



# 綠色 節能

產業及應用

徐作聖、鍾佩翰、邱瑞涼·著

國立交通大學出版社



# 綠色 節能

產業及應用

徐作奎、鍾佩翰、邱瑞淙·著

國立交通大學出版社

國家圖書館出版品預行編目資料

綠色節能產業及應用 / 徐作聖、鍾佩翰、邱瑞淙  
著. -- 初版. -- 新竹市 : 交大出版社, 民  
100.11  
面 : 公分  
ISBN 978-986-6301-32-2 (平裝)  
1. 能源技術 2. 產業發展 3. 能源政策  
400.15 100022451

## 綠色節能產業及應用

---

著 者：徐作聖、鍾佩翰、邱瑞淙  
出 版 者：國立交通大學出版社  
發 行 人：吳妍華  
社 長：林進燈  
行政編輯：程惠芳  
封面設計：林怡君  
內文設計：華剛數位印刷有限公司  
地 址：新竹市大學路1001號  
讀者服務：03-5736308、03-5131542  
(周一至周五上午8:30至下午5:00)  
傳 真：03-5728302  
網 址：<http://press.nctu.edu.tw>  
e - m a i l：[press@cc.nctu.edu.tw](mailto:press@cc.nctu.edu.tw)  
出版日期：民國一〇〇年十一月初版  
定 價：450元  
ISBN：978-986-6301-32-2  
GPN：1010003606

---

展售門市查詢：國立交通大學出版社<http://press.nctu.edu.tw>

或洽政府出版品集中展售門市：

國家書店（台北市松江路209號1樓）

網 址：<http://www.govbooks.com.tw>

電 話：02-25180207

五南文化廣場台中總店（台中市中山路6號）

網 址：<http://www.wunanbooks.com.tw>

電 話：04-22260330

著作權所有 侵權必究

## 序一

科管所徐作聖教授邀請我為他們的新書《綠色節能產業及應用》為序，本人甚為欣慰。在金融海嘯影響下，產業結構轉型成為各界矚目的議題，但先前規劃的生物技術和奈米技術等及相關產業似乎也不足以啟動經濟，世界各國不約而同地把目光轉向了近年迅速竄紅的新興再生能源。在傳統化石能源枯竭、全球暖化及環保的多重誘因下，新興再生能源被提升到前所未有的高度，各國對新興再生能源的投入呈現加速之勢，新興再生能源似乎成為全球發展的重點。在全球節能減碳的聲浪中，此議題的重要性更是不可言喻。

新興能源領域是 21 世紀明星產業，也是朝野關注的焦點；其範圍涵蓋再生能源、智慧型電網及先進電錶基礎設施、再生能源周邊產業、市場應用及政策分析等，是國家發展重大的議題，不但攸關未來的生活環境及科技產業發展，也是台灣未來經濟成長的重要源頭。

徐教授等人所著《綠色節能產業及應用》一書，是從科技管理及能源政策的角度，來探討產業發展的前景。書中內容也針對產業沿革、未來趨勢、先進廠商策略、先進國家政策等議題，深入淺出介紹系統及周邊產業的發展，是一部精彩的教科書。

徐作聖教授近 5 年來積極投入新興再生能源及智慧型電網的研究，基於過去近 30 年理工及管理累積的經驗，以及多年來在「科技研發」、「科技政策」與「新興產業」方面的心得，結合新興再生能源科技、政策、管理及發展策略，乃為國內科技管理界在此領域的研究者先驅，計指導相關領域碩士論文共 47 篇及專書 2 冊。

徐作聖教授具有分析化學博士學位及 MBA 學位，在經歷了美國產業 11 年的工作經驗後，自 1993 年返國服務，任教於交通大學科技管理研究所至今。徐教授曾獲頒 2009、2007 年 IAMOT 學會二次傑出研發獎及 2010 年國科技會優秀人才獎。徐教授研究領域聚焦於「國家創新系統暨科技政策」、「國家及產業之組合分析」、「創新密集服務模式」、「創新策略及管理」與「高科技經營策略」等領域的研究，共發表多篇期刊論文、會議論文、專書、計劃研究報告及報章雜誌評論文章；並將研究成果應用於教學中，新創造超過 20 門以上新興科技管理課程，領域涵蓋：創新管理、高科技行銷、產業分析、服務業創新、科技政策國家創新系統、再生能源及智慧型電網等。

國立交通大學 校長





2011年春，在美國量化寬鬆政策、通貨膨脹及匯率波動起伏不定、全球重大天災頻繁等因素下，全球經濟發展的產生了高度的不確定性，而中東、北非的持續動亂使得油價再度突破百元關卡。對於仰賴進口原油的新興經濟體（如台、韓），資金外流及通貨膨脹的壓力尤為嚴峻，對於政府及產業都是前所未有的挑戰，新興再生能源及節能技術的發展再次成為全球發展的重點。

在哥本哈根及墨西哥坎昆會議相繼以失敗收場，意謂著：節能減碳的單一誘因極無法成就綠色產業的發展，而現今加上生存競爭及經濟發展的額外誘因，新興再生能源及節能技術的發展必將成為各國競相發展的主軸。

新興能源領域包括再生能源（Renewable Resources）、智慧型電網及先進電錶等基礎設施、再生能源週邊產業、市場應用及政策分析。由於再生能源產業之高複雜度，不同經營策略及企業定位，乃至於政策規劃，均牽涉到技術細節、對產業結構的深度瞭解，絕非傳統經濟學或管理學所能輕易勝任，故本書的目的之一在於提供產業一些策略性的思維，以利產業發展。

再生能源本身是系統結構性產業，其產業供應面及需求面多點互相矛盾之處，尤為重要的是再生能源產業本身也是極端耗能產業，其耗能量經常大於所能源產生的能量。另外，再生能源的供應端屬高科技系統整合的



製造業；而需求端則屬結構性的大型公共建設服務業。在技術發展方面，系統整合及設計能力為最大關鍵，而在產業部分，技術非標準化但取代性較高，科技及應用重視系統整合、產業群聚、成本、差異化優勢、客製化系統服務等。在能源應用及服務業方面，重視電網基礎設施及多元化電力供輸系統、電價、公安、環保、永續經營等項目。

針對全球再生能源產業而言，產業結構尚未形成，市場縱深不足，技術標準化及經濟規模尚未落實。另外，能量密度不足，發電力較小，價格競爭力不足，而銜接大型電網基礎設施尚未建立，更是擴大市場縱深的最大瓶頸。由於再生能源系統供電能力不足，無法與傳統的火力發電或核電在成本上有競爭力，政府出資補助是不可避免的現實，故政策分析也為產業發展重點。

從綠色產業技術應用的角度來看，再生能源技術及應用領域涵蓋甚廣，電力密度及成熟度也各異，故牽涉到多重因素的考量，包括環保及節能減碳、經濟發展、上網電價政策規劃及管理、公共投資及優惠政策、產業競爭、技術升級、電力應用效率及成本管控、國家能源安全、智慧型電網基礎設施開發等關鍵議題。

在節能減碳及產業的平衡發展上，節能技術升級及市場應用才是關鍵。產業是企業的組合，企業根據其內部資源、外部競爭情勢、本身願景等因素，規劃其短、中、長程的發展策略，其中包括了科技及其它資源的運用，而外部市場與產業環境的評體（競爭面）是不可或缺的重點。這種競爭面產業情勢的評估包含了全球產業與技術生命週期、產業價值鏈、水平與垂直狀況、競爭者分析、產業群聚等因素，這些資訊提供了經營者對未來策略定位的準則。

在綠色應用及產業的平衡發展上，線性式的傳統產業發展模式不足取，

效能導向的多元化綠能應用、合作技術發展才是「硬道理」。以台灣現有的產業及財務結構，似乎難以立即實現減碳政見的目標，但短、中、長期的規畫必須符合台灣的客觀條件。而更關鍵的在於：政府應根據台灣產業現況及未來發展藍圖，以綠色應用為中長程目標、以產業技術升級為短程目標，也就是「在地化」微電網策略的實踐。

在此，2009年諾貝爾經濟獎得主歐斯壯教授所提之「社區」概念、宏觀維基經濟學（Macro-Wikinomics）之「合作開發、利益分享」分散式網絡策略，提供台灣綠能產業發展的重要藍圖。在智慧型電網發展尚未完成的階段，地區性微電網應用及專業化市場優勢的形成至為關鍵，它不但能疏解再生能源技術的通路，更能以「水到渠成」之勢形成網絡結構，為未來智慧型電網發展完成紮根約工作。

首先，智慧型電網是有效提升分散式電力系統的關鍵，其發展應與綠能技術同步，如此才能產生綜效，而綠色技術之選項應以效率為基準，不該局限於某項單一技術，高效率、混合型分散式的電力系統更能符合「社區」概念及維基經濟學的精神。另外，台灣市場幅員狹小，不但難以達到規模經濟及成本優勢的目標，更是產業技術投資難以為繼之主因，故「使用者付費」及以價格為基礎的綠能應用是現階段最務實的策略。

本書以實務的角度，探討21世紀再生能源發展的產業分析及案例，提供大學技術及管理領域同學參考。全書編排根據綠能專業領域（domain Knowledge）、週邊產業及零組件、綠能應用技術及綠能政策為基礎，共分六大部份、十八章，其範圍包括：

第一部份：第1章，緒論

第二部份：第2-7章，分述光電太陽能、集光式太陽能、風能、熱泵、潔淨煤、碳捕獲等核心專業領域





第三部份：第 8-10 章，分述超級電容器及能源儲存、磷酸鋰鐵電池及電動車應用、不斷電系統等週邊產業及零組件產業發展概況

第四部份：第 11-13 章，包含綠建築、住家能源管理、智能型農業溫室等綠能應用技術領域

第五部份：第 14-17 章，包含能源政策及理論、綠色能源政策、智慧型電網政策、先進電錶基礎建設政策等綠能政策

第六部份：第 18 章，結語

而產業研究人員也能透過產業深度分析，探討未來發展策略及趨勢，針對台灣的產業發展現況，配合現有產業理論，探討產業界實務作為，是研究再生能源產業發展中，極具參考價值的書籍。

本書的分析模式，以「產業組合規劃」（Industrial Portfolio）分析模式及「創新密集服務平台分析模式（Innovation Intensive Service, IIS）」為主軸。「產業組合規劃」是針對產業技術相對成熟，應用市場穩定式長，其競爭優勢主要源自於產業群聚（Clustering）、市場佔有率、規模及成本優勢等條件，如太陽能電池、風能、潔淨煤等產業；而 IIS 模式主要分析的對象為產業結構未定，技術及應用領域持續演進，是典型生產型服務業的應用，其競爭力主要源自於基礎建設、市場規模及商業模式等條件，包括碳捕獲、智慧型電網等產業。

筆者近三年來積極投入新興再生能源的研究，基於過去十年在「國家創新系統」、「國家及產業之組合分析」、「創新密集服務模式」、「創新策略及管理」與「高科技經營策略」的研究，以及多年來在「科技政策」與「新興產業」方面累積的心得，應用於台灣新興再生能源發展策略。多年來，共累積多篇期刊論文及再生能源相關之碩士論文共 56 篇。

本書的讀者可包含任何對新興再生能源技術與產業轉型策略有興趣的人士，如果實務界、政府界、研究機構、及學術界的先知與朋友能因閱讀本書而激發出一些策略性的思考，進而致力於產業策略的研究與競爭優勢的提升，這也是筆者為書的最大心願。由於成書倉促，疏漏之處在所難免，希望各界能不吝予以指教。

最後，筆者要感謝交通大學科技管理研究所同仁的協助，以及筆者所指導的研究生的努力。母親徐張靜如女士的養育與悉心照顧更是激發我積極從事的動力，在此獻上我最深誠的謝意。

徐作聖 鍾佩翰 邱瑞淙

庚寅年春 識於新竹



# Content 目錄

序一	I	4.3 產業發展	77
序二	III	4.4 產業價值鏈與魚骨圖	78
<b>I. 緒論</b>		4.5 全球產業發展概況	79
<b>第一章 綠能產業發展現況</b>	2	4.6 產業建議政策工具	84
1.1 前言	2	4.7 參考書目	90
1.2 綠色能源產業發展現況與趨勢	3	<b>第五章 熱泵產業</b>	91
1.3 產業分析研究方法	12	5.1 產業背景	91
1.4 參考書目	23	5.2 產業定義	91
<b>II. 綠能產業</b>		5.3 產業發展歷程	96
<b>第二章 太陽光電產業</b>	26	5.4 產業價值鏈與魚骨圖	98
2.1 產業背景	26	5.5 全球產業發展概況	100
2.2 產業定義	27	5.6 產業建議政策工具	103
2.3 產業發展	28	5.7 參考書目	106
2.4 產業價值鏈與魚骨圖	33	<b>第六章 潔淨煤產業</b>	108
2.5 全球產業發展概況	36	6.1 產業背景	108
2.6 產業建議政策工具	44	6.2 產業定義	109
2.7 參考書目	50	6.3 產業發展	113
<b>第三章 集光式太陽熱能產業</b>	53	6.4 產業價值鏈與魚骨圖	115
3.1 產業背景	53	6.5 全球產業發展概況	117
3.2 產業定義	53	6.6 產業建議政策工具	120
3.3 產業發展	57	6.7 參考書目	125
3.4 產業價值鏈與魚骨圖	60	<b>第七章 碳捕獲產業</b>	127
3.5 全球產業發展概況	62	7.1 產業背景	127
3.6 產業建議政策工具	67	7.2 產業定義	127
3.7 參考書目	72	7.3 產業發展	133
<b>第四章 風力發電產業</b>	74	7.4 產業價值鏈與魚骨圖	133
4.1 產業背景	74	7.5 全球產業發展概況	135
4.2 產業定義	74	7.6 產業建議政策工具	135
		7.7 參考書目	139

### III. 綠能週邊及零組件應用

第八章 超級電容器及能源儲存	144
8.1 產業背景	144
8.2 產業定義	144
8.3 產業發展歷程	147
8.4 產業價值鏈與魚骨圖	149
8.5 超級電容器及能源儲存應用	150
8.6 全球超級電容器應用發展概況	154
8.7 產業未來發展方向	160
8.8 參考書目	161
第九章 磷酸鋰鐵電池及電動車 應用	165
9.1 產業背景	165
9.2 產業定義	165
9.3 產業發展歷程	170
9.4 產業價值鏈與魚骨圖	171
9.5 磷酸鋰鐵電池應用	172
9.6 全球電動車與鋰鐵電池應用 發展概況	173
9.7 產業未來發展方向	180
9.8 參考書目	181
第十章 不斷電系統	183
10.1 產業背景	183
10.2 產業定義	183
10.3 產業發展歷程	184
10.4 產業價值鏈與魚骨圖	186
10.5 不斷電系統應用	188
10.6 全球不斷電系統應用發展 概況	192

10.7 產業未來發展方向	196
10.8 參考書目	197

### IV. 綠能應用技術

第十一章 綠建築	200
11.1 產業背景	200
11.2 產業定義	200
11.3 產業發展歷程	204
11.4 產業價值鏈與魚骨圖	206
11.5 綠建築應用	207
11.6 全球綠建築應用發展概況	209
11.7 產業未來發展方向	219
11.8 參考書目	220
第十二章 住家能源管理	222
12.1 產業背景	222
12.2 產業定義	222
12.3 產業發展歷程	225
12.4 產業價值鏈與魚骨圖	228
12.5 住家能源管理應用	229
12.6 全球住家能源管理應用發展 概況	231
12.7 產業未來發展方向	235
12.8 參考書目	237
第十三章 智能型農業溫室	239
13.1 產業背景	239
13.2 產業定義	239
13.3 產業發展歷程	241
13.4 產業價值鏈與魚骨圖	243
13.5 智能型農業溫室應用	247

13.6 全球智能型農業溫室應用 發展概況	249
13.7 產業未來發展方向	255
13.8 參考書目	256

## V. 綠能政策

<b>第十四章 能源政策理論架構</b>	260
14.1 產業政策四大目標	260
14.2 能源政策目標	261
14.3 促進能源發展之政策工具	263
<b>第十五章 綠色能源政策</b>	264
15.1 前言	264
15.2 產業背景	264
15.3 產業定義	265
15.4 產業發展歷程	265
15.5 產業趨勢	266
15.6 美國綠色能源產業創新政策	267
15.7 德國綠色能源產業創新政策	275
15.8 日本綠色能源產業創新政策	282
15.9 大陸綠色能源產業創新政策	288
15.10 台灣綠色能源產業創新政策	292
15.11 結論與建議	297
15.12 參考書目	300
<b>第十六章 智慧型電網政策</b>	305
16.1 前言	305
16.2 產業背景	305
16.3 產業定義	306
16.4 產業發展歷程	308

16.5 產業趨勢	309
16.6 美國智慧電網產業創新政策	310
16.7 歐盟智慧電網產業創新政策	316
16.8 中國智慧電網產業創新政策	323
16.9 台灣智慧電網產業創新政策	327
16.10 各國智慧電網政策偏向 分析比較	330
16.11 結論與建議	331
16.12 參考書目	334

<b>第十七章 先進電錶基礎建設政策</b>	337
17.1 前言	337
17.2 產業背景	337
17.3 產業定義	338
17.4 產業發展歷程	341
17.5 產業趨勢	344
17.6 產業創新政策	348
17.7 結論與建議	357
17.8 參考書目	359

## VI. 結論與建議

<b>第十八章 結語</b>	362
18.1 綠色能源產業	362
18.2 智慧型能源管理平台	371

## 第一章

### 綠能產業發展現況





# 第一章 | 綠能產業發展現況

## 1.1 前言

自工業革命以來，化石燃料的大量開採，造就了人類的經濟繁榮與工業文明，但是隨著近年來全球暖化、氣候變遷，世界各國開始重視環保議題。從 1992 年的聯合國氣候變化綱要公約（United Nations Framework Convention on Climate Change；UNFCCC）對「人為溫室氣體」（Anthropogenic Greenhouse Gas）排放做出全球性管制的宣示，到 1997 年京都議定書（Kyoto Protocol）規範工業化國家未來之溫室氣體減量責任，2009 年哥本哈根會議確立未來世界各國因應溫室效應與石油能源耗竭必須發展減少排碳量、開發替代能源、擴大綠色工程與提升能源使用效率等議題。

各國政府為在全球綠色能源交易上佔有重要的角色，紛紛在自己的經濟繁榮、能源安全與環境保育上尋求一個最佳的平衡點。持續加強綠能投資刺激經濟發展，同時改善能源安全、氣候變遷、水資源、經濟等議題，期待能制訂出「推動低碳經濟、邁向低碳社會」之最佳永續發展策略。其中主要核心業務，除了得到永續能源政策外，確保國家能源取得及穩定，強化國內油、氣、電事業及市場管理機制，達到節約能源及能源效率提升，同時長期觀察國際能源環保趨勢，追求低碳永續發展。

以 2009 年經濟部「綠色能源產業旭升方案」行動計畫中公佈的資料，在全球高度重視氣候變遷與節能減碳的趨勢中，綠色新政為全球施政新潮流，美、日、中、英、德、韓等主要國家因應金融海嘯推動的綠色新政，投資約 1,800 億美元於淨潔能源，其中能源效率約 657 億美元、再生能源 353 億美元、（智慧型）電網 486 億美元、研究發展 221 億美元、運輸 48 億美元及其他 84 億美元。

台灣的天然資源匱乏，能源進口比率幾乎高達百分之百，但卻擁有著極佳的技

術研發和製造能力。因故，在各國積極發展綠能產業之際，若能利用這一波全球技術和產業板塊大移動，確定朝向了新能源產業的機會，充分展現與提升台灣企業由過去傳統 OEM 代工轉進到具有創新端 ODM 的系統化生產能力，可望在今後 10 年內發展成爲能源產業大國，引領台灣的社會邁入低碳化與產業高值化的境界。

## 1.2 綠色能源產業發展現況與趨勢

2011 年春，在美國量化寬鬆政策、通貨膨脹及匯率波動起伏不定、全球重大天災頻繁等因素下，全球經濟發展的產生了高度的不確定性，而中東、北非的持續動亂使得油價再度突破佰美元關卡。對於仰賴進口原油的新興經濟體（如台、韓），資金外流及通貨膨脹的壓力尤爲嚴峻，對於政府及產業都是前所未有的挑戰，新興再生能源及節能技術的發展再次成爲全球發展的重點。

在哥本哈根及墨西哥坎昆會議相繼以失敗收場，意謂著：節能減碳的單一誘因極無法成就綠色產業的發展，而現今加上生存競爭及經濟發展的額外誘因，新興再生能源及節能技術的發展必將成爲各國競相發展的主軸。

新興能源領域包括再生能源（Renewable Resources 或 Distributed Energy Resources，DERs）、智慧型電網及先進電錶等基礎設施、再生能源週邊產業、市場應用及政策分析。由於再生能源產業之高複雜度，不同經營策略及企業定位，乃至於政策規劃，均牽涉到技術細節、對產業結構的深度瞭解，絕非傳統經濟學或管理學所能輕易勝任，故本書的目的之一在於提供產業一些策略性的思維，以利產業發展。

本書以實務的角度，探討 21 世紀再生能源發展的產業分析及案例，提供大學技術及管理領域同學參考。全書編排依據綠能專業領域（domain Knowledge）、週邊產業及零組件、綠能應用技術及綠能政策爲基礎，第 2-7 章先說明太陽光電產業、集光式太陽產業與風能發電產業最新發展，進而介紹熱泵產



業、潔淨煤與碳捕捉三種新興綠色能源產業技術；第 8-10 章說明綠能週邊及零組件應用技術：超級電容器、磷酸鋰鐵電池及不斷電系統三項新技術；第 11-13 章介紹綠能科技所發展出的新應用產品與技術，包括綠色建築、家庭能源管理系統與農業大棚產業；最後第 14-17 章探討綠能政策的發展，其中包括重要的綠色能源政策、智慧型電網政策與先進電錶基礎建設（AMI）政策；現列簡述如下：

## 一、太陽光電產業

太陽能具有清潔、安全的特性、不受任何國家壟斷，取之不盡、用之不竭的優點。每天太陽照射到地面所散發的能量，約為全世界石油蘊藏量的四分之一，而風力、水力、波浪、海洋溫差、潮汐等能源，也直接或間接來自太陽能。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。雖然太陽能有無日照時無法發電及目前轉換效率不高等缺點，但仍為最具有未來性的再生能源。

面對全球性的能源產業趨勢，台灣正可運用半導體產業及液晶面板產業發展已久的技術與人力基礎，積極投入太陽光電產業。太陽光電系統開發至今已相當成熟，在台灣各地區的屋頂或是空曠地區常可見到其蹤影，但目前的發電成本都遠高於傳統燃燒石化燃料發電的成本，因此仍需要藉由政府補貼來帶動市場成長。太陽光電產業屬於再生的替代能源，是一個國家的重要能源政策與發展方向，需要政府政策的領導、產業界投入、技術的開發等，來協助此產業的發展。

## 二、集光式太陽能產業

一般常見的太陽能利用分為兩種形式，第一種為直接利用光伏效應將太陽光轉換成電的 PV（photovoltaic）系統，第二種為利用集光原將將太陽的熱能吸收，利用熱能轉換成電能來發電的集光式太陽熱能發電（concentrating