7.系統安裝。取得地方政府免雜項執照備案函與台電簽約完成後，即可進行系統安裝，在綠能屋頂全民參與方案上大部份屬於，家戶 40 坪面積之小型 20kW 容量案場，硬體安裝天數通常在 3 天以內。光電模組後續的配置與線路、接地系統會先行施作，待支撐架與面板完成後，再行接線工程。

吊掛作業與屋頂作業風險。在家用住宅架設方面，常會需要利用現有道路使用，若有使用公共道路即需向地方公所申請臨時道路使用權，作依規定做好交通指引計畫。屋頂作業充滿危險性，施工人員務必做好高空防護措施，並投保系統安裝保險以降低成本風險。

在市場愈成熟狀況下任何節省成本方案都會不斷被檢討，成本的控制因素下可以預期的是材料使用會越來越節約。社會大眾對太陽光電最大的疑問就是設備面對天候的可靠性，支撐架材料與安裝品質在台灣風災頻繁下，如何兼顧成本與安全是相當重要的。工業技術研究院亦對太陽光電系統之結構安全性展開一段推廣研習說明會，期望能建立統一的標準。每家安裝廠商亦各有其預防颱風的加強支撐架系統方式，系統結構也是影響裝置系統基本成本的最重要因素。

8.申報竣工。100kW 以下可由電氣承裝業負責查驗與申報，若電力安裝非屬

同公司負責，查驗者須依照申報竣工表單內容，逐一檢查是否依照規劃圖施工，查驗完成後轉交台電申報竣工申請。台電掛表人員將安排適當時間與業主委託人共同查驗發電系統是否符合圖面說明與安全規定，並做相關測試如接地、絕緣電阻，變流器安全跳脫時間等，假如無疑慮則掛上電子式雙向電表開始試運轉完成場勘。

很多人都有疑問，為何需要經台電相關單位審查?假如屋頂可自由設置發電設備，只經簡單申請手續填一兩張表單就可以，台電也不用來現場勘查，這樣即可簡化流程帶動全民參與嗎? 表單或許有簡化空間，但在管理者角度，安全是唯一的路任何未經主管單位確認的線路，都會有安全與道德疑慮。

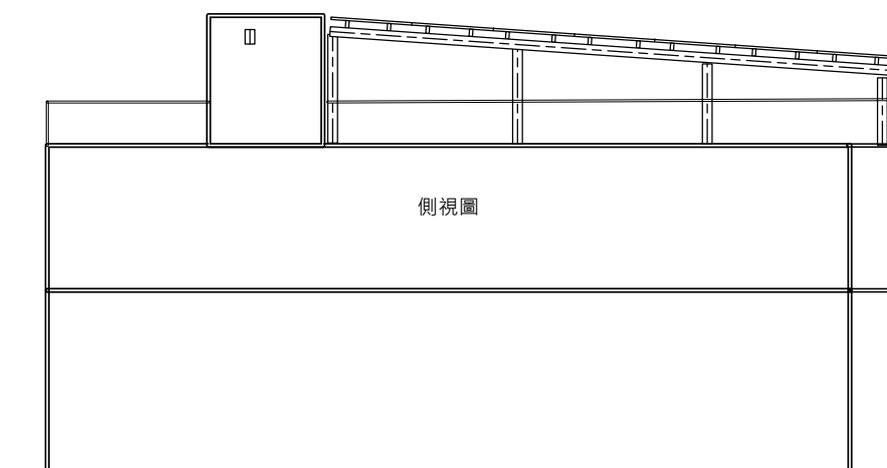
台電相關人員做好試運轉程序後，將發文給系統設置者。安裝完成後亦必須檢附相關照片經建築師(或結構、土木技師)等簽證，向地方政府申請免雜照完竣。此時文件完成依據設備登記表單與需準備資料，填妥資料向能源局申請設備登記。

9.開始躉售電能。完成設備登記是整個流程的終點站，假如建物或土地未取得所有權登記或核准文件，極有可能不能完成設備登記。坊間亦常有農業設施因故不能取得增設綠能許可，致使試運轉中的設備無法開始躉售。只要文件能依據規範提供，既能取得設備登記函，之後即可向台電公司申請開始躉售電能。

10.維運。運作中的電廠不論大小型，為取得原規劃中的發電量，最重要的是保持發電板的清潔。這也是系統商在參與綠能屋頂方案中較難克服的部份。這個方案中大部份裝置量會在 20kW 以下片數約為 66 片左右，清潔面板工時約 60 分鐘內。但這些設施都是在民宅屋頂，進出不若廠房、農業設施方便，如果不能實施定期維護，在長時間未下雨狀態下將影響發電量 8~10% 左右。(陳烜睿)住宅型太陽光電設置與運用，其分析住宅型光電設備最佳的設置容量與產生的發電量是否具有投資價值。

## 第五節 再生能源免請領雜項執照標準

台灣地小與大陸國家不同，土地極為珍貴而太陽光電會占用相當的面積，所以台灣主推屋頂型為主，地面型僅開放公告地層下陷區，鹽灘地、不適合種植的地區等，主力還是在屋頂型上。近年來能源局與主管建物的內政部積極協商，為了讓屋頂能有更多的空間安裝發電設備，在免雜項執照管制上開放很大幅度，原先太陽能板高度不能超過 1.5 公尺(以當時法規為依據，超過 1.5 米必須申請雜照)，九十九年四月三十日再修正提高開放為 2 公尺以下。為配合政策與實際管理的需要，並提高民眾設置意願在一百年二月二十五日再開放發電設備免雜照標準，設置高度由二公尺放寬為三公尺高。設置高度與安裝發電設備有非常直接的關聯，太陽能板一組列係採串接，假如有一片受遮陰影響，那整列發電效能將直接以最低受遮陰的該片為發電效能。而若以台灣建築的屋頂除了面積相當大的廠房辦公室外，都設有屋凸(最頂層樓梯)而屋凸高度至少是 2.6~3.3 高，可想而知太陽光電若僅可架高 2 米，這樣預估僅有 30% 空間有設置價值。一百年二月開放最高 3 米後，住宅型屋頂可架設的面積就增到約 65% 的屋頂面積，光電板為了接收陽光角度與雨水自潔效應考量，是採由北向南傾斜，因而屋凸部分與房屋的北側還是個難以解決的問題，要把屋凸鋪光電板北側一定超過 3 米。



圖表 10 架高型能接收更多的陽光

圖例:太陽能板最高放到 3 米免雜照，還是會犧牲掉屋凸與北側空間

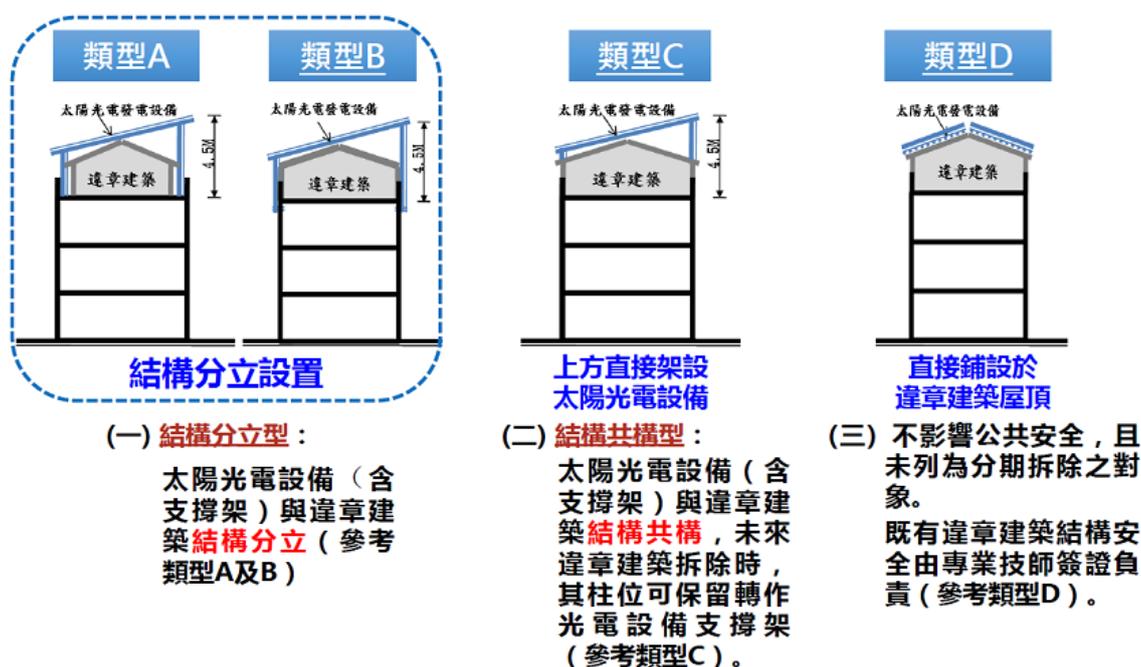
由上圖可看出太陽光電要普及化與增加鋪設面積，政策性法規的配合是相當重要的，如何在法規開放後安全性一樣並重，就是本次修法重點。結構的安全性需要建築師、結構技師、或土木技師的簽證才能申請。政府為了加速能源轉型，讓綠色能源占比達到總發電量的 20%，屋頂型的發電面積更是顯得重要。由上述案例，政府相關單位同時思考如何讓太陽能板鋪滿整個屋頂，於是一百零六年九月三十日再次開放幅度更大的修正。高度最高 4.5 米以下，且周圍建築線內光電板視同屋簷，以建築牆體中心線為準可突出 1 米以內，但必須加附結構計算書。如此圖例的屋頂就全部都能鋪上太陽能板。向地方政府建設局課申請免請領雜項執照是屬於報備制，因為並不會登記顯示在所有權謄本上。而有雜項執造之項目會顯示在謄本上這種申請程序更加嚴謹，這是政府為加速發電設施在住宅上的推廣，把光電發電設備視同非建築行為，也為台灣眾多鐵皮屋頂違建且更未經專業簽證的亂象得以修正的配合政策。

一百零七年五月十日，政府為處理廣大的屋頂違建戶解套設置太陽光電法規問題，再度開放有條件違建屋頂可以架設發電設備。修正第一項第一款合法建築物屋頂，假如有違章建築者，設置太陽光電發電設備時，不得影響公共安全與妨礙違章建築處理。

根據非正式統計台灣地區屋頂違法加建鐵皮屋頂，估計超過一半以上，這些都被先前的太陽光電建築法規排除在外。政府為加速推動能源轉型，在法規上特別將發電設備與違建事實分開處理，只以總高度不得超過 4.5 米、與影響公共安全作為區分標準。合法建築屋頂存有違建屋頂設置太陽能發電申請原則；違建屋頂已開放可以裝設太陽光電，但是必須先向當地建築主管機關申請，以取得查複合格之違建諮詢表，方可進行後續作業。政府為了加速並擴大太陽光電可架設的範圍，針對合法建築屋頂既有違章建築者，經濟部會同內政部於 107 年 5 月修正，設置再生能源免請領雜項執照標準，第 5 條第 5 項增設規定，在不影響公共安全與妨礙違章建築的處理原則下，得以設置太陽光電發電設備。

其適用類型如下

## ■ 調和併行之做法：



圖表 11 經濟部能源局-邀全民打造綠能家園簡介

為了方便各區所在地建築主管機關審查，內政部在 107 年 5 月底台內營字 1070807962 號文訂定，設置屋頂型太陽光電、免請領雜項執照處理原則。假如合法建築物上方屋頂有既存違章建築，要申請設置太陽光電設備時必須填具申請表單，附上使用執照與現場照片予當地建築主管機關申請，該單位將以不得影響公共安全與妨礙違章建築處理之原則審查，必要時將到實地勘驗。

在地的主管建築機關確認其設置類型、設置廠址、與是否影響公共安全及有否妨礙違章建築處理，並且取得違章建築諮詢表後，尚須檢附該表單與使用執照、以及建物登記謄本。若無建物登記謄本可以以使用執照代替之。並檢附再生能源發電設備之設置管理辦法，第 6 條第一項第 3 款所規定需要檢附的文件，才能向能源局主管機關申請同意備案。

在申請人取得再生能源之同意備案後，設置太陽光電發電設備仍需要依本項標準的規定，檢附相關證明文件寄送到地方建築管理單位，申請免請領雜項執照備查與竣工備查，最後依此文件向能源局主管機關，申請再生能源設備登記。

### 第三章 系統商營運模式與財務可行性分析

政府推動能源轉型在民眾的直覺上，是以現有電價去比較出再生能源產生的電力成本是否比較划算，但是我們都清楚台灣電價與世界各國比較而言是相當偏低的，這種低電價造成的印象其實也是政府在推動轉型過程中，所遇到的問題之一。綠能設備建置成本費用雖然已經較以往大幅降低，躉購電能價格在 100kW 以上甚至已經是約等同於 700 度(表燈用電非夏季) 以上用戶 4.6 元的用電價格，若以夏季用電電價方面，可以說綠能的電價(4.6257/107 年下費率)已低於超過七百度(5.66~6.74)用電量的電價。而各地方政府也以各種形式來補助推廣太陽光電普及化，妥善利用每個住家的屋頂，達成分散式能源建立，使得傳統進口煤、油、天然氣減少依賴，降低這些外購原料的成本，相對也造就給國內相關產業蓬勃發展的機會。然而這些個人住宅相對專業知識而言，對於發電系統的資訊落差性除了颱風恐懼外，發電的可靠度也是三大疑慮之一。

有鑑於此政府對於能源轉型推出了綠能屋頂全民參與方案，旨由系統商角色取代民眾對於建置太陽光電設施的所有疑慮，但是由政府出面整合資源的作法也打破了市場的慣例，目前太陽光電市場基本上是政府擬定策略，廠商與民眾各自尋求對自己最有利方式取得平衡，於是衍生出規模性與目標性不同的廠商。而依綠能屋頂的目的而言主要客戶群是家戶型，但需要具備參與資格的廠商條件卻是必須是二億元以上資本額，與 5MW(約 3 千萬平方公尺面積)以上之設置經驗。具有此能力的廠商最小接單條件都在每筆 400kW 以上，而家戶型最高也僅 20kW，能源局希望由地方政府招集 1 千戶以上甚至 5 千戶有意願出租屋頂的住宅，打包評鑑選擇廠商。而潛在問題是有意願做的小廠門檻太高，資格符合的大廠若承接這些零散客戶群將嚴重打擊效率，也可能分散施工能力而損失其他潛在大容量的客戶。

本章將在以系統商角度探討此方案是否具有投資性，或以何種營運模式可以增加成功機率。在太陽光電營運基礎上發電量與售電價格是決定投資報酬率最重

要的因素，台灣地區地形狹長緯度從北到南，沿岸到靠山地區各有不同的日照條件，也直接影響發電量。本文將以中部地區為參數參考值評估家戶型以最高躉售費率設置太陽光電系統的投資效益。並對最重要的兩項因素年發電量預估值與系統建置成本，進行實際查價分析並探討來增加參考的正確性。

## 第一節 綠能屋頂全民參與政策，遴選規劃標準

---

然而，綠能屋頂方案系以家用型住宅為主，排除工業區域，能源局為遴選適合的營運商，以求租民間屋頂能順利且安全的運轉，訂下不算低的門檻。

### 綠能屋頂、全民參與

前言:隨著全球暖化的加劇傳統能源也快速的耗竭，由其我國沒有天然資源，所發的電力都是由外匯向其他國家購買。如果運用台灣是全世界第二大太陽能板供應商的產製能力，將可進行能源戰略布局，花外匯對外購買石油、煤炭、發電用鈾，將可轉而以綠色能源作為驅動經濟發展的新動力。政府也盡全力發展低碳的再生能源環境，期望在民國 114 年達成綠色能源占總發電量的 20%為目標，並且進行產業升級，增加綠能就業人口並使得地方經濟成長。

太陽光電是一個可以再生，永續乾淨的能源，不僅可以應用在電廠，而且沒有大小限制所以很適合裝設在住宅上，達成分散式能源就近發電供應給需要用电的地方。政府推動公務機關，國營事業，工廠與一般民眾裝設太陽光電系統，105 年 7 月起實施太陽光電 2 年推動計畫。截至 106 年 8 月，太陽光電累積設置容量達 1,388.4Mw，當中屋頂型占了 95%，地面型因管制較為嚴格只有 5%。相較於地面型太陽光電系統，屋頂型太陽光電的推動牽涉到的法規較為單純，純利用屋頂沒有用的空間，且無佔用寶貴的土地資源的問題，而且更能取代台灣因頂層建築太熱而產生法規不允許且雜亂無章的隔熱屋頂。屋頂型設置速度相對也比較快，經濟部能源局於 106 年 10 月，再宣布推動"綠能屋頂全民參與"，推動方案，力求

屋頂美化市容景觀，建立起分散式能源一發自用的乾淨能源，改善空氣品質與降低 PM2.5 空氣汙染，希望全民共同協助打造 2025 年非核家園的目標。

### 建置綠能屋頂全民參與方案

政策原則:有屋頂的住戶不須出資，政府也沒有補助。

方案策略與實施作法:

#### 1. 多元誘因

屋主不須出錢參與綠能屋頂改造，提升屋頂結構的安全，也可以美化建築景觀，營運商以賣電的保證收購費率可以維持運轉 20 年，分享其中售電收入的 10% 給屋主，另外回饋 3% 的售電所得給地方政府(參與本方案之系統商能源局躉售電價可加乘 3%)依此經費來成立律電發展基金，來支持率能與鄰里建設。

#### 2. 優化法規

政府將持續盤點與檢視相關政府單位的屋頂與法規，提出優化措施為增進建築物屋頂來設置太陽光電系統。內政部是負責建築法規的責任單位，在不影響公共安全政策原則下，持續推動屋頂改造計畫。另外同時簡化申請設置綠能屋頂的處理流程與應準備之文件，就近委託縣市地方政府辦理由原來的 100kW 以下代辦，提升到 500kW 以下，方便系統商與民眾就近辦理。

#### 3. 營運模式

將由地方政府徵選適當的系統商來協助民眾裝設太陽光電屋頂系統，透過民間技術與游資引導全民有屋頂者參加太陽光電設置，免除一般民眾對設置太陽光電維護的專業且陌生的問題。綠能屋頂所產生的電力將會由設置者優先使用(負載距離最近，發的電直接由最近的負載消耗掉)，剩餘電力再

由協助民眾建置太陽光電系統的建置商以全額躉購(一次行將全部剩餘的發電量)轉賣給台灣電力公司，以提供企業或其他住宅用戶之用。

### 預期效益

1. 有利於邁向非核家園:太陽光電可大可小，容易建立分散式自發自用的乾淨能源，協助政府達成 2025 年非核家園的目標。

- 2.穩定的電力供應品質:白天是電力消耗最大的時段，而太陽光電主要是在日間才能發電，提供的電力剛好補足傳統電廠的尖峰用電。
- 3.改善空氣品質:不論何種綠能發電都是不會造成空氣汙染乾淨的能源，產生的電力可使得傳統火力基載電力得以降載運轉，改善空氣汙染減少 PM2.5 產生的機會。
- 4.美化屋頂市容:透過營運系統商經營統一綠能屋頂規劃，美化屋頂之市容景觀。

## 5-2 太陽光電遴選規劃營運商參與資格

依法登記的公司

實收資本額:實收資本額達 2 億元以上

設置實績:現持有之太陽光電設備累積設置容量達 5,000 峰瓩(kWp)以上。

押標金:押標金金額 2,000 萬元

評審標準

第一階段：綜合評審

評選項目：公司能力與健全性・技術規格・營運管理・屋頂改造總平均

分數達 80 分以上者得進入第二階段

第二階段：回饋開標

評選項目:有效標單所承諾發電收入提供民眾最高回饋比例者，取得該分區優先開發權利。

公司能力與健全性 30%

公司團隊組成；財務健全性；工程設計、營運能力、採購能力、建造能力。太陽光電工程實績；優良事蹟與獎項。

技術規格 30%

光電與機電設備規格；結構設計規劃。

營運管理 20%

營運組織及管理計畫；設備運轉與維修計畫；安全維護措施；緊急應變計畫；品質保證計畫。

屋頂改造 20%

綠能屋頂改造規劃。

屋頂整體景觀設計；屋頂結構補強方案。

### 5-3 太陽光電產業的未來

太陽光電系統廠商經營模式大略有分三種：1.案場開發與建置發電設備，為業主建設好光電設備並維護。2.尋找案場租用屋頂，建置好後經營管理付出租金賺取發電收入。3.專業協助系統商建置太陽光電系統。以上三種經營模式皆為依現有法令與開放措施，市場導向自由競爭。但是綠能屋頂全民參與政策，是改變市場導向為地方政府介入統籌辦理。

由遴選標準參與資格看來，資本額規定二億元以上、與累積設置容量達 5,000 峰瓦(kWp)以上，若依此規劃顯見一般小型系統廠商應無參選能力。本研究舉例綠能屋頂裝置容量要達 1,530kWp，需要 100 戶以上之案場，共可產生發電收入每年 12,692,555 元後逐年遞減 0.8%。而這樣的發電收入以電廠型而言雖然每度電售價僅 4.7238 元，也只要裝置容量 2,045kW 即可達成。以大型系統商願意施作的標準 250kW 以上，只需 8 個案場即可達成相同發電收入，唯一的差別為綠能屋頂有較佳的投報率，依本研究推論平均七年初即可回收投資資金，並享有後續長達 12 年多的發電收入，內部投資報酬率高達 20%，但是這是由眾多小容量屋頂所累積而成的效果，其中牽涉到規模經濟與經營效率問題。

而大型系統商若願意進入此市場主要考量點在於大型屋頂與可設置地面型光電場所越來越少，終有一天需往小容量屋頂型發展，但是亟待解決的是規模化的安裝流程，不同於很多獨立小系統所組成的案場。

### 5-4 系統廠商參與綠能屋頂方式：

中小型系統商：

依現行已公告之遴選標準，台灣地區系統商大多數是資本額在 1 千萬元以下的，案場實績也不可能超過 5,000 峰瓦(kWp)以上。

因此除非政策下修放寬標準到資本額一千萬元，安裝實績 500 峰瓦(kWp)以上才有機會參加遴選。

大型系統廠商：

依照報載符合此類標準之大型系統廠商在台灣地區極少數，在本研究專業訪談過程中，依此方案諮詢對象為中區某上市太陽能產業公司專案主管之意見，該公司表示對於必須應付眾多屋主，雖然有很好的投資報酬但是如何設置與管理，始終找不到有效率的解決辦法，因而暫時擱下。

## 第二節 再生能源發電設備補助辦法

### 1.躉購費率

政府推廣再生能源法源依據再生能源發展條例，以躉售電價變動費率為推廣最重要的核心價值，自 106 年開始取消 100kW 以上需競標規定，並於每年 10 月份決定隔年的上下年度躉購費率價格。

#### 107 年度太陽光電發電設備電能躉購費率(高效能)

再生能源類別	分類	裝置容量級距	第一期上限費率 元/度	第二期上限費率 元/度
太陽光電	屋頂型	1 瓩以上不及 20 瓩	6.2269	6.0943
		20 瓩以上不及 100 瓩	5.0780	4.9698
		100 瓩以上不及 500 瓩	4.7238	4.6254
		500 瓩以上	4.5860	4.4975
	地面型	1 瓩以上	4.6412	4.5520
	水面型	1 瓩以上	5.0586	4.9715
註:符合第 3 點第 6 款規定之太陽光電發電設備，其電能躉購費率案附表三之第一期或第二期之上限費率加成百分之六後，計算如本表。				

表格 1 107 年度太陽光電躉購費率表

本表適用區域為台中以南(苗栗以北)可在加成 15%)，且為一般方案。

若為地方政府主辦之綠能屋頂全民參與方案，獲甄選之系統商可加乘 3% 費率，但除屋頂租金(回饋金)自 10%起標售外，亦須回饋給地方政府 3%回饋金。此方案並未對裝置容量做出限制只排除工業區，這可能將改變現行太陽光電租用市場，如非工業區之工業廠房、大型屋頂、農業設施之自由供需議價機制。

107 年度太陽光電發電設備電能躉購費率(綠能屋頂方案)

再生能源類別	分類	裝置容量級距	第一期上限費率 元/度	第二期上限費率 元/度
太陽光電	屋頂型	1 瓩以上不及 20 瓩	6.4137	6.2771
		20 瓩以上不及 100 瓩	5.2303	5.1189
		100 瓩以上不及 500 瓩	4.8655	4.7642
		500 瓩以上	4.7236	4.6324
註:符合第 3 點第 7 款規定之太陽光電發電設備，其電能躉購費率案附表四之第一期或第二期之上限費率加成百分之三後，計算如本表。				

表格 2 107 年(綠能屋頂)躉購費率 資料來源:經濟部能源局

## 2.日發電量預估值

各地區太陽日照度直接影響太陽光電實際所能產生的電力，要預估發電量在先前作法是從中央氣象局日射量資料庫查詢後再推估，但經查氣象局網站線已經不提供相關資訊，只有日照時數可參考。第二種方式為依據能源局(100 年至 103 年)先前補助太陽光電設施回報發電量的平均係數，這部分參考的價值就比較高。因為這數字排除了發電量與日射量間不確定的轉換因素，唯該資料距今已經過 5 年且安裝量與模組的進步，所以必須加上參考現有案場近年資料上的變化，以取得較接近實際的發電量。

縣市地區	日平均發電量 KWh/day/kWp	年平均發電量 KWh/kWp
苗栗	3.28	1197
台中	3.39	1237
彰化	3.6	1314
雲林	3.52	1284
嘉義	3.5	1277
台南	3.53	1288
高雄	3.46	1263
屏東	3.29	1201

本表為能源局統計 100~103 年補助發電設備所回報的平均數字

(表列僅採安裝量較高之區域)

表格 3 接受能源局補助案場回報之發電量

經與太陽光電領導廠商參考其公司案場，依該資料收集器系統回報的平均發電量統計比較後，得到以上能源局五年前的統計數據應加列+0.2(例 106 年外埔區裝置量 30.6kW 年發電量 42,274kWh 日均量 3.78kWh 比表列台中區高 0.39)，為目前新設太陽光電第一年理論上會達到的效果。且能源局當時補助案件以多晶矽面板居多，現行則以單晶矽為主、除具有比多晶低照度較佳 3%發電效能外，單晶的發電比也比較高。另依據廠商資料太陽能模組市售品 25 年線性衰減 20% 以內，推估第一年應達 99% 後再以每年 0.8% 發電量衰退來做計算基礎

表格 4 調整後之 PR 值

縣市地區	日平均發電量 KWh/day/kWp	年平均發電量 KWh/kWp
苗栗	3.38	1234
台中	3.59	1310
彰化	3.75	1369
雲林	3.75	1369
嘉義	3.65	1332
台南	3.73	1361
高雄	3.66	1336
屏東	3.55	1296

### 3. 模組仰角角度與發電量關係

台灣地區是屬於北半球太陽在南方，故不論是太陽能熱水器或光電板皆以面南為最佳方位，安裝角度理論上是冬至與夏至的約中間 23.5 度為最佳角度。但若把日照強度與日照時間因素加上去，最佳角度應該往上移至 10~15 間。日照和安裝角度差異性如何，依據中華民國電機技師公會 106 年講習資料，以(NASA)資訊顯示，角度為 7 時比值為 4.84、角度為 22 時比值為 4.93，僅差異 0.09。因而定義模組角度影響平均日照不大，極端氣候影響可能更大。

台 北 (北緯25.03度, 東經121.5度)															
季節	時	6	7	8	9	10	11	中天	12	13	14	15	16	17	18
夏至	仰角	11.3	24.1	37.3	50.7	64.2	77.8	88.5	87.8	74.7	61.1	47.6	34.2	21.1	08.4
	方位	069.1	074.1	078.6	082.9	087.4	094.4	180.0	226.4	267.8	273.7	278.1	282.4	287.0	292.1
春分	仰角	01.9	15.1	28.5	41.3	53.0	61.9	65.0	64.9	60.2	50.4	38.4	25.4	12.1	
	方位	090.7	097.3	104.7	114.2	128.2	150.9	180.0	184.1	215.4	235.6	248.3	257.2	264.3	
冬至	仰角		04.2	15.6	25.9	34.3	39.8	41.5	41.4	38.8	32.6	23.6	13.1	01.7	
	方位		118.3	125.9	135.7	148.3	164.1	180.0	182.1	199.8	214.9	226.8	236.0	243.2	
台 中 (北緯24.15度, 東經120.68度)															
季節	時	6	7	8	9	10	11	中天	12	13	14	15	16	17	18
夏至	仰角	10.3	23.1	36.4	49.8	63.4	77.1	89.3	88.9	75.4	61.8	48.2	34.7	21.5	08.7
	方位	068.7	073.5	077.7	081.6	085.4	090.0	180.0	232.4	269.3	275.1	278.9	282.8	287.0	292.0
春分	仰角	01.3	14.5	28.0	41.0	52.9	62.3	65.8	65.8	61.3	51.5	39.4	26.3	12.9	
	方位	090.4	096.7	103.8	112.9	126.4	148.5	180.0	182.3	214.9	235.7	248.4	257.2	264.1	
冬至	仰角		04.0	15.5	26.0	34.6	40.4	42.3	42.3	39.9	33.7	24.8	14.1	02.6	
	方位		117.9	125.3	134.8	147.2	162.9	180.0	181.1	199.1	214.5	226.5	235.7	242.9	

資料來源:中央氣象局

表格 5 台灣中部地區日照角之變化

#### 模組方位角

理論上模組位置朝正南方可得最佳日照角，以使得太陽能電池的發電量可以達到最大，但實務上除非是大面積且平面屋頂才能設定好最佳方位，否則僅能依建築物實際座向來設置，若有修正可能也僅止於運用單邊架高，來改變成較面南方位。設計時應盡可能避開地形遮陰、建築物陰影等範圍，正南 180 度前後 25 度因差異不大盡可能調整到此範圍，若可以選擇模組方位偏西南會比偏東北得到更好的發電量，主因在西半部地區東面有山，早上太陽日照時間通常比下午少。

### 4. 系統裝置容量

本研究主要是針對綠能屋頂政策，因而裝置容量通常在 20kW 以下居多數，最高以 60 坪屋頂 30kW 來做為設計標準。

(柯麗 2014)台灣屋頂型太陽光電的發與運用

屋頂面積	電價級距	模組瓦數	串列	併聯數	模組片數	裝置容量
10 坪	<20kWp	300W	17	1	17	5.1kW
20 坪	<20kWp	300W	17	2	34	10.2kW
30 坪	<20kWp	300W	17	3	51	15.3kW
40 坪	<20kWp	300W	16-17	4	66	19.8kW
60 坪	<100kWp	300W	17	6	102	30.6kWp

表格 6 屋頂面積與裝置容量關係表

模組定義類型:

市售常規品單晶矽模組技術已經成熟，且規模化生產為追求成本與效率平衡，並能達到高效率加成 6% 的驗證資格，定義本文模組皆採此瓦數為模擬樣本。

變流器定義:

綠能屋頂係以個體小面積為主，這些住戶型一般使用單相或三相電源，所以本文排除 3 相四線式變流器，這類商用型變流器必須要配電場所。小容量組成的變流器裝置在發電系統中將會提高整體成本，因不須配電場所拼接上較為簡易，考量拼接系統相容性本文將採用單相機 5kWp 做為模擬依據。

根據面積與設置條件與變流器整合後會表如下:

傾斜角	方位	系統裝置量	模組/W	變流器/kWp
5	面南	5.1kW	單晶/300W	5*1
5	面南	10.2kW	單晶/300W	5*2
5	面南	15.3kW	單晶/300W	5*3
5	面南	19.8kW	單晶/300W	5*4
5	面南	30.6kW	單晶/300W	5*6

表格 7 裝置容量與變流器搭配

## 預估發電量

依據前表調整後的各區 PR 值帶入裝置容量後，可得每年預估發電量，以下表格以台中區為例。

屋頂面積	裝置容量	發電 PR 值	每日發電量	每年發電量
10 坪	5.1kWp	3.59	18.3	6,680
20 坪	10.2kWp	3.59	36.6	13,359
30 坪	15.3kWp	3.59	54.9	20,039
40 坪	19.8kWp	3.59	71.1	26,171
60 坪	30.6kWp	3.59	109.9	40,114

表格 8 屋頂面積與裝置容量發電比之關聯

## 5. 設置計畫成本與回收年限預估

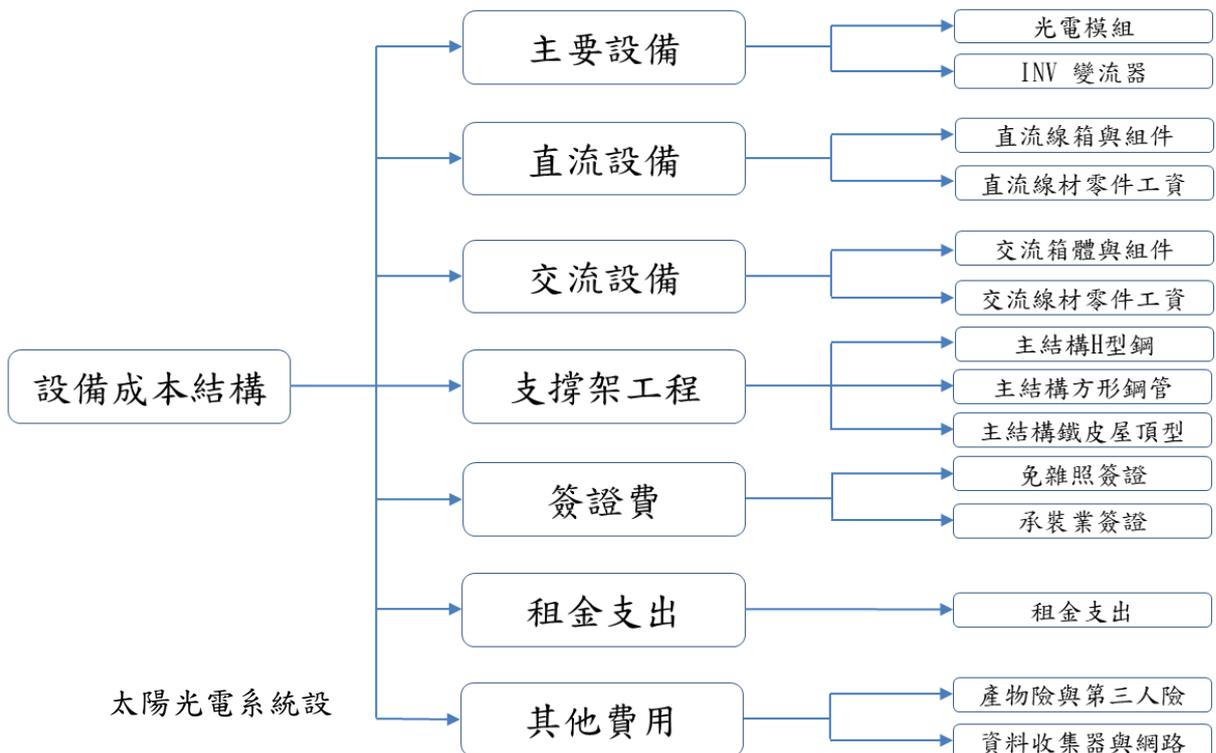
回收年限與系統成本關聯性有非常重大的影響，因而本分析採用結構拆解與明細估算的方法，對小容量太陽光電系統成本與費用做結構性的分類，分類結果與計算方式如下節。(Chen 2014) 太陽光電系統投資效益分析；能源局設定有六種太陽光電類型，主要是屋頂型分為四大級距，裝置容量越低躉售單價越高，是以實際裝設成本為定價考量依據，地面型與水面型僅有各一種級距。所以有關發電成本的回收在電價上是固定的，可以操作的只有在設備成本，本項成本在相同品質下可以靠大量化來取得低價材料，工資成本亦可因設備規模夠大而減少閒置時間。另外把發電量坐大亦是可努力方向，選擇適合地點例如；空氣環境好之處落塵較少，選擇緯度與角度亦能增加發電量。

每項作業都是成本關鍵影響著回收效益，本研究將從基本作業開始探討整個作業流程，以取得較接近實際之設置成本，作為試算發電收益之裝置價格基礎。

### 第三節 設置計畫成本與回收年限預估

回收年限與系統成本關聯性有非常重大的影響，因而本分析採用結構拆解與明細估算的方法，對小容量太陽光電系統成本與費用做結構性的分類，分類結果與計算方式如下。

#### 系統建置架構表



圖表 12 建置成本計畫費用結構圖

主要分為

#### 1. 營運成本

營運成本包括人事費用、運轉維護費用、租金與保險費用等三項。

人事最大支出為業務開發、行政申請程序與設計支出、安裝與維運及清潔等人事費用。

運轉維護費用包括出差費、油資、清潔面板工具與耗材、耗損零件等材料。

變流器一般公司保固為五年保，預計可使用 10 年為可能更換週期。

## 2.設備成本

設置成本主要分為模組、支撐架、變流器、直流線箱、交流線箱、躉售表箱、線材、接頭、保護裝置與資料收集器及相關簽證費用。

## 3.其他成本

其他成本包括租金與保險包括租用屋頂租金、電子設備綜合損失險、第三人責任險等。如有貸款之利息支出，營利事業所得稅成本。貸款利息依照太陽光電專業融資之利率計算，營利事業綜合所得稅與進貨與銷貨差額之營業稅。

### 2-1 光電系統成本推算

依建築面積組合所需模組數量價格表

容量 價格	5.1kWp	10.2kWp	15.3kWp	19.8kWp	30.6kWp
單價 USD/W	0.49	0.49	0.49	0.49	0.48
單價 NTD/W	14.445	14.445	14.445	14.445	14.16
POWER W/PCS	300	300	300	300	300
單價 NTD/pcs	4334	4,344	4,334	4,334	4,248

表格 9 建築面積與模組數量

試算表以 1USD=29.5NTD 為計算基準

太陽能模組經過慘烈的競爭，終端價格已經較以往跌落許多，以上價格是以經過調查之通過自主性檢驗可加乘 6%之模組規格，若是規格外模組售價差異在 10%~15%，唯無加成 6%之認可。

市售發電板有更高效能背貼式模組，與雙面玻璃雙面感光發電模組，本分析僅以銷量最大的單晶矽高效能 300W 之模組為計算依據。

### 2-2 光電系統變流器價格表

依據配置容量所需變流器數量價格表

容量 價格	5.1kWp	10.2kWp	15.3kWp	19.8kWp	30.6kWp
變流器單價	29,500	29,500	29,000	29,000	29,000
變流器數量	1	2	3	4	6
變流器總價	29,500	59,000	87,000	116,000	174,000

表格 10 變流器數量與價格

小型發電場所配置電力設施，多為單相三線式與三相三線式配電方式，這些配電都需要以單相機型之變流器產生 220 伏併接，才能以較經濟的方式併聯。故本表調查後採用市售大品牌之變流器售價作為成本依據。

### 2-3 直流線箱與保護開關價格表

依據配置容量所需直流開關箱(含保護開關)數量價格表

容量 價格	5.1kWp	10.2kWp	15.3kWp	19.8kWp	30.6kWp
直流組件迴路	1	2	3	4	6
直流迴路售價	5,500	5,300	4,950	4,850	4,850
直流箱體總價	5,500	10,600	14,850	19,400	29,100

表格 11 直流保護開關價格

### 2-4 支撐架系統工程費用

架設面積與架設材料是支撐架成本關鍵因素

支撐架含組裝與架設容量之關聯性表

容量 價格	5.1kWp	10.2kWp	15.3kWp	19.8kWp	30.6kWp
H 型鋼架高型	16,000	15,000	13,000	12,000	11,000
方管型鋼架高型	9,000	8,000	7,000	6,500	6,000
鐵皮屋頂直鋪型	5,500	5,200	4,900	4,600	4,500

表格 12 支撐架價格表

由調查表成本顯示 H 型鋼結構雖然堅固，但因結構總重量大於方型管近 3 倍之重量，因而每 kW 成本價格也最高。顯見僅適用於業主自設追求對品質的要求，並不適用於綠能屋頂之出租型。方管型經設計補強也能承受基本颱風的考驗，但

是風險仍較 H 鋼型高出許多。鐵皮屋直舖型適用於新法令開放違建屋頂可架設發電設備之屋頂，因無架高設計且結構總重量遠低於 H 型鋼與方型管，成本最低。架高型仍是透天合法房型優先的選擇，經評量後將以方型鋼管為設置成本。

不論何種支撐架型式都必須考慮氣候因素，必須能防腐蝕經結構設計簽證防 14 級以上颱風強度。H 型鋼與方形鋼管通常採熱浸鍍鋅方式來防腐蝕，鐵皮平舖型一般採鋁擠型或鎂鋁型鋼來解決氣候問題。

## 2.5 系統工程計畫預算書格式

在綠能屋頂政策主要對象為家戶型客戶，住宅屋頂面積約在 40 坪以下居多數，本預算書將以平均值 15.3kWp 為試算成本的基礎。

15.3kWp 架高型太陽光電系統預算書						
分類	內容	單位	數量	單價	總價	備註
主要設備	單晶模組	片	51	4,334	221,034	
	5kW 變流器	部	3	29,000	87,000	(調整)批量採購 75,000 元
	主要設備合計				308,034	
支撐架	方型管架高型	kW	15.3	7,000	107,100	降 10% (審查調整)
	面板固定與零件	片	51	200	10,200	調降 7%
	結構簽證	式	1	9,000	9,000	
	支撐架與組裝合計				126,300	114,930(調整)
機電工程	直流箱體組件	式	3	4,950	14,850	調降 10%
	直交流線材	kW	15.3	1,500	22,950	
	機電工程費	kW	15.3	5,500	84,150	調降 10%
	資料收集器	台	1	12,000	12,000	調降 10%
	機電簽證費	式	1	0	0	電氣承裝業可自簽
	系統衝擊分析	式	1	0	0	250kW 以上
	機電工程合計				133,950	122,850(調整)
其他費用	系統設計與流程	式	1	15,000	15,000	承裝業薪資成本
	工程保險費	式	1		1,892	造價 1*0.3%
	屋頂租金	kW	10%	1	817	年發電收入 10%

規會	台電線補費	kW	15.3	0	0	50 kW 以下免
稅額	營業稅(5%)	1				總價*1.05
系統造價	設備總成本				630,821	594,726(調整)
	單位系統造價	kW	15.3		41,230	39,655(調整)

上表為台灣地區太陽光電系統成本造價調查表，調查方式為詢價與太陽光電產業從業人員告知。

表格 13 系統造價預算表

由上表發現在三個部份，單相機變流器、支撐架系統安裝、機電工程費都比規模型電廠高出不少。另外因住宅型以架高居多，而工業型則以斜屋頂平舖為主，支撐架型式與單相機變流器成為成本升高的主因，因而能源局在躉售費率上才給予較高的價格。

在本表將以一般家庭坪數居中的設計容量，15.3kW 為試算成本基礎。

### 15.3 kW 主要關鍵設備與造價間的比率

裝置容量	主要設備	支撐架工程	機電工程	其他費用	稅與保險	合計
分項成本統計	308,034	126,300	133,950	15,000	47,537	630,821
每 kW 造價	20,133	8,255	8,755	980	3,107	41,230
佔總成本比率	48.8%	20.0%	21.2%	2.5%	7.5%	100%

表格 14 各分項價格表

## 2.6 維運成本估算

家戶型營運最困難的是定期保養，主因是進入住家樓頂不如工廠或農業設施方便。單一場工廠屋頂或學校屋頂裝置容量可能家戶型需要 20 戶住家才能相抵，如何實施計畫係保養確實是一個問題，如採雲梯車不經住宅內部方式恐有道德性與停車問題，如採事先聯絡約定時段久而久之恐造成住戶不耐煩，如採住戶自行保養清潔但租價不對稱，恐無法有效執行。排除前述困難因素後，依 35 坪模組 300w 片數大約是 66 片，清潔時間大約是 1.5 小時，預估每位員工每天可排清洗檢查 4

場，單位容量越小清潔成本越高，以單日工資 2,500 元計算、每年檢查與清洗共四次，交通油資與車輛損耗計每公里 10 元，因綠能屋頂方案有區域性，每戶距離設定為 6 公里，合計每次出勤 30 公里。固定保養在零件方面，按實例案場狀況其實很少需要更換的所以不計算，在 20 年營運期間變流器是最大的可能故障原因但有至少五年保固平均 10 年壽命，故以造價的 18% 編列維修材料可能產生之費用。保險費用包括電子設備綜合保險、第三人意外險，年保費預估是造價的 0.7%，面積越大基數越低。據以上資料統計維運成本如下表

20 年維運費用表

裝置容量	5.1kWp	10.2kWp	15.3kWp	19.8kWp	30.6kWp
屋頂租金	4,166	8,333	12,500	16,177	25,000
清潔工資	3,100	2,900	2,700	2,500	2,300
材料耗損均攤	2,100	4,200	6,300	8,200	12,600
油資補貼	100	100	100	90	90
保險費用	1,500	3,000	4,400	5,700	7,500
合計年維運費	10,966	18,533	26,000	32,667	47,490
每 kW	2,150	1,817	1,700	1,650	1,552

表格 15 (20 年)維運費用表

## 2.7 預估收益計算

太陽光電發電系統最主要的收益來源是簽約時的躉售單價，也就是每發一度電能夠賣給台電的單價，而躉售單價與裝置容量級距有關聯，為統一計算本文將以家戶型最普遍型 20kW 以下單價為主。目前能源局已取消競標方式故無折扣問題，而發電模組效能依據廠商資料顯示，單晶矽發電模組一般 25 年線性功率保證在可達 80% 以上，故以每年衰退 0.8% 為發電量預估依據。預估收益=裝置容量\*簽約單價\*區域發電值\*(1-0.8%)

## 2.8 收益預估與參數設定依據

類別	單位	參數定義	說明
所在區域	地區	苗栗、台中、彰化、雲林、嘉義、台南、高雄、屏東	以中南部地區分布為設定區域。
預估單位年發電量(PR)	kWp/day	依據參考資料換算 PR	參考能源局補助回報

值)		值得之	資料加廠商資料修正
系統發電量	kWp	分為四種類型以 20kW 以下級距為主	依照能源局設定級距價格為主
每單位造價	台幣/kWp	依據設備分析明細推算	經分析所需設備並經市場詢價後得知
簽約電價	台幣/kWh	6.2269	能源局 107 年上半年 20 kW 以下躉購費率
維運費	台幣/年	由成本明細估算	各項支出與清潔維護相關費用
變流器更換時機	台幣/kW	均攤方式	以造價的 18% 為 15 年維修費用攤提方式
屋頂租金	%/年	綠能屋頂規定最少 10%	依照能源局綠能屋頂草案計算
產品險與意外險	%/年	設定為造價的 0.7%	參考產物險對太陽光電承保費率
模組線性衰退率	百分比	模組 25 年剩餘 80% 線性推算，設為 0.8%/年	依據模組保固說明書計算
回收期限	年	比照簽約年限 20 年	折舊後無殘值，設備歸住戶所有或拆除
營業稅率	%	現行標準 5%	按稅務法規規定

表格 16 收益預估與參數設定

資金成本假設由集資而來，故自有資金的成本設定為 8 年以內可回收，視為具備參與本綠能屋頂具有投資效益。

## 第四節 預估案場效益

3.1 太陽光電個人戶以選擇自有資金安裝為居多，其次為藉由其他抵押品取得利率較低的資金成本，甚少直接向銀行申貸綠能貸款。主因現階段相關銀行在能源貸款上仍是以具規模性為主，通常 100kW 以下的部分銀行並無申貸意願。而綠能貸款本質上屬於動產貸款，故放款利率較不動產高出不少。而綠能系統公司則是與銀行合作通常案場都是以貸款來建置，少部分是由第三人出資自有資金掛名運作，兩種做法各有其成本結構與目的。在太陽光電設置財務評估方面，通常是以多少時間能回收設備成本，來決定是否有投資價值，也就是回收年限法為主要評估標準。主因是台灣地區有颱風風險因素，造成社會對設置時間長久性產生疑慮，進而追求盡快回收成本來避開不確定風險。雖然評估的方式有很多種，本文將以回收年限為主從較保守的角度來提供投資者，作為後續衡量投資太陽光電租賃計畫與否的參考標準。

預估效益方式	計算公式	衡量標準
投資回收期法	$\sum_{t=0}^T C_t - C_0 = 0$ 公式中 T 為投資回收期， $C_t$ 為 t 時期的資金流入量， $C_0$ 為原始投資額。	回收年限要最短，設定八年內成本可收回為最低衡量標準。
內部報酬率法	IRR 在時間點零時，Cost 定義為投資金額，並且每年都能拿到報酬，本文設定返回年限為 20 年，計算公式如下。 $-Cost + \frac{\text{Return}_1}{(1+IRR)^1} + \frac{\text{Return}_2}{(1+IRR)^2} + \dots + \frac{\text{Return}_n}{(1+IRR)^n} = 0$	IRR 值越大代表投資效益越高
淨現值(NPV)	$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} - C_0$	淨現值大於零接受，小於零放棄

表格 17 預估收益計算公式

### 3.2 各區預估收益計算

將修正後發電比每日平均 PR 值，經分析後之系統每 kW 造價帶入成本公式中，以 Excel 依照前述參數設定值，扣除每年維運成本後，運算各區實際可回收年限之數值，來檢討投資效益。

發電系統效能試算表							
彰化區							
太陽能 IRR							
年度	面板發電效率	每天發電度數	支出	收入	年維護支出	小計	平均每日發電 (小時)
初始建置費			(630,819)	(630,819)		(630,819)	3.75
1	100.00%	57.38	(630,819)	130,403	26,010	(526,426)	台電1度電收
2	99.20%	56.92	(526,426)	129,360	26,010	(423,076)	6.2269
3	98.40%	56.46	(423,076)	128,317	26,010	(320,770)	太陽能面板發電效率-新
4	97.60%	56.00	(320,770)	127,273	26,010	(219,506)	100.0%
5	96.80%	55.54	(219,506)	126,230	26,010	(119,286)	太陽能面板每年衰退
6	96.00%	55.08	(119,286)	125,187	26,010	(20,110)	0.80%
7	95.20%	54.62	(20,110)	124,144	26,010	78,024	建置成本 NT/1KW
8	94.40%	54.16	78,024	123,100	26,010	175,114	41,230
9	93.60%	53.70	175,114	122,057	26,010	271,162	建置總KW
10	92.80%	53.24	271,162	121,014	26,010	366,166	15.3
11	92.00%	52.79	366,166	119,971	26,010	460,126	建置總經費未稅價
12	91.20%	52.33	460,126	118,928	26,010	553,044	630,819
13	90.40%	51.87	553,044	117,884	26,010	644,918	1kw維護費用1,700
14	89.60%	51.41	644,918	116,841	26,010	735,749	
15	88.80%	50.95	735,749	115,798	26,010	825,537	
16	88.00%	50.49	825,537	114,755	26,010	914,282	銀行定存利息
17	87.20%	50.03	914,282	113,711	26,010	1,001,983	1.12%
18	86.40%	49.57	1,001,983	112,668	26,010	1,088,641	
19	85.60%	49.11	1,088,641	111,625	26,010	1,174,256	
20	84.80%	48.65	1,174,256	110,582	26,010	1,258,828	
				IRR		19.34%	
				20年後餘額		1,889,647	
				四年均日發電量			
1.日平均發電量如右說明，苗栗以北加價15%				苗栗 3.13			
2.台電1度電收 20kw以下=6.2269元，				台中 3.40			
20kw~99.9kw =5.078元				彰化 3.59			發電收入與定存比較
100kw~500kw=4.7238元				雲林 3.51			項目
3.面板每年衰退0.8%計。				嘉義 3.47			本金
				南投 3.23			定存
							630,819
							投資發電
							630,819

圖表 13 以彰化區試算為例

區域	平均每日發電 PR 值	試算後回收年限	試算後該區 IRR
苗栗	3.38	6 年 0 個月*	19.97*
台中	3.59	6 年 6 個月	18.39
彰化	3.75	6 年 2 個月	19.34
雲林	3.75	6 年 2 個月	19.34
嘉義	3.65	6 年 4 個月	18.75
台南	3.73	6 年 3 個月	19.22
高雄	3.66	6 年 4 個月	18.8
屏東	3.55	6 年 3 個月	18.15

註:苗栗地區享有有北部區域加乘 15%購電優惠。

表格 18 試算各區 IRR 值與回收年限

以 15.3kWp 成本為例，經帶入中南部各區模擬平均發電 PR 值係數，與各項預

估參數定義完成，運用 Excel 軟體設定模組線性衰退率，乘以裝置容量，計算出每日模擬發電量，(蔡承峰 2013)小型太陽光電運用系統輔助開發研究。得到每年預估發電收益後扣除前表推算出之每 kW 營運成本，既為每年實際收益。本研究採用無融資自有資金的評估模式，經計算後平均回收期大約在 6 年半以內，甚至連苗栗地區計算加乘後也只有 6 年就可回收投資成本，以 IRR 計算現金投資效益值也在 18~20 間，假如資金來源設定為 7 成貸款 IRR 之投資效益值將更為可觀。營運主除了可在 6 年半內回收投資成本外，還享有後續高達 13 年多的躉售期，1/3 時程即可回收投資額，後續仍有 2/3 營運期，經評估試算後不論是苗栗區域或中南部皆具有高度可投資性。

100kW 容量以下只需電氣承裝業簽證，一般做為系統商理應具備有此專業證照，不僅可以加快請領台電公司併聯審查意見書，與細部協商等均可快速作業。此好處除加快審查速度外，另可降低委外成本。在系統評估過程中，本文已經考慮區域日照量的因素，與太陽光電模組線係衰退所造成得發電量遞減 0.8% 特性，另參考光電業者案場實際效能發電成效，修正後將更接近實際值。唯天候因素是自然因素不可控制，也會造成預估數據上的偏誤，在此發電量數據上僅可能做到相當近值。在系統造價方面除了自行訪價，與尋求相關業者估價工程各項成本以求接近實際系統商成本，但規模性會產生議價能力差異是可預知的。所以下文將訪查參考實際案場，以本文推算的分項系統造價了解是否接近整體成本。

## 第四章 資料分析與實證結果

為了實證經拆解後的太陽光電設置成本，本文將實際訪查位於台中市外埔區某太陽光電設置戶，實際了解太陽光電系統建置的過程與營運成本。感謝本案場業主與太陽光電廠商不吝說明建置過程與成本分享，使得本文分析能經驗證過程。

### 第一節 設置案場分析研究

---

#### 4.1 驗證案場介紹

本研究案之業主經某廠商介紹後，因顧及原違建鐵皮遮涼用屋頂已老舊，正打算更換，進而瞭解太陽光電除了可以達成降溫效果外，又可以有發電收入，所以萌生設置太陽光電之相法。但是對於實際發電成效仍有顧慮，與颱風來臨時發電系統的耐用性這兩點最有待釐清。於是對於系統的堅固性是找尋廠商的重點，而發電收入能達到什麼效果在沒有實際裝設前仍是有所疑慮。

本案例

#### 一、系統評估

##### 1. 興建期:

本實例案場系統興建時間為 4 個月左右，完成日期是 106 年 6 月完工掛表。興建期指的是自簽約開始到台電掛表完成試運轉的期間。

##### 2. 發電系統營運期:

本系統以簽約全額躉售方式，時間為 20 年作為發電系統營運期。依照再生能源躉購費率規定，只能跟單一電力業者簽訂契約，在再生能源法未修正之前也只有能賣給台灣電力公司。

#### 二、光電系統設備設計容量

本案太陽光電模組採用台中地區廠商生產的單晶矽太陽能板 300W，設置片數

為 102 片合計 300W\*102 片=30,600W=30.6kWp。

### 三、光電系統使用材料與建置成本推算

關鍵材料如下：

太陽能模組:本案模組採用單晶矽 300W\*102 片。直交流變流器:採用單相機△接法併聯。支撐架型式:採用 H 型鋼+C 型鋼架高型。模組方位西南 240 度，模組傾斜角度 4 度，本案將帶入系統預算書，驗證與預估安裝費用的差異性。

預算書格式如下表

30.6kWp 架高型太陽光電系統預算書						
分類	內容	單位	數量	單價	預算成本	本案調查成本
主要設備	單晶模組	片	102	4,334	442,068	516,630
	5kW 變流器	部	6	29,000	174,000	177,000
	主要設備合計				616,068	693,630
支撐架	方型管架高型	kW	30.6	7,000	214,200	293,000
	面板固定與零件	片	102	200	20,400	20,000
	結構簽證	式	1	9,000	9,000	12,000
	支撐架與組裝合計				243,600	325,000
機電工程	直流箱體組件	式	1	4,950	29,700	28,300
	直流線材	kW	30.6	1,500	45,900	31,520
	機電工程費	kW	30.6	5,500	168,300	170,810
	資料收集器	台	1	12,000	12,000	18,000
	機電簽證費	式	1	0	0	
	系統衝擊分析	式	1	0	0	
	機電工程合計				255,900	248,630
其他費用	系統設計與流程	式	1	15,000	15,000	15,000
	工程保險費	式	1			
	屋頂租金	kW	10%	1	0	
規會	台電線補費	kW	15.3	0	0	
稅額	營業稅(5%)	1			56,528	64,113
系統造價	設備總成本				1,187,096	1,282,260

	單位系統造價	kW	30.6		38,794	44,000
--	--------	----	------	--	--------	--------

表格 19 預算書驗證

帶入實證與建置成本分項比較後發現，部分實際成本與預算書規劃有很大的差異。差異部份主要是在太陽能模組價格與支撐架系統上。註:(本案例為自設因無租金與保險費用支出，故每單位成本較低)

太陽能模組價格依國際市場競爭與產銷關係而決定，所以此項成本是波動劇烈的，而且是向下修正機會比較大，預算書價格與當時市場價格跌價差異高達16.8%，可見該項產品不適合做庫存。作為系統商理應有需求時再行訂貨，避免產生庫存跌價損失。而據了解單位發電板不同瓦數其每瓦單價也不一樣，瓦數越高(模組效率值愈高)每瓦單價越高，廠商也有因應策略，其未來將不斷的運用科技提高單位模組效率值，以避免陷入紅海。而作為一個系統商而言單位造價代表著回收年限與營業利潤，所以選擇性價比最有利的模組是確保回收期的依據。

第二個差異是在支撐架系統上，原系統計算書是採用方型鋼管型式，然訪查之案場系採 H 型鋼架高型式，H 型鋼雖然重量增加近 3 倍，結構強度也比較高，但是支撐架費用增加近 30%，總體造價亦影響 6%。顯見在以營業利潤的考量下適當的結構將影響總體利潤，過度的設計雖然看起來超乎正常的堅固，但若以回收期限越短越好的考量下，選擇能承受 10 年記錄颱風考驗的結構，較有利於成本的降低。

以上對於設置太陽光電的設置拆解與詢價，仍僅限於所能訪問與單一案場查訪分項成本價格，將訪問更專業之人士以使得數據更加接近實際成本。

驗證系統之發電量；發電量與賣電收入是最直接的因素，也是投資報酬率直接指標，本案位於台中市外埔區該區就本研究是歸類在台中地區。經此業主提供系統數據收集器資料，一年來的直流發電總量為 44,056kW，裝置容量為 30.6kW，計算直流變交流後之轉換損失 2.5% + 線路損失 0.5% 後，合計交流售電 42,773kW。計算 PR 值公式:年發電量/365 天=平均每天發電量，平均每天發電量/裝置容量=PR 值。計算如下:42,773/365 天=117/天(平均每天發電量)，PR 值=117/30.6(裝置容

量)=3.82。本研究原設定台中地區發電係數參數 PR 參考值為 3.59，經案場實證值可達 3.82，可見假設參數應能成立。帶入 Excel 公式計算回收年限與 IRR，結果得到 6.5 個月回收，與 IRR 投資報酬率為 18.33%。本結果與假設參數接近，倘若本案場之支撐架形式改為，對成本有利之方型鋼管架構型，相信回收期限與投資報酬率數據會更加有利。

## 第二節 專業審查驗證

為使得所蒐集而來的太陽光電各分項的建置成本，能夠經由系統業者確認是否符合現階段市場行情，另銀行綠能專案貸款部門有豐富的屋頂信用貸款，與其客戶實際回收狀況經驗值，這也是本研究所借重的。本研究專業審查驗證項目將擬問卷檢視合理性，主要三大方向(1)表內參數設計與實際是否接近。(2)驗證各區案場的發電 PR 值(日照量與裝置容量的發電比值)是否接近經驗值。(3)各項拆解後成本與實際案場差異性。本研究擬定部分關鍵問題，訪問系統業者與太陽光電專業承裝業者，協助驗證與查驗，訪談對象為上市公司綠能專案副理、發電系統業者、綠能產業資深案場顧問、專業承包太陽光電施工業者、銀行業者共計五位。如下表所示

專業諮詢成員表

公司名稱	任職部門	職位	姓名	相關經驗值
中部某上市公司	綠能關鍵設備專案	副理	王副理	8 年
OO 太陽能公司	系統業者	負責人	黃老闆	3 年
OO 能源有限公司	光電案場顧問	專案經理	葉經理	6 年
OO 能源有限公司	光電代工施工業者	負責人	施先生	6 年
OO 商業銀行公司	綠能專案貸款部門	分行襄理	羅先生	4 年

表格 20 專業諮詢成員表

專業審查訪談主要目的是分析無融資回收期限與附加價值之參數是否正確，實際案場帶入各分項成本分析是否不會偏離市場行情，與最重要的發電收入關鍵

因素既日照量各區的平均發電量 PR 值是否接近經驗值。本訪談主要是對本研究之太陽光電系統參數設定與實際案場分析結果的成本合理性，及回收期限與 IRR 值這三大項，銀行業者綠能專案貸款襄理則有豐富的案場審貸經驗，且各大案場的發電收入回收情況也相當了解，皆有助於協助本研究協助驗證。

#### 專業諮詢紀錄表

光電業者專業訪談紀錄表				
目次	問卷內容	認同程度高	有其他看法	主要意見說明
1.	各地區的平均日發電量(PR 值)推算結果是否合理?			
2.	太陽能板依據廠商保證書標示推算後為，每年減少 0.8% 發電量是否合理?			
3.	以住宅屋頂為建置標的，本研究推估後的關鍵組件購置費用是否接近實際成本?			
4.	承上:支撐架費用按裝成本是否合理?			
5.	承上:機電安裝與組件費用是否合理?			
6.	維運費用以造價的 18% 計算是否合理?			
7.	太陽能模組以 20 年，變流器折舊含在維運內是否合理?			
8.	計畫收入與公式運算是否合理?			
9.	回收期限與投報率公式計算是否接近實際值?			

表格 21 規劃訪談內容

本研究訪談得五位專家業者與綠色金融銀行代表，因行業或經營廣度與目的不太相同，各自都有自己的想法與見解，例如上市公司對市場與對建置案場的成本考量點，都與小型系統商有所不同。本研究根據這些專業人士說法加以重點整

理，若有在參數設計或基本假設有必要修正的，再予以補充說明。專業人士訪談意見與修改或補充說明如下表所示。

### 第三節 訪談結果與修正事項

光電相關業者專業訪談紀錄表					
目次	問卷內容	認同程度高	有其他看法	意見說明	內容修正
1.	各地區的平均日發電量 (PR 值)推算結果是否合理?	4 位 80%	1 位 (20%)	1.各地平均發電量區域範圍太廣，同一區臨山邊與距山 10 公里發電量差異可達 8~10%	雖然區域化分在同一縣市，臨山與近海確實有不同的日照結果。為確立研究範圍，只將該項結果另列為例外事項。
2.	太陽能板依據廠商保證書標示推算後為，每年減少 0.8%發電量是否合理?	4 位 (80%)	1 位 (20%)	有部份背貼模組每年衰退僅 0.52%	背貼高效能模組單價較高。本研究僅以最佳成本結構來推論。
3.	以住宅屋頂為建置標的，本研究推估後的關鍵組件購置費用是否接近實際成本?	5 位 (100%)		面板與變流器有市場行情，批量採購會降低成本	變流器更改為批量採購成本每 kW 降低 784 元
4.	承上:支撐架費用按裝成本是否合理?	3 位 (60%)	2 位 (40%)	1.一位表示公司安裝大部份以外包監工為主，成本沒那麼低。另一位表示，若能有 30 戶以上可以連續施工，其實部份工程仍有降低成本空	安裝量確實會影響成本結構，後續計算再調降 10% 費用。

				間。	
5.	承上:機電安裝與組件費用是否合理?	3 位 (60%)	2.位 (40%)	支架與機電工程人員工資佔 65% 以上比率。工程安排會影響成本結構。	若承接政府方案因量夠大成本將可再調降 10%。
6.	維運費用以造價的 18% 計算是否合理?	4 位 (80%)	1 位 (20%)	選擇廠牌會影響使用壽命，亦可以延長保固方式減少可能支出。	已於變流器費用成本再說明。
7.	太陽能模組以 20 年，變流器折舊含在維運內是否合理?	5 位 (100%)		有信譽的變流器廠牌，平均壽命可達 10 年。	
8.	計畫收入與公式運算是否合理?	5 位 (100%)		基本可行，亦有可能有其他變數，基本上具參考價值。	
9.	回收期限與投報率公式計算是否接近實際值?	4 位 (80%)	1 位 (20%)	20 年後該發電設備所有權屬誰，影響殘值效益。	以綠能屋頂政策而言，住戶僅提供出租屋頂，並無期滿後歸屬住戶之規定。

表格 22 訪談結果與修正事項

本文共請五位本行業相關的產業界人士來查驗，主要訪談內容為分析無融資回收期限與附加價值之參數是否正確，實際案場帶入各分項成本分析是否不會偏離市場行情，與最重要的發電收入關鍵因素既日照量各區的平均發電量 PR 值是否接近經驗值。經訪談結果並沒有完全反對或不能接受的想法，同樣的也給予許多寶貴意見，例如公司規模性或專業性會影響對成本的看法，具規模的公司其考量重點為重視信譽度與績效，因而代工合作的工程公司都具有相當的規模，同樣的成本也較高但效率佳，反而對於眾多小容量組成的光電屋頂施工與管理尚缺乏解決之道。而專注於代工的小規模廠商而言，其優點是彈性大，只要工作排程有相當規模成本能夠壓低，本研究將以上訪談所得的看法加以調整後，再行做財務面的基本假設與成本的數據來源。

### 3-1 其他影響成本的因素

成本結構除了關鍵組件外，流程與備料也占了相當大的因素，綜合專業人士意見歸納如下：

#### 1.申請文書與線路計算整合簡化：

申請文書是依照主管單位表單所規定輸入填寫，基本上不會有太大困擾，最主要錯誤原因為未核對清楚，缺件、與填寫錯誤，一項錯誤將延長申辦程序達 3 天以上。最好方法為送件前另請具有經驗者再審核一次，或自行重複確認。另申請文書作業程序，現階段已有專業送件公司，若考慮人事成本因素可交由送件公司處理，唯處理時效較慢。

#### 2.單線圖、銜接點配置圖模組化：

雖然台灣的房屋構造與面積差異相當大，但是屋頂面積一般皆在 50 坪以下，建議不要被房屋面積牽者走，為講求最佳效率化只能分四種，並以最佳面板片數與變流器組合來模組化設計圖，既 5.1kWp、10.2kWp、15.3kWp、19.8kWp 等四款。美國最大系統商 SolarCity 以租賃屋頂售電為主，亦以單位模組容量方式來配合屋頂面積。

#### 3.結構設計共用性分析：

機電、支撐架結構這兩款工序事實上材料成本僅 30~35%，絕大部份成本在人員組裝費用與配合成本上，尤其支撐架架設所占技術成本最高，材料成本可依照上述配置圖只規畫四種容量，

#### 4.施工方式模組式預組可能性：

支撐架設計為立柱高度是可組裝之型式，將可在施工前一次備貨所需要的量大幅降低成本。在工廠預先組裝好主要零件，到預定屋頂再行結構安裝亦可縮短安裝時數降低工資。

#### 5.營運維護降低成本：

根據統計太陽光電耗費最大的維運成本就是面板清潔，面板髒汙原因以當地空污狀況而定，通常久未下雨所造成的影響較大。若髒汙久未為經雨水沖刷自潔影響發電效能大約 8%。假如沒有依照天候規劃而以固定時間排定清洗，將很有可

能沒把清潔效果放在刀口上，這時數據收集器的功能就非常重要，收集發電資訊比較發電與日照比，將可發現需要清潔的案場，同時也不須短時期的定期巡檢，只要從收集器中發現異常訊息再前往處理，將可大幅減少人力浪費。

## 第四節 模擬綠能屋頂全民參與之效益空間

本估算是以廠商角度，計算參加甄選國家綠能屋頂全民參與政策，是否存有利潤空間。依以公告規範地方政府需整合 1 千戶以上屋頂，再公開甄選廠商。但因家數過於龐大，政府有意下修為每百戶為一個單位甄選。雖未定案本研究將以百戶為單位，每戶設定為可裝設 15.3KW 容量，來試算本金回報年限與投資報酬率來決定是否有投資價值。

### 4-1 無融資方案成本與財務估算

#### 1. 預算時間:

設立太陽光電從簽訂合約到建置完成大約需要 3 個月，而取得設備登記則須 1.5 個月，總而言之若取得綠能屋頂方案之客戶，因複雜度高時間規劃則必須以半年為基準。

營運年限評估期與台電簽約皆為 20 年為期。本研究採僅租屋頂 20 年後發電設備殘值仍屬於系統商所有。

#### 2. 太陽光電總裝置容量:

因綠能屋頂方案大部分是 40 坪以下，故折衷以 15.3kW 為假設每一單位發電容量，共可裝設 54 片設置容量為每片 300W\*51 片=15,300Wp=15.3kW。並以未來甄選可能最小的戶數 100 戶合計 1,530kW，為假設投資報酬依據。

#### 3. 太陽光電設備建置成本

##### ① 每 kW 建置成本:

本建置成本費用依拆項分析與經驗證後的成本為依據，包括光電板、變流器、方形鋼管支撐架、水電材料、直交流線材、直流保護開關箱、交流開關箱、躉售電表箱、與安裝人員工資等總和。經專業人士審查檢討後發現，支撐架與機電系統工資所佔比例偏高，量大有調降 10% 空間，變流器批量採購每 kW 可降低 784 元，經調整後每 kW 的建置成本為原推算之 41,230 元可降為 38,871 元。

②每戶之建置成本:

推論本全民參與方案平均屋頂面積在 20~30 坪之間，戶數以可能最小單位 100 戶推估，既每戶約 15.3kW。建置單位成本×裝置容量=15.3kW×38,871 元=594,726 元。

③變流器更新成本:

已包含在平均每年維運費用成本中。第 6~20 年總計造價的 18% 作為維修費用。

④營利事業所得稅:

營利事業所得稅本研究以"電力設備器材批發(464920)"類申報。本類別額定書審率:6%，所得標準:7%，毛利率 19%，淨利率:8%。營利事業所得稅計算方式為:[營業淨收入+非營業收入-非營業支出]×書審率 6%=課稅所得額。課稅所得額×稅率 17%=應納稅額。以電力設備器材批發(464920)類申報，經計算後應繳稅額約為 1.02%。如以經營自有發電設備而言，事實上設備並不需要再開出發票，進貨稅額可互抵作為庫存成本。需要開發票之類別為租金支出、電費收入等。因此本研究在稅額部份將以租金與電費收入外加上 1.02% 應繳稅額。

⑤每批甄選總設置成本與資金來源:

本研究將以全部是自有資金 100% 來作為資金來源，投入資金 100 場 15.3kW，=1,530 kW，每戶成本 594,726 元，100 場屋頂共需五千九百四十七萬二千六百元整。

⑥股東期望報酬率:

目前定存利率金 1% 左右，假設股東期望有十倍報酬率(10%)。

⑥折舊:

參與綠能屋頂方案並未規範 20 年後設備屬屋主，所以設備殘值仍為業者所有，唯殘餘價值尚難以估算，故假設以直線攤提方式殘值為零。本研究主要以回收成本的年限 20 年為主要評估法則，故假設投入建設資金成本後，每年折價幅度為建置成本均分 20 年折舊攤提。

⑦每年發電天數:

檢查並不一定要關機，只有維修或做漏電測試時才需要短暫關機，如有需要亦可運用傍晚後無發電時段檢修，因而一年正常以 365 天為運轉發電天數。

⑧光電板線性功率衰減:

依照廠商測試規格書說明，25 年線性功率保證達 80% 以上，故假設每年衰退為 0.8%。

⑨(PR 值)每日平均發電量:

前文已推論出相同縣市不同位置平均發電係數皆不同，相同縣市靠海發電量 (PR 可達 3.85) 會比靠山邊 (PR 約 3.56) 高，故本文假設為每日平均發電量值以 3.65 度/瓩(kWp) 為依據。

⑩通貨膨脹率:

為更精確考量投資效益，銀行專家建議把未來的現金收入加入通貨膨脹率，以期得到接近投資試算之目的。本表參考行政院主計總處，公示(消費者物價指數-對上年之漲跌幅度表)，酌以考量為運費用、IRR 投資報酬率計算、NPV 淨現值收益等，加計通貨膨脹率或未來現金折價率每年以 2% 幅度調整。

消費者物價指數對上年同月漲跌率(%)

西元/年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
與前一年比較%	0.18	1.26	-0.01	-0.2	-0.28	1.61	2.31	0.6	1.8	3.52
西元/年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
與前一年比較%	-0.87	-0.97	1.42	1.93	0.79	1.2	-0.3	1.39	0.62	1.66

整合上述各項數據，無貸款財務面基本條件列表如下:

類別	項目	數據
預算時間	評估~建置完成	6 個月
	營運年限	20 年
總建置容量	建置容量合計	1530 瓩(kWp)
躉售費率	20kW 以下(107 上)	6.2269
光電設備建置成本	每 kW 建置成本	38,871 元
	100 場 15.3kW 總建置成本	59,472,630 元
營利事業所得稅應繳稅額	464920 類書審申報	1.02%
資金來源	自籌 100% 資金	59,472,630 元
股東期望報酬率		10%
折舊率	依成本回收年限	0
PR 值(每日平均發電比)		3.65 度/瓩(kWp)
每年發電天數		365 天
光電模組線性功率		-0.8%/年

表格 23 無貸款財務面列表

#### 4-2 太陽光電收入來源規劃表

太陽光電設備係由投資者自行維護，台電公司僅以該電廠之發電量做為付款依據，因而售電是小型電廠最主要的營業收入來源。太陽光電自完工報竣後，即開始發電營運試運轉，下表為依據預估發電量扣除變數之數據所得到的營業收入預算。

營運年度	總設置量 kWp	PR 值 (度/瓩)	線性衰退 (-0.8%/年)	年發電日數 (日)	躉售費率 (元/度)	營運總收入 (元)
1	1,530 kWp	3.65	100%	365 天	6.2269	12,692,555
2	1,530 kWp	3.65	99.2	365 天	6.2269	12,591,014
3	1,530 kWp	3.65	98.4	365 天	6.2269	12,489,474
4	1,530 kWp	3.65	97.6	365 天	6.2269	12,387,934
5	1,530 kWp	3.65	96.8	365 天	6.2269	12,286,393
6	1,530 kWp	3.65	96.0	365 天	6.2269	12,184,853
7	1,530 kWp	3.65	95.2	365 天	6.2269	12,083,312
8	1,530 kWp	3.65	94.4	365 天	6.2269	11,981,772

9	1,530 kWp	3.65	93.6	365 天	6.2269	11,880,231
10	1,530 kWp	3.65	92.8	365 天	6.2269	11,778,691
11	1,530 kWp	3.65	92.0	365 天	6.2269	11,677,151
12	1,530 kWp	3.65	91.2	365 天	6.2269	11,575,610
13	1,530 kWp	3.65	90.4	365 天	6.2269	11,474,070
14	1,530 kWp	3.65	89.6	365 天	6.2269	11,372,529
15	1,530 kWp	3.65	88.8	365 天	6.2269	11,270,989
16	1,530 kWp	3.65	88.0	365 天	6.2269	11,169,448
17	1,530 kWp	3.65	87.2	365 天	6.2269	11,067,908
18	1,530 kWp	3.65	86.4	365 天	6.2269	10,966,367
19	1,530 kWp	3.65	85.6	365 天	6.2269	10,864,827
20	1,530 kWp	3.65	84.8	365 天	6.2269	10,763,287
總收入						234,558,415

表格 24 預估發電收入預算表

#### 4-3 成本計畫

成本結構在太陽光電系統中包含建置成本、維運成本、稅額。維運包括屋頂租金、清潔工資、材料耗損均攤、油資補貼、保險費用等。前文已推論出每 kW 的維運費用，單位量越大者營運成本越低，本試算表將以每個案場設定皆為 15.3kW 之規模量。前五年變流器保固中故不準備攤提，維運費前五年亦屬新品故障率低分配為 5 年後提高維修經費，並以年增 2% 計算費用。

類別	項目	金額(元)
建置成本	光電系統設備總支出	59,472,630
維運成本	屋頂租金	發電收入的 10%
	清潔工資、油資補貼、維修材料與工資，5 年後每年年增 2% 成本。	(前 5 年每 kW/183 元， 後 15 年每 kW/268 元起)
	變流器維修攤提(第 5 年後)	(每 kW/326 元)
	保險費用	4,400 (每 kW/288 元)
	合計每 kW(13,500/15.3)	882
	營利事業所得稅	發電收入的 1.02%
他項成本		

表格 25 建置與維運、所得稅成本表

#### 4-4 現金流量與回收年限分析

太陽光電設置期完成後即可掛表進入回收期，本文以建置成本-發電收入-各項費用=本金累計攤還方式，以稅後收益作為回沖建置成本，以取得回收年限與 IRR。內文則擷取本金攤還重點之時程為主。

自有資金現金流量表	建置期	營運期	營運期	營運期	營運期	合計
年度	0	1	6	9	20	
建置成本						
1. 太陽光電系統設備	59,472,630					
2. 變流器故障更換預	0	0	498,780	500,310	500,310	500,310
<b>建置費用合計</b>		0	498,780	498,780	498,780	7,481,700
營運收入						
1. 面板發電效率	0%	100%	96.0%	93.6%	84.8%	
2. 售電收入	0	12,692,555	12,184,853	11,880,231	10,763,287	
<b>售電收入合計</b>	0	12,692,555	12,184,853	11,880,231	10,763,287	234,558,415
維運成本						
1. 租金支出	0	1,269,255	1,218,485	1,188,023	1,076,329	
2. 維運維護費用支出	0	279,990	410,040	435,138	541,039	
3. 電子設備保險支出	0	416,308	416,308	416,308	416,308	
<b>維運成本合計</b>		1,965,554	2,044,834	2,039,469	2,033,676	40,272,952
設備攤提						
1. 光電系統設備攤提	0	2,973,632	29,736,315	29,736,315	29,736,315	
<b>設備攤提費用合計</b>		2,973,632	2,973,632	2,973,632	2,973,632	59,472,640
資金預算						
1. 無貸款自籌資金	59,472,630					
<b>自籌款合計</b>	59,472,630					
銀行綠能專案貸款						
1. 綠能貸款本金						
2. 綠能貸款本息支出						
3. 綠能貸款利息費用						
<b>綠能貸款支出合計</b>						
稅前損益		7,753,369	6,667,607	6,368,350	5,257,198	127,331,122
營利事業所得稅		116,518	111,857	109,061	98,807	2,153,246
稅後損益	-59,472,630	7,636,851	6,555,750	6,259,290	5,158,391	125,177,876
計畫現金稅後流入	-59,472,630	10,610,483	9,529,382	9,232,922	8,132,023	
累計現金稅後流入	-59,472,630	-48,862,147	2,204,626	30,200,183	125,177,886	125,177,886
NPV(計畫收益淨現值)	-59,472,630	-50,966,197	-12,746,410	5,961,910	58,918,927	
內部報酬率(IRR)			1.07%	9.39%	15.63%	
回收年期			6年9個月			
平均每日發電量(PR值)	3.65	(乘率)				
台電售電價格	6.2269	元/度				
太陽能板新啟用	100%					
太陽能板衰退率	0.8%	百分比				
總建置容量	1,530	kW				
建置系統單位成本	38,871	元/kW				

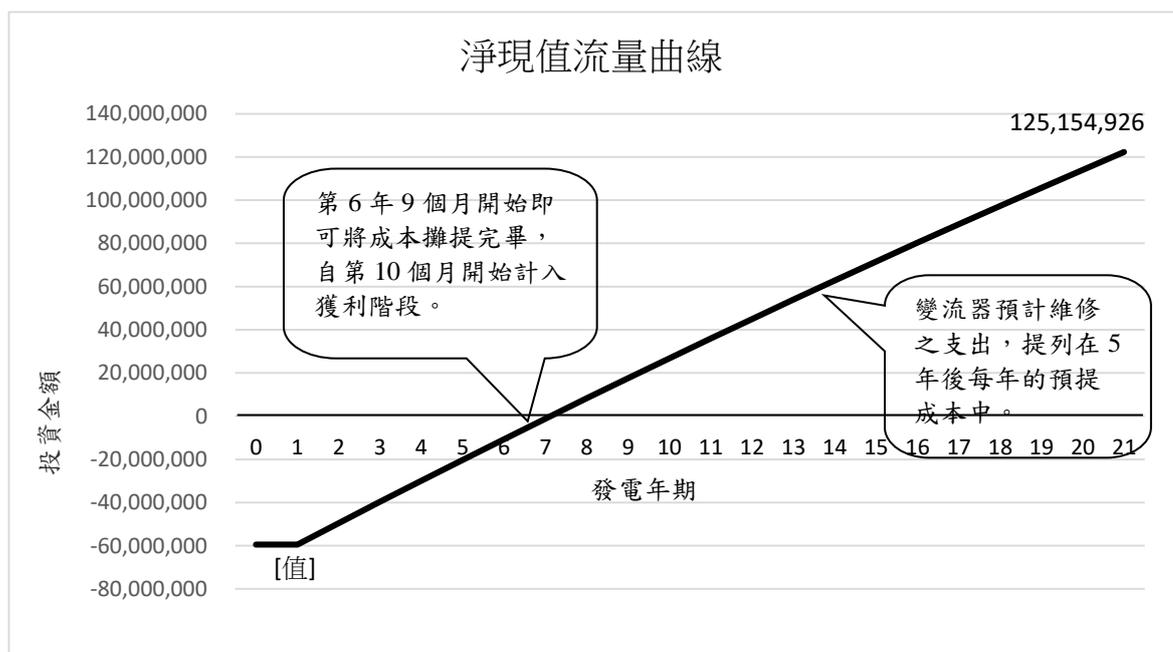
表格 26 現金回收預估表

本案例是採承接地方政府綠能屋頂全民參與方案，設定戶數為預計之最小單位 100 戶，租屋頂費用按政府規定標準最少 10%，計算是否具投資效益之財務分析，整理分析結果如下：

趨勢指標	分析結果
回收年期	6 年 9 個月
內部報酬率(IRR)	15.63%
NPV 計畫收益淨現值	58,918,927 > 0
期出投入	59,472,630
期末回收	127,308,172
稅後收益	125,154,926
剩餘價值	殘值未計

表格 27 試算結果表

由上表分析可知，太陽光電系統業務假如採自行設計、安裝、施工、管理其內部投資報酬率可達 20.05%。回收年限僅需 7 年一個多月即可回收投資成本，成本回收後仍有長達 12 年 10 個月售電期。表示參與此方案不僅可協助政府缺電危機，對於投資效益亦具有相當吸引力。標示淨現值流量曲線如下所示



圖表 14 淨現值流量曲線表

## 第五節 光電系統廠商合作的效益

---

對於家戶型太陽光電系統因為裝置容量較小，成本反之較高。於是能源局為擴大分散式能源的建立，亦以 20kW 容量以下以優惠的躉購費率鼓勵民眾裝設。為加速擴大屋頂型發電系統，能源局才推出改變現有模式，以地方政府整合民間有意願出租之屋頂，而將其轉介給甄選後的光電系統廠商承攬。

以目前光電系統業者而言，大略分成三種經營型態

電廠型：

- 1.經營型態；單案設置規模 250kW 以上。
- 2.經營特色；大型廠房、機關學校、農業設施屋頂、整府公告不適農業之地面型，以規模發電量創造價值。
- 3.組織型態；大部分以資本集資型態組織，開發為主、安裝與維運委外。負責管理監造為主，部份案場經營後打包出售于投資人，無區域性考量。

專業施工團隊型：

- 1.經營型態；單案規模 99kW 以上。
- 2.特色；開發與施工並行，但以專業代施工為主要模式。
- 3.型態；自有施工團隊，或部分發小包，並為客戶提供保固期維運服務。無區域性考量。

中小型 EPC 公司：

- 1.經營；單案設置規模大多數在 100kW 以下。
- 2.特色；自行開發、規劃、採購重要組件、施工或拆分發小包，以求最低成本。
- 3.型態；大部分員工人數 5 人以下，專攻大廠不願涉獵的中小型容量客戶，普遍較有區域性限制。

而依據能源局統計至 107.03 月截止，一年內所申請的同意備案資料顯示，每個案件的平均裝置容量大部份都在 100kW 以上，顯見家戶型 20kW 仍屬於待開發區域。

主要原因在於規模經濟問題，雖然有較佳的躉購費率但是案件規模小，但是請照程序皆與大案廠大部份相同，支撐架安裝、機電工程更因規模度問題，造成調度頻繁施工緩慢，工班施工無法展現效率，各戶屋主協調作業更是大麻煩，如果深度經營將會影響既有裝設市場進度，致使大型系統商追求效益並不涉獵進入家戶型安裝市場。唯台灣區域小，適合安裝的大型屋頂或地面終有減少的一天，廣大的透天型住宅、小型辦公室、廠房隨著政府政策推動，未來光電市場將會轉換到這個區塊。

縣市別	案件數	總裝置容量	平均裝置容量/kW
宜蘭	58	7,805	135
基隆	4	465	116
台北市	77	7,926	103
新北市	62	4,447	72
桃園市	399	87,008	218
新竹縣	213	50,317	236
新竹市	60	7,804	130
苗栗縣	308	39,510	128
台中市	440	63,016	143
彰化縣	696	232,199	334
南投縣	133	19,060	143
雲林縣	553	130,744	236
嘉義縣	400	79,024	198
嘉義市	73	5,547	76
台南市	1,108	210,126	190
高雄市	940	136,716	145
屏東縣	608	106,441	175
花蓮縣	33	4,732	143
台東縣	141	3,382	24
澎湖縣	137	4,998	36
合計	6,443	1,201,267	186

表格 28 能源局統計資料 各地裝置比數與容量

## 5-1 系統廠商特性分析

自有能源發展條例公布以來，太陽光電蓬勃發展經由市場自由競爭也逐漸堆積成新的產業，太陽光電產業出現，相同的亦造就出龐大的就業人口與商機。經由各相關行業的串聯整合也形成一個產業鏈，各有其難以取代之處。

### 綜合意見

中小型系統廠商	優勢	以設計安裝小型光電系統為主，綠能屋頂政策的目標客群符合既有生存模式，人力調度彈性大足以應付區域性設置需求。
	弱勢	設計與規劃能力較弱，且資本額與實績不符政策規定。
	未來挑戰	面臨租用市場的消失，或需拉高屋頂租金到與綠能專案相同。最後可能僅剩業主自行投資之自設系統市場可承接。
	機會	再生能源更加成熟後，關鍵組件將會持續下跌，系統造價亦有可能降價到一個甜蜜點，民眾對於發電系統的可靠性認同逐漸增加，亦將改變由原先只想出租屋頂，轉而自費建置以獲取較高利益。
大型系統廠商	優勢	結合模組生產廠有低成本條件，具備政策所要求的實收資本額與安裝實績量，有適當規劃人員與配合廠商足以應付本案規劃審查。
	弱勢	雖有大規模的安裝實績，但是卻無小案場的安裝經驗，應付過多的小案場將使得其他案場產生排擠效應，最終將須則一。
	未來挑戰	大案場愈來愈少，未來勢必往家戶型發展，但經營小案場人員與效益將大幅提高困難度。
	機會	政府政策性推動太陽光電，大型業者感受的利多成分最高，如果能保握本綠能屋頂政策，將可大案小案包辦，直接以最低成本切入原不屬於擅長的領域。

表格 29 系統廠商經營型態分析

中小型系統廠商即將面臨供需系統的改變，假如無因應措施往後恐將淪為代工者或離開市場，大型系統廠商夾模組生產廠合資之低成本優勢，倘若直接往小容量發展，在解決小規模之人力安裝與效率問題後，將可能把新興的綠能市場變成紅海市場，在自由競爭的原則下，消費者最有利。未來太陽光電發電成本將非常可能與市電售價相仿，屆時不須政策鼓勵太陽光電將成為建築體之必要設備。

反之，假如大型廠商能借用中小型系統商之優勢，將可補足自身之不足，兩者策略聯盟以區域劃分出責任單位，大型系統商以具資格的條件接下綠能屋頂

承租戶案，交由策略夥伴代為申請、安裝、維運，並提供主要關鍵組件維持材料品質。未來維運採用網路資料收集器，收集發電運作資訊並可了解發電品質與各分區之 PR 值，所收集之大數據不僅可以減少無謂的巡檢浪費，更可確定哪些區域擁有超乎正常的日照量與發電成果，在未來投資案場即可優先選擇該區域，以獲取最大發電量與收益。

## 第五章 結論與建議

台灣要發展綠色能源推動能源轉型，並期望在幾年後將再生能源比率占總電量的 4~5% 提升到 20%。以往要增加發電量就是蓋傳統火力、天然氣電廠甚至是核能電廠。但這些都是屬於集中型設備，且需要對外購買台灣所沒有的煤、天然氣、鈾等消耗品，假如運用台灣的產能優勢在風力、太陽光電等推廣，不僅可大幅減少對外燃料的採購，而且對新增的就業市場貢獻肯定大於集中型電廠。尤其是太陽光電可大可小的特性，造就相當多的廠商與從業人員，國家政策影響產業形成態勢，自由競爭環境下產業廠商亦須提升自己往效率市場靠近，適逢政府對綠能政策將有重大的新措施，使得本研究有著墨機會並期望能對本產業有參考價值。

### 第一節 結論

---

#### 1-1 太陽光電申辦流程與應注意事項

裝設太陽光電牽涉到多個主管機關，不是想像中只要把發電板裝上去就可開始享受綠電的好處，主要原因是安全、法規、管理控制的問題。太陽光電設置主要分為三段；第一階段台電併聯審查、細部協商、能源局同意備案、建築管理單位免雜項申請。第二階段支撐架設計安裝、發電板與機電系統安裝，這些都牽涉到安全、抗天候、耐久性等問題。第三階段掛表試運轉、設備登記等行政作業。本研究以申辦流程為例在行政手續上應處理的文件，還有重要的台電審查併聯常發生的錯誤，如何注意與避免。在第二階段時必須做好來料預加工、施工管理等。符合政府法律規範是最重要的，在申請免雜照之規範內如何配合屋頂形狀來以適當的支撐架建置好效能的發電系統。

#### 1-2 日照與發電量

本研究發現在相同縣市不同位置日照量也會不同，距空曠地區較近的如靠海、靠大型河流平坦區等或緯度靠南邊的，都會比山邊有更好的發電效果。模組

傾斜角度 0 度~20 度發電量差異不大約在 1.5% 以內，自潔效果則有較大差異。模組方位在正南方可得最佳發電效益，靠西南方 180~210 度會比東南方 150~180 度有較好的發電效益。日照量與發電量有直接關係，但是如能運用大數據收集個案場實際發電資訊，則比區日照量更有參考價值。

### 1-3 建置成本與投資報酬

經實際訪價與供應商實際查價，拆解各項流程成本，套入實際案場計算接近市場價格的系統成本，並經專業人士審查後評估，若有相當數量的小容量案場每 kW 的造價也可以壓低到 38,871 元(支撐架型式會影響最終價格)。運用 Excel 軟體推算並把經營管理費用、租金、設備維修攤提、保險等計算在內。以全部自有資金為例，NPV 第 9 年開始大於 0，內部報酬率以折現 2% 計算達 15.63%，折現後回收年期為 < 7 年，研究結果顯示投資綠能屋頂專案具有投資效益。但是雖然擁有比大案場更好的利潤卻可能會限制經營規模。100 場 15.3kW 的小容量案場產值，中型 250kW 僅需 8 個案場的發電量即可達到相同的發電收入，其中的人事成本管理費用差距亦甚大。

## 第二節 建議

---

### 2-1 政府政策對產業的影響

太陽光電廠商在營運上目前大致上有兩個方向，自建市場；以協助業主興建發電設備為主，賺取加工建置費用，租用市場；尋找可出租之屋頂，建立好發電設備後並維護之，以賺取發電量作為收入來源。目前第二種以租用市場為營運重心的廠商，普遍上是以較大裝置容量為主，期以減少經營成本並容易管理。目前小型家戶型事實上大部份皆以自設發電設備為主，僅有少量出租市場。目前政府正準備以公信力來整合好這片市場缺口，提供給有興趣的廠商承租。

如要承接地方政府綠能屋頂專案，承前頁所分析中小型系統廠商在政府未降低門檻前，是無足夠資本與實績量參與。而相反的大型系統廠商擁有足夠條件，

但卻對眾多小案場所組成的透天厝屋頂，顯得很困擾。本研究分析發現上倘若大型系統廠商能與中小型能源公司策略結盟，將可將自己的缺點轉化成優點，共同創造有利的條件。

美國 SolarCity 曾經是當地最大的太陽光電系統廠商，該公司以租用住宅屋頂來賺取售電差額為主。除了國民對於綠能認同外，當時亦受惠於政府的優惠政策包括稅率的讓減，以及系統建置成本高昂住戶對於自購設備顯有疑慮。但當這兩個條件逐漸縮減時，大環境就讓該公司幾乎無法生存。太陽光電模組與相關產品在裝置量擴大的同時產能也增加不少，致使目前太陽光電發電成本在台灣而言已經很接近市電價格，這表示未來太陽光電建置費用不再高不可攀，當市場普及後民眾對於太陽光電維護的資訊不對稱性漸消失，家戶型租用屋頂市場也有可能會逐步萎縮，取代而之的應是家戶型自建發電設備比率提升。

太陽能板壽命長達 25 年其發電功率仍達 80% 以上，唯仍有需更換的一天，建議支撐架材質應採用耐氣候腐蝕結構，屆時只需更換發電模組，支撐架亦可延用，以延續發電設施使用期限。

## 2-1 建築物用電大數據資訊收集運用

參與綠能屋頂專案或一般太陽光電案場為方便管理，通常需藉由網路來傳輸發電數據，由內建軟體分析發電效能與統計累計數據，而這只是單純運用在蒐集發電系統之資訊流。假如能結合感測元件，將建築物所屬重要設備連結，經年累月就得以分析出耗電與節電的環節，才能發現問題加以改善。這只是藉由原系統衍伸出的功能，理應可創造出更好的節電效果與更多的商機，值得後續研究者深入探討。



## 附 錄 自有資金投資現金流量表

自有資金投資現金流量表(1/5)

自有資金現金流量表	建置期	營運期		
年度	0	1	2	3
建置成本				
1. 太陽光電系統設備	59,472,630			
2. 變流器故障更換預	0	0	0	0
<b>建置費用合計</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
營運收入				
1. 面板發電效率	0%	100%	99.20%	98.4%
2. 售電收入	0	12,692,555	12,591,014	12,489,474
<b>售電收入合計</b>	<b>0</b>	<b>12,692,555</b>	<b>12,591,014</b>	<b>12,489,474</b>
維運成本				
1. 租金支出	0	1,269,255	1,259,101	1,248,947
2. 維運維護費用支出	0	279,990	279,990	279,990
3. 電子設備保險支出	0	416,308	416,308	416,308
<b>維運成本合計</b>		<b>1,965,554</b>	<b>1,955,400</b>	<b>1,945,246</b>
設備攤提				
1. 光電系統設備攤提	0	2,973,632	29,736,315	29,736,315
<b>設備攤提費用合計</b>		<b>2,973,632</b>	<b>2,973,632</b>	<b>2,973,632</b>
資金預算				
1. 無貸款自籌資金	59,472,630			
<b>自籌款合計</b>	<b>59,472,630</b>			
銀行綠能專案貸款				
1. 綠能貸款本金				
2. 綠能貸款本息支出				
3. 綠能貸款利息費用				
<b>綠能貸款支出合計</b>				
稅前損益		7,753,369	7,661,983	7,570,596
營利事業所得稅		116,518	115,586	114,653
稅後損益	-59,472,630	7,636,851	7,546,397	7,455,943
計畫現金稅後流入	-59,472,630	10,610,483	10,520,029	10,429,575
累計現金稅後流入	-59,472,630	-48,862,147	-38,342,118	-27,912,543
NPV(計畫收益淨現值)	-59,472,630	-50,966,197	-42,713,498	-34,709,559
內部報酬率(IRR)				
回收年期				
平均每日發電量(PR)	3.65	(乘率)		
台電售電價格	6.2269	元/度		
太陽能板新啟用	100%			
太陽能板衰退率	0.8%	百分比		
總建置容量	1,530	kW		
建置系統單位成本	38,871	元/kW		

自有資金投資現金流量表(2/5)

自有資金現金流量表	營運期			
年度	4	5	6	7
<b>建置成本</b>				
1. 太陽光電系統設備				
2. 變流器故障更換預	0	0	498,780	500,310
<b>建置費用合計</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>498,780</b>	<b>498,780</b>
<b>營運收入</b>				
1. 面板發電效率	97.6%	96.8%	96.0%	95.2%
2. 售電收入	12,387,934	12,286,393	12,184,853	12,083,312
<b>售電收入合計</b>	<b>12,387,934</b>	<b>12,286,393</b>	<b>12,184,853</b>	<b>12,083,312</b>
<b>維運成本</b>				
1. 租金支出	1,238,793	1,228,639	1,218,485	1,208,331
2. 維運維護費用支出	279,990	279,990	410,040	418,241
3. 電子設備保險支出	416,308	416,308	416,308	416,308
<b>維運成本合計</b>	<b>1,935,092</b>	<b>1,924,938</b>	<b>2,044,834</b>	<b>2,042,880</b>
<b>設備攤提</b>				
1. 光電系統設備攤提	29,736,315	29,736,315	29,736,315	29,736,315
<b>設備攤提費用合計</b>	<b>2,973,632</b>	<b>2,973,632</b>	<b>2,973,632</b>	<b>2,973,632</b>
<b>資金預算</b>				
1. 無貸款自籌資金				
<b>自籌款合計</b>				
<b>銀行綠能專案貸款</b>				
1. 綠能貸款本金				
2. 綠能貸款本息支出				
3. 綠能貸款利息費用				
<b>綠能貸款支出合計</b>				
稅前損益	7,479,210	7,387,823	6,667,607	6,568,020
營利事業所得稅	113,721	112,789	111,857	110,925
稅後損益	7,365,489	7,275,034	6,555,750	6,457,095
計畫現金稅後流入	10,339,121	10,248,666	9,529,382	9,430,727
累計現金稅後流入	-17,573,422	-7,324,756	2,204,626	11,635,353
NPV(計畫收益淨現值)	-26,949,502	-19,428,545	-12,746,410	-6,290,123
內部報酬率(IRR)	-12.72%	-4.25%	1.07%	4.78%
回收年期			6年9個月	

自有資金投資現金流量表(3/5)

自有資金現金流量表	營運期				
年度	8	9	10	11	12
建置成本					
1. 太陽光電系統設備					
2. 變流器故障更換預	500,310	500,310	500,310	500,310	500,310
<b>建置費用合計</b>	<b>498,780</b>	<b>498,780</b>	<b>498,780</b>	<b>498,780</b>	<b>498,780</b>
營運收入					
1. 面板發電效率	94.4%	93.6%	92.8%	92.0%	91.2%
2. 售電收入	11,981,772	11,880,231	11,778,691	11,677,151	11,575,610
<b>售電收入合計</b>	<b>11,981,772</b>	<b>11,880,231</b>	<b>11,778,691</b>	<b>11,677,151</b>	<b>11,575,610</b>
維運成本					
1. 租金支出	1,198,177	1,188,023	1,177,869	1,167,715	1,157,561
2. 維運維護費用支出	426,606	435,138	443,840	452,717	461,772
3. 電子設備保險支出	416,308	416,308	416,308	416,308	416,308
<b>維運成本合計</b>	<b>2,041,091</b>	<b>2,039,469</b>	<b>2,038,018</b>	<b>2,036,741</b>	<b>2,035,641</b>
設備攤提					
1. 光電系統設備攤提	29,736,315	29,736,315	29,736,315	29,736,315	29,736,315
<b>設備攤提費用合計</b>	<b>2,973,632</b>	<b>2,973,632</b>	<b>2,973,632</b>	<b>2,973,632</b>	<b>2,973,632</b>
資金預算					
1. 無貸款自籌資金					
<b>自籌款合計</b>					
銀行綠能專案貸款					
1. 綠能貸款本金					
2. 綠能貸款本息支出					
3. 綠能貸款利息費用					
<b>綠能貸款支出合計</b>					
稅前損益	6,468,269	6,368,350	6,268,261	6,167,998	6,067,557
營利事業所得稅	109,993	109,061	108,128	107,196	106,264
稅後損益	6,358,276	6,259,290	6,160,133	6,060,802	5,961,293
計畫現金稅後流入	9,331,908	9,232,922	9,133,765	9,034,434	8,934,925
累計現金稅後流入	20,967,261	30,200,183	39,333,948	48,368,381	57,303,306
NPV(計畫收益淨現值)	-55,410	5,961,910	11,765,937	17,360,685	22,750,088
內部報酬率(IRR)	7.44%	9.39%	10.86%	11.97%	12.83%
回收年期					

自有資金投資現金流量表(4/5)

自有資金現金流量表	營運期				營運期
年度	13	14	15	16	17
<b>建置成本</b>					
1. 太陽光電系統設備					
2. 變流器故障更換預	500,310	500,310	500,310	500,310	500,310
<b>建置費用合計</b>	<b>498,780</b>	<b>498,780</b>	<b>498,780</b>	<b>498,780</b>	<b>498,780</b>
<b>營運收入</b>					
1. 面板發電效率	90.4%	89.6%	88.8%	88.0%	87.2%
2. 售電收入	11,474,070	11,372,529	11,270,989	11,169,448	11,067,908
<b>售電收入合計</b>	<b>11,474,070</b>	<b>11,372,529</b>	<b>11,270,989</b>	<b>11,169,448</b>	<b>11,067,908</b>
<b>維運成本</b>					
1. 租金支出	1,147,407	1,137,253	1,127,099	1,116,945	1,106,791
2. 維運維護費用支出	471,007	480,427	490,036	499,836	509,833
3. 電子設備保險支出	416,308	416,308	416,308	416,308	416,308
<b>維運成本合計</b>	<b>2,034,722</b>	<b>2,033,989</b>	<b>2,033,443</b>	<b>2,033,090</b>	<b>2,032,932</b>
<b>設備攤提</b>					
1. 光電系統設備攤提	29,736,315	29,736,315	29,736,315	29,736,315	29,736,315
<b>設備攤提費用合計</b>	<b>2,973,632</b>	<b>2,973,632</b>	<b>2,973,632</b>	<b>2,973,632</b>	<b>2,973,632</b>
<b>資金預算</b>					
1. 無貸款自籌資金					
<b>自籌款合計</b>					
<b>銀行綠能專案貸款</b>					
1. 綠能貸款本金					
2. 綠能貸款本息支出					
3. 綠能貸款利息費用					
<b>綠能貸款支出合計</b>					
稅前損益	5,966,935	5,866,129	5,765,134	5,663,947	5,562,563
營利事業所得稅	105,332	104,400	103,468	102,536	101,603
稅後損益	5,861,603	5,761,729	5,661,666	5,561,411	5,460,960
計畫現金稅後流入	8,835,235	8,735,361	8,635,298	8,535,043	8,434,592
累計現金稅後流入	66,138,541	74,873,902	83,509,200	92,044,243	100,478,835
NPV(計畫收益淨現值)	27,937,998	32,928,188	37,724,354	42,330,116	46,749,018
內部報酬率(IRR)	13.50%	14.03%	14.46%	14.80%	15.07%
回收年期					

自有資金投資現金流量表(5/5)

自有資金現金流量表	營運期			
年度	18	19	20	合計
<b>建置成本</b>				
1. 太陽光電系統設備				
2. 變流器故障更換預	500,310	500,310	500,310	500,310
<b>建置費用合計</b>	<b>498,780</b>	<b>498,780</b>	<b>498,780</b>	<b>7,481,700</b>
<b>營運收入</b>				
1. 面板發電效率	86.4%	85.6%	84.8%	
2. 售電收入	10,966,367	10,864,827	10,763,287	
<b>售電收入合計</b>	<b>10,966,367</b>	<b>10,864,827</b>	<b>10,763,287</b>	<b>234,558,415</b>
<b>維運成本</b>				
1. 租金支出	1,096,637	1,086,483	1,076,329	
2. 維運維護費用支出	520,030	530,430	541,039	
3. 電子設備保險支出	416,308	416,308	416,308	
<b>維運成本合計</b>	<b>2,032,975</b>	<b>2,033,222</b>	<b>2,033,676</b>	<b>40,272,952</b>
<b>設備攤提</b>				
1. 光電系統設備攤提	29,736,315	29,736,315	29,736,315	
<b>設備攤提費用合計</b>	<b>2,973,632</b>	<b>2,973,632</b>	<b>2,973,632</b>	<b>59,472,640</b>
<b>資金預算</b>				
1. 無貸款自籌資金				
<b>自籌款合計</b>				
<b>銀行綠能專案貸款</b>				
1. 綠能貸款本金				
2. 綠能貸款本息支出				
3. 綠能貸款利息費用				
<b>綠能貸款支出合計</b>				
稅前損益	5,460,980	5,359,193	5,257,198	127,331,122
營利事業所得稅	100,671	99,739	98,807	2,153,246
稅後損益	5,360,309	5,259,454	5,158,391	125,177,876
計畫現金稅後流入	8,333,941	8,233,086	8,132,023	
累計現金稅後流入	108,812,776	117,045,863	125,177,886	125,177,886
NPV(計畫收益淨現值)	50,984,532	55,040,059	58,918,927	
內部報酬率(IRR)	15.30%	15.48%	15.63%	
回收年期				