

2014中華民國營建工程學會第十二屆營建產業

永續發展研討會

光電建築外牆經濟效益分析之研究

吳韻吾 (Yun-Wu Wu) 中國科技大學 建築系所 副教授	楊立明 (Li-Ming Young) 中國科技大學 建築系所 講師	蔡正華 (Zheng-Hua Cai) 中國科技大學 建築系所 研究生	徐伊婷 (I-Ting Hsu) 中國科技大學 建築系所 研究生
---	--	---	--

摘要

未來是太陽能替代大部份能源需求的綠色能源，世界各國大量研發太陽能發電設施設備，然而台灣位處亞熱帶地區，太陽能資源豐富，如何有效將太陽能源儲存運用，已成為研究之課題。

本研究探討建築整合太陽能(BIPV)設施設備之議題，太陽能發電應用在建築物外牆是否有經濟效益為本研究之研究重點。

本研究主要目的在探討建材一體型太陽電池模板(BIPV)在建築物外牆建置後所產生之經濟效益與投資可行性。本研究以淨現值(NPV)與回收期間法(Payback period)分析應用建材一體型太陽電池模板(BIPV)在外牆之經濟效益，研究結果顯示，無論以淨現值(NPV)或回收期間法(Payback period)檢驗在 14 年期間內即達到損益平衡，屬於投資可接受範圍，相關研究可供業界參考。

關鍵詞：BIPV、經濟效益

BIPV facades economic effectiveness analysis

Abstract

Solar energy is human need of the majority of alternative green energy in the future. A large number of solar power generation facilities and equipment are researched and developed around the world. Taiwan is located in subtropical regions, rich in solar energy resources, and how to effectively use solar energy storage has become a subject of research.

This study explores the issue of solar building integration (BIPV) facilities and equipment. The focus of this research is to study whether the application of solar

power applications in building facades exist economic effectiveness.

The main purpose of this study is to explore the economic effectiveness and investment feasibility of the building material integrated solar cell template (BIPV) built upon building facades, and to analyze the economic effectiveness of a the building material integrated solar cell template (BIPV) in the outer wall by net present value (NPV) method and t payback period method.

The results show that either net present value (NPV) or payback period method is reached breakeven within a period of 14 years. This result is the acceptable range of investment, and to be reference for industry.

Keywords : BIPV 、 Economic effectiveness

一、前言

近期石油價格波動劇烈，各種新興替代能源的發展與使用，逐漸成為 21 世紀的能源政策主流，能源生產的安全和成本是最重要的考量。傳統石化能源不可避免的帶來嚴重的環境問題，而台灣在這方面始終需依賴進口，故有開發其他替代性能源的必要。由於核能發電因各種天災及人為疏失，發生意外的事件層出不窮，畢竟，在土地面積小且人口密度高的台灣，實在無法承受核安事件，我國核能發電廠雖開始運轉，但由於原料未能自給，但必須依賴進口，設備、技術亦需依賴外援[1]。故發展太陽能是降低對進口能源及降低對核能發電依賴的為最可行解決方式。

太陽能是外來到達地球最多的能源，太陽能最大的特徵是它的不變性，它不從地球上帶走任何東西，也不帶來污染，有光有熱，分布廣闊，容易獲得，同時是世界上最豐富最永久性的能源，因太陽能有清潔、安全、不受任何國家壟斷，取之不盡、用之不竭的優點。隨著太陽光電系統應用技術的成熟，將太陽能光電系統導入民生供電用途做為建築之輔助電力系統，已逐漸為一般民眾所接受，建築師在建築規劃中也逐漸將其納入為設計上考量評估之設備項目之一[2]。

所謂的太陽能其最大特點在於它的不變性，分佈廣泛而且容易獲得，更由於該能源是不受任何國家所壟斷及控制，且使用之後也不會產生任何污染物質，既環保又不虞匱乏[3]，因此如何將此能源有效儲存為各國研究之目標。目前台灣亞熱帶氣候特性來看，日照讓晝光利用在照明節能上大有可為。本研究即針對太陽能於商場建築物外牆的效益評估作探討，以利發展太陽能發電時的參考。

二、文獻回顧

2.1 建材一體型太陽電池模板(Building Integrated Photo Voltaic, 簡稱 BIPV)

所謂建材一體型太陽光電系統(BIPV)乃是開發具有建材功能之太陽光

電模版 (PV module)，然後以建築設計手法將太陽能光電模版導入建築物本體，讓 BIPV 的系統元件不止可以發電並且也是建築外殼的一部份。

因此，BIPV 是一種可反應風土氣候之被動式(passive)綠色建築設計手法，其不僅具有發電及儲能的經濟效益，更可進而替代既有建材，並且結合遮陽處理、採光照明等設計手法，以獲得建築節能效益。太陽能光電板做為建築面材或構材的一部份，亦給予建築物更深一層的定義，即使建築物活化、有機化。建築物從傳統的「被動式」構架走向「主動式」的格局，建築物的外表不僅是做為外殼，亦有發電、儲熱等其他主動功能。

BIPV 在建築物中，主要應用在屋頂(設置於屋頂上或直接作為屋頂之構材)、外牆(雙層牆或直接作為外牆構材)、遮陽板(取代傳統做法，以太陽能光電板做為遮陽板)[4]。根據英國「環境與氣候變遷期刊」所登載之文獻(GhaffarianHoseini etal,2013)，將智慧立面(Intelligent Facades)分類如下：(1)雙層牆立面(Double-skin Facades)、(2)雙層玻璃立面(Double-Glazing Facades)、(3)通風立面(Ventilated Façade)、(4)可動式立面(Kinetic Facade)、(5)太陽能立面(Solar Facade)。本研究是以第五項太陽能立面(Solar Facade)研究並且加以探討分析說明[5]。

2.2 經濟效益評估模式

2.2.1 淨現值 (NPV)

在評估完計畫所涵蓋期間的成本與效益後，需要標準來作為決定，可由多項來選擇投資計畫準則，或據以安排各計畫的優先順序，而有選擇投資標準的問題。投資計畫可使經濟社會在未來期間享受效益或負擔成本。通常擬議每個投資計劃都有不同時間模式的成本效益。本研究僅考量成本、時間、折現率，並選擇以淨現值法(Net Present Value, NPV) 計算對於經濟社會獲得最大的淨效益。公式如下：

$$NPV = \sum_{t=1}^N \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

其中， C_t =t年期間所發生的所有成本， N =分析年限， i =折現率。

2.2.2 回收期間法(Payback period)

回收期間法是資本預算的評估方法當中，最簡單且很普遍的判斷法則，回收期間係衡量最初投資金額要經過多久的期間才能完全回收，決策準則為：若回收期間小於「最長可接受回收期間」，則接受投資方案；若回收期間大於「最長可接受回收期間」，則拒絕投資方案。

回收期間法的公式如下：

$$T = \frac{P_0}{CF}$$

其中，T 表回收期間(年數)， P_0 表最初投資金額，CF 表每年淨現金流入。

回收期間越短表示投資風險越低，反之，投資風險越高。然企業如何決定其最適回收期間，則缺乏一個客觀的理論，完全由企業主的主觀認定。這種方法的優點在於計算簡單且容易了解，實務界常使用這種方法。

2.3 小結

BIPV 屬資本密集與技術密集之工業，該期計畫的可行性分析外，更為重要的是財務方面的計算，本研究是以太陽能立面作為研究，運用回收期間法與淨現值應用在建材一體型太陽光電系統 (BIPV) 的經濟效益及回收期間探討分析。因此，如何評估運用和執行財務規劃及籌資策略，以最符經濟成本完成興建，在對於營運期間中最有效的經營，都必須審慎評估並擬投資策略。

三、實際案例

本研究某案例為台灣地區大樓建築太陽光電外牆，經過評估其建置成本、發電功率、日照強度等項目，綜合後之財務模型數據如下：建置總成本 NT\$15,000,000 元，第一年發電度數*每度電價=3,380,765 元(假設逐年遞減 10%)，每年維護保養費用、保險費用、管理費用、其他稅費合計 481,000 元(由於保險費及維護費以合約固定金額，其他項目費用金額不高，故不考慮物價變動)，利率 $i=5\%$ ，年數 15 年。本研究以台電公告 103 太陽能光電費用收購約 7 元/度，表 1 所示[6]。

表 1 年 103 年度太陽能發電設備躉繳費率

太陽光電發電設備電能躉購費率				
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 10 瓩	7.0738	6.9875
		10 瓩以上不及 100 瓩	6.3398	6.2607
		100 瓩以上不及 500 瓩	5.9225	5.8001
		500 瓩以上	5.1309	5.0229
	地面型	1 瓩以上	4.8214	4.7279

表 2 淨現值分析

淨現值(NPV)分析 利率 i=5%					
期初	建置成本	現金流出	15,000,000		
年度	現金流入	現金流出	現金流入淨額	現值因子	現金流入淨現值
1	3,380,765	481,000	2,899,765	0.952381	2,761,681
2	3,042,689	481,000	2,561,689	0.907029	2,323,527
3	2,738,420	481,000	2,257,420	0.863838	1,950,044
4	2,464,578	481,000	1,983,578	0.822702	1,631,894
5	2,218,120	481,000	1,737,120	0.783526	1,361,079
6	1,996,308	481,000	1,515,308	0.746215	1,130,746
7	1,796,677	481,000	1,315,677	0.710681	935,027
8	1,617,010	481,000	1,136,010	0.676839	768,896
9	1,455,309	481,000	974,309	0.644609	628,048
10	1,309,778	481,000	828,778	0.613913	508,797
11	1,178,800	481,000	697,800	0.584679	407,989
12	1,060,920	481,000	579,920	0.556837	322,921
13	954,828	481,000	473,828	0.530321	251,281
14	859,345	481,000	378,345	0.505068	191,090
15	773,411	481,000	292,411	0.481017	140,654
合計	26,846,958	7,215,000	19,631,958		15,313,678
NPV					313,678

根據表 2，在資年成本 5% 的假設下，NPV>0，表示此專案有投資的可行性。

表 3 回收期間法(Payback period)分析

回收期間法(Payback period)分析 利率 $i=5\%$

年度	建置成本	現金流入	現值因子	現金流入淨現值	累計數
期初	15,000,000			-15,000,000.00	
1		2,899,765	0.952381	2,761,681	2,761,681
2		2,561,689	0.907029	2,323,527	5,085,209
3		2,257,420	0.863838	1,950,044	7,035,253
4		1,983,578	0.822702	1,631,895	8,667,147
5		1,737,120	0.783526	1,361,079	10,028,227
6		1,515,308	0.746215	1,130,746	11,158,973
7		1,315,677	0.710681	935,027	12,094,000
8		1,136,010	0.676839	768,896	12,862,896
9		974,309	0.644609	628,048	13,490,944
10		828,778	0.613913	508,798	13,999,742
11		697,800	0.584679	407,989	14,407,731
12		579,920	0.556837	322,921	14,730,652
13		473,828	0.530321	251,281	14,981,933
14		378,345	0.505068	191,090	15,173,023
15		292,411	0.481017	140,655	15,313,678

根據表 3，建置成本於第 14 年可完全回收，且仍有淨現金流入。

四、結論與建議

本研究主要以淨現值(NPV)表 2 所示與回收期間法(Payback period)表 3 所示評估某實際案例，研究結果發現投資期間達到第 14 年時即可回本，且低於 20 年之設備生命週期，在經濟效益若台電保證回收電價每度 7 元，則屬於可投資項目，由於太陽能屬於潔淨能源，值得政府堆動，相關研究提供產官學界參考。

參考文獻

- [1] 徐明同，紀水上，1975，臺灣梅雨之預報，氣象預報與分析，第 63 期，5~11。
- [2] X.Q.Zhai，R.Z.Wang，J.Y.Wu，Y.J.Dai，Q.Ma，2007，「Solar Integrated Energy Syetem for A Green Building」，Energy and Building，39，p985-p993。
- [3] GhaffarianHoseini, A., Berardi, U., GhaffarianHoseini, A., & Makaremi, N. (2012). Intelligent facades in low-energy buildings. British Journal of Environment and Climate Change, 2(4), 437-64.
- [4] 鄭政利，詹肇裕，& 徐豪廷。(2009)。太陽光電系統導入建築構造計畫及外殼設計之研究。設計學報 (Journal of Design), 8(3)。
- [5] 邱清泉，2003，"台灣地區推廣太陽能發電系統之研究"，大葉大學碩士論文。
- [6] http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-b33.aspx?LinkID=8