

# 第一章 緒論

## 第一節 研究動機與目的

隨著傳統的石油能源價格的高漲，以及二氧化碳造成的溫室效應日漸嚴重，能源議題漸漸受到各國之重視。現今，無論是已開發或開發中國家，都正積極的尋找替代能源，因而有生物燃料、替代能源 等等諸如此類的議題出現且日趨受到重視。在現今世界上的國家中或者區域組織中，對於替代能源的投入最為深入且廣泛的，當屬歐洲聯盟，在現今 27 個歐盟會員國中，又屬德國最為確實執行。

在各國的再生能源法中，由於太陽能源的便利性以及豐富性，因而成為各國政府及民間企業的首要選擇，無論是對於再生能源投入已有歷史及成效慢慢展現的已開發國家，如美國、德國 等國家，或是最近幾年政府剛剛發展並頒布法令的國家，如西班牙、義大利，甚至於是東歐捷克、斯洛伐克等國家，紛紛投入此項領域並大力推廣，目的在於希望達到京都議定書中的目標，於 2012 年時，整個歐盟區可減少二氧化碳排放量 20%。同時太陽能系統發電量可達 20%。

有鑑於國際綠色能源議題漸興，本文計畫從德國對於替代能源之一的太陽能源作為主要研究範圍，原因為太陽能源的取得屬於無污染性，且太陽能源設備裝置後，其平均攤提成本以及邊際效益相對其他能源較低且省時。太陽能源之所以被喻為明星產業，必定有其過人之處。

本文預計首先透過對全球能源短缺趨勢的探討，了解現今全球能源供需的趨勢，接著以探討德國政府在推動太陽能開發的經過及政策的制定和推動過程中所扮演的角色，尋求其太陽能源開

發的成效以及推動過程中所遭遇的困難，最後，期望從德國政策的一體兩面延伸至台灣國內現今對於能源的相關政策以及環境的探討，因為台灣氣候關係以及技術的優勢，對於太陽能的發展，大有潛在能力及環境，期待藉由德國的經驗做為台灣的借鏡，截長補短，找尋台灣的機會以提高其國際競爭力。

## 第二節 研究方法

本文擬以文獻分析法以及歷史研究法作為主要的研究方法。

### 壹、 文獻分析法

文獻分析法是指透過各種史料，如書籍，專書類在筆者收集資料過程中，有如日本化學工學會所出版的《圖解新能源百科》，書中對所有現今所認定的新能源 又稱再生能源 分門別類，逐一作深入探討，包括其理論基礎以及應用方面。另有財訊出版社所出版的《透視全球太陽光電產業》，透過該書，全球太陽光電產業，從上游原料供應商到現今知名大廠，一覽無遺。

期刊論文及官方出版品，由台灣經濟部能源局所出版的《能源季刊》當中，對於現今的能源科技、各國的能源政策、能源相關的時事 等分期詳細介紹，有助於筆者修正資料收集方向。另外，由美國能源總署(International Energy Agency, 簡稱 IEA)所出版的能源年鑑，對於研究資料的應用上，也大有助益。報紙、網際網路等相關管道時常提供最迅速的即時消息，透過各國政府官方網站所得資訊，將可作為資料更新時的一大利器。

文獻分析法，經驗證對於某一件事務的看法，對其意義及影

響加以剖析藉以找出真相。而本文將以現今對世界及德國能源相關的著作、發表的文章、各項相關新聞、法令等，作為資料分析的來源。

## 貳、歷史研究法

歷史研究法是指以歷史及過去的事實為依據的研究方法，進而予以描述、分析和解釋其事件發展的歷程及影響。

歷史事實是由歷史當時複雜的情境脈絡所共同建構出來的。因此，所有研究只能「趨近」而無法完整地呈現歷史事實。研究結果是由研究者窮究有限的訊息和既存資料，包括文獻、圖像、雕塑，以及當代社會情境脈絡等等，共同交互影響產生。當代的情境脈絡與歷史情境脈絡必然不同，而研究者也不可能將所處脈絡置身事外，而真正進入過去的時空。所以，必須藉著自己的想像力與創造力，將所搜集到的資料進行系統化的重建，並提出合理的詮釋。透過研究者這種詮釋，引導讀者再次建構歷史事實。當然，明白而精確的描述研究歷程，就成為讀者理解研究成果的最佳索引。

本文除了對德國再生能源法的法令演變及立法歷程做觀察及分析之外，根據世界發展再生能源且政策推動成功的一些國家，諸如美國、日本等，經由這些國家的經驗，比較其與德國，甚至歐盟的異同之處，做一系列橫向及縱向的探討，期望以歷史經驗作為借鏡，發掘更多的寶貴經驗。

## 第三節 研究架構與限制

### 壹、 研究範圍

本文是以研究德國政府在其能源政策中所扮演的角色為主軸，並以替代能源之一的太陽能作為主要研究，本文將從現今全球能源趨勢先做探討及了解，接著分析太陽能之特性及優勢，在這樣的趨勢之下，德國對於能源短缺的因應方式以及德國政府在能源開發所投入的心力，最後藉由能源政策制定的過程、以及政策的發展，探討能源政策在實施過程中的得失，以及影響。

此外，本文亦廣泛收集並納入其它擁有成功經驗的國家，與德國甚至歐盟做一比較，借此更能清楚的看出德國對於再生能源政策制定與施行的優缺點。

### 貳、 研究限制

由於空間的限制，對於德國原始資料的收集，受到相當的限制。另一方面，也因為基於各國利益的考量，或因牽涉外交機密，而無法獲得完整的資料內容。因而僅能透過各國所出版的書籍、官方或非官方網站以及相關的期刊等二手資料，進行分析研究。以期對德國的能源開發計畫及實施能有深入的研究及了解。

## 第四節 文獻探討

針對世界能源政策方面的研究，國內的著作尚處於發展階段，就筆者目前所收集到的資料，以賴嫻苓所著作的《新世紀的能源政策趨勢》<sup>1</sup>(Energy Policy of The New Century) 從能源的分類到介紹 現今世界大國能源使用情況以及能源政策作有較為深入的研究。由經濟部能源局所出版的《能源報導》月刊及《能源季刊》中，當中也會不定期的針對國內外能源政策、開發作深入報導。另有國際能源動態等資訊供作參考。

針對德國境內的太陽能源應用、開發概況，在德國議員法蘭茲 阿爾特(Franz Alt)所著的《太陽電力公司：新能源，新就業機會》<sup>2</sup>中，也大量的闡述太陽能源與傳統能源的不同之處，以及德國政府現行的部分能源政策，當中也舉出十分多的例子加以佐證。另外，由財訊出版社所出版的《透視全球太陽能產業》一書中，更是廣泛且深入的探究了現今的太陽能產業市場，從最上游的原料廠商到現今世界著名的各大廠，均有詳盡介紹，此外，該書也針對歐洲、美國等國家的能源政策，逐一分析探討。

針對德國能源政策的探討，在國研院科技政策研究與資訊中心研究員陳英豪的論文 德國再生能源政策與現況分析 中，針對德國能源種類做了全面性的探討，包括傳統能源中的石化能源，以及現在十分興盛的再生能源，在該論文中，都有詳細的論述及介紹。

針對再生能源，在德國，也有各類機構諸如風力發展協會 (German Wind Energy Association) 針對風力發電的補助，有詳盡的介紹。德國的環境部 (Bundesministerium fuer

---

<sup>1</sup> 賴嫻苓著，2005，《新世紀的能源政策趨勢》(Energy Policy for The New Century)。台北：財團法人生物技術開發中心。

<sup>2</sup> 王琪、陳仁德、唐小莉譯，Franz Alt 著，2005，《太陽電力公司：新能源，新就業機會》，台北：新自然主義。

Umwelt,Naturschutz und Reaktorsicherheit)網站，針對再生能源法各階段版本均有詳載。

世界性組織，如世界能源委員會 (International Energy Agency)，當中有相當多再生能源相關統計數據，針對世界不同區域，也會每年更新並出版最新的再生能源、環境等不同種類的年鑑。

## 第二章 全球能源短缺之趨勢

隨著能源危機的趨勢遽增，放眼全球，無論是已開發的歐美國家或者是開發中國家，都在積極的尋求替代能源、訂定能源法、再生能源法，目的皆在於如何取得各國所需能源並設法突破原本的能源使用限制擴充能源類別。

除了前述能源匱乏的局勢演變之外，溫室氣體在過去數十年間快速累積，因其所產生之不正常氣候之變化，對地球環境造成嚴重的衝擊，因此，如何減少溫室氣體排放，以穩定生態環境，更是當今急需面對之課題。

能源發展所面臨的問題根源，不外乎能源使用造成溫室效應以及能源匱乏兩種，前者引發能源在使用型態上轉變的需求，後者則導致國際油價高漲以及能源爭奪的問題，本章節預計從全球能源現今短缺的趨勢導入，除了能源的定義、分類之外，也將對近年來能源新秀：太陽能 做深入介紹及探討。

### 第一節 能源種類

能源種類涵蓋十分的廣泛，除了一般大眾耳熟能詳的石化燃料，如石油、煤炭之外，亦有來自於自然界的水力及風力，前述幾項，是現今在世界各國行之有年的能源類別，然而，隨著世界人口不斷的增加，對於能源的消耗速度及需求也與日俱增，在

這樣的情況下，對於能源重新進行抽絲剝繭的研究及認識，便成了重要的課題，在這樣的前提下，本章節預計從全球能源現今的狀況切入，了解其分佈狀況，再深入本文主題：太陽能，分析其種類、特性及優勢。

## 壹、能源的定義

以物理學的觀點來看，能量可以簡單定義為「作功的本領」<sup>3</sup>。就廣義的來看，意即任何物質都可以轉化為能量，但是轉化的數量和難易程度是不同的。其中比較集中而又較易轉化的含能物質即稱做「能源」。

《大英百科全書》：「能源是一個包括著所有燃料、流水、陽光和風的術語，人類用適當的轉換手段便可讓它為自己提供所需的能量」；《科學技術百科全書》：「能源是可從其獲得熱、光和動力之類能量的資源」；《日本大百科全書》：「在各種生產活動中，我們利用熱能、機械能、光能、電能等來作功，可利用來作為這些能量源泉的自然界中的各種載體，稱為能源。」；中國大陸的《能源百科全書》：「能源是可以直接或經轉換提供人類所需光、熱、動力等任一形式能量的載能體資源。」<sup>4</sup>

綜合上述，可見能源是一種呈多形式且可以相互轉換的能量的來源。簡言之，能源是自然界中能為人類提供某種形式能量的物質資源。

## 貳、能源種類

---

<sup>3</sup> 同註 1，頁 2。

<sup>4</sup> 同註 1，頁 1。

以不同的角度來看，能源有多種分類方式，現以初級能源、傳統能源、新能源、可再生能源以及不可再生能源對能源的種類略做區分。其中若是按照能源的「功能性質」區分，可分為燃料能源和非燃料能源。<sup>5</sup>

其中，燃料能源分為四類：

- 化石燃料 石油、煤炭、天然氣
- 生物燃料 薪材、沼氣、有機廢棄物
- 化工燃料 甲醇、酒精等
- 核燃料 鈾、鈾等

非燃料能源分為三類：

- 機械能：例如水力、風力
- 熱能：例如地熱、海洋溫差
- 光能：例如太陽能、雷射

再者，若按照能源的「流通情況」來加以區分，又可分為商品能源和非商品能源；此外，一次能源根據其是否能夠重複循環使用，又可分為不可再生能源以及可再生能源( Renewable Energy)。<sup>6</sup>

科技人員常按能源的形態特徵或轉換與應用的層次對能源加以分類。由總部位於英國倫敦的世界能源委員會( World Energy Council, 簡稱 WEC )<sup>7</sup>所推薦的能源類型分為：固體燃料、液體燃料、氣體燃料、水能、電能、太陽能、生物質能、風能、核能、海洋能和地熱能，請見表 2-1。

---

<sup>5</sup> 同註 1，頁 2。

<sup>6</sup> 同註 1，頁 2。

<sup>7</sup> 世界能源委員，2008.11.25, <http://www.worldenergy.org/>

類別	來自地球 內部的能 源	來自地球以外的能源	地球與其 它天體相 互作用展 生的能源
----	-------------------	-----------	------------------------------

初級 能源	傳統 能源	可再生能源	地熱能	太陽能	風能	水力能	生質能	海洋 溫差能	海洋 海流能	海洋 波浪能	潮汐能
		不可再生能源	核裂變能	煤炭	石油	天然氣					
	新 能源	可再生能	地熱能	太陽能	風能	生質能	潮汐能				
		不可再生能源	核聚變能	油砂	油頁岩						
二級 能源	煤炭製品	洗煤 煤炭 煤氣									
	石油製品	煤油、 石油 燃料油、 柴油 液化天然氣									
	其它				電力	氫能	蒸氣	沼氣			

表 2-1 能源分類

資料來源：賴嫻苓著，2005，《新世紀的能源政策趨勢》，頁 3-4。

## 第二節 太陽能源之種類、特性及優勢

根據取得方式及運用方式的不同，太陽能源亦有不同種類之差別，又因其種類之差異，導致其產生不同的特性，得以運用在各個不同的領域。然而，無論是以什麼樣的方式呈現，運用在何種場域，與其它能源比較之下，太陽能確實有其過人之處，前述各項將於本節逐一探討。

### 壹、太陽能源種類

太陽能電池(Solar Cell)是利用半導體在太陽光照射時所產生的光電效應來發電的。依照材料的不同，可以分為單晶、多晶、薄膜以及化合物半導體幾種，雖然目前以單晶系的矽材料電池為主，但是為了進一步降低成本、提高變換效率，對非晶系的矽、鉀和銻等材料的化合物開發，也取得了一定的進展。為了擴大太陽能電池的普及，在提高各種材料的性能、降低成本、提高系統可靠性等方面的研究也都取得了一定的進展。<sup>8</sup>

現今太陽能電池的材料使用較多的是單晶矽和多晶矽半導體，依上述不同材料的太陽能電池區分，目前市面上單晶矽太陽能電池之市場占有率約為 34%，產能約達 340 MWp，<sup>9</sup>多晶矽太陽能電池之市場佔有率約為 56%，產能約達 560MWp，<sup>10</sup>非晶矽

---

<sup>8</sup>劉建惟、李彥希、戴寶通撰，2008，矽奈米線太陽能電池之研製與其特性研究《國研科技》。台北：財團法人國家研究室，頁 66。

<sup>9</sup> MWp= Mega Watt peak

<sup>10</sup>同註 8。

薄膜太陽能電池市場占有率約為 4%。<sup>11</sup>

其他如 III-V 族由於成本較高，大多使用於人造衛星及集光型系統 包含聚光鏡、散熱板、追日裝置等 中，市場占有率僅約為 0.1%。其於薄膜太陽能電池市場佔有率則約為 1.5%。<sup>12</sup>

此外，由非晶和單晶矽混合而成的 HIT ( Heterojunction with Intrinsic Thin-layer ) 太陽能電池由於轉換效率高達 16%，<sup>13</sup>而且具有成本低的特點而受到重視。

上述現階段所發展的太陽能電池種類共可分成兩大類，即矽太陽能電池與化合物太陽能電池，詳見表 2-2：

表 2-2 太陽能電池的種類

				用途	轉換效率(%)
					Cell/ Modul
矽太陽能電池	結晶系	矽錠	單晶	發電用	18~23/ 11~14
			多晶	發電用	14~18/ 10~13
	薄膜	單晶	研發階段	~18/ 15~16	
		多晶	研發階段	8 ~ 9	
		微結晶	研發階段	8 ~ 9	
非晶			商用	5~13/ 8~9	
化合物太陽能電池	II – VI 族( CuInSe,CdTe) 多晶			商用	11~16/ 7~9
	III – V 族(GaAs,Inp)單晶			太空船	/ 9~25
	3 結合複合型 (InGaP/InGaAs/Ge)			研發階段	/ 35.3
	2 結合複合型(GaInP/GaInAs)			研發階段	/ 22.7
色素增感型(TiO2)				研發階段	5~8

資料來源：(社)化學公學會 SEC.Net 原編，賈要勤、溫榮弘編譯，2008。《圖解

<sup>11</sup>同註 1。

<sup>12</sup> 同註 1。

<sup>13</sup> (社)化學公學會 SEC.Net 原編，賈要勤、溫榮弘編譯，2008。《圖解新能源百科》。頁 42。

由表 2-2 可得知，將兩種或三種半導體相結合構成的 2 結合型或 3 結合型 串連 太陽能電池可以擴大敏感度範圍，提高轉換效率。如前述，現今太陽能電池的材料，所使用的大多為單晶矽和多晶矽半導體，而要將這些晶矽從矽礦中提煉出來，在技術上也是一大值得研究的課題，太陽能電池用矽的製造方法流程圖列請見圖 2-1：

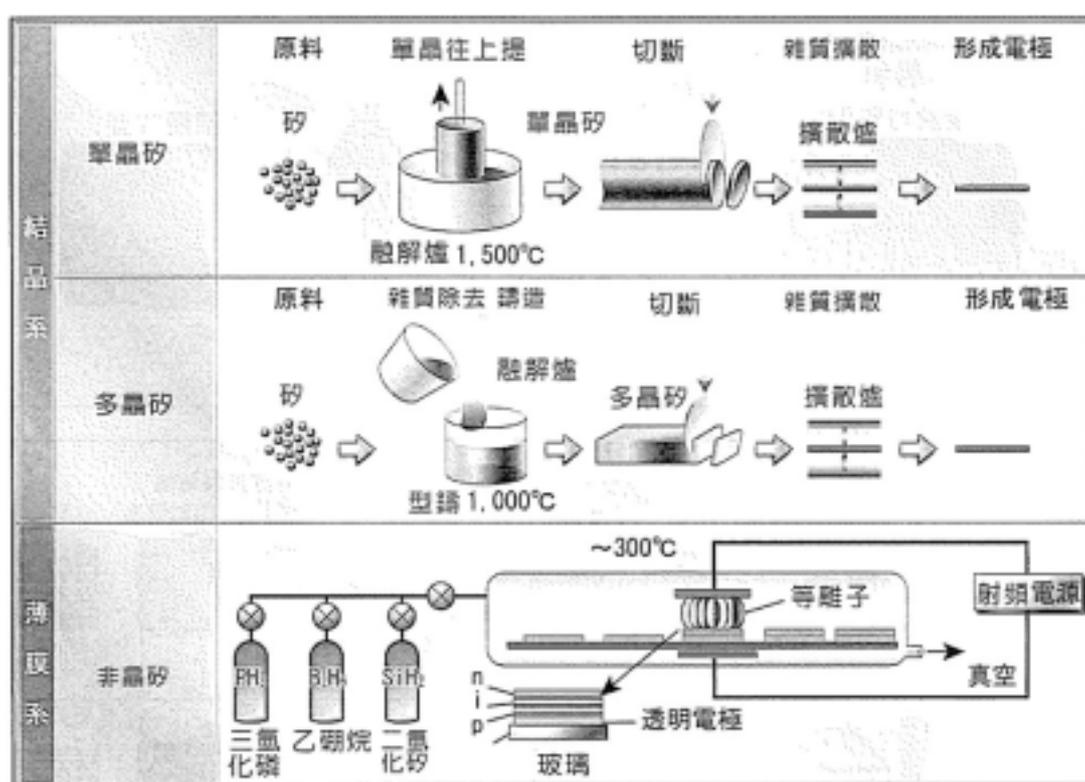


圖 2-1 太陽能電池用矽的製造方法流程

資料來源：(社)化學公學會 SEC.Net 原編，賈要勤、溫榮弘編譯，2008。《圖解 新能源百科》。頁 43。

由圖 2-1 我們可以看出，運用不同的晶系所製造出來的晶矽有所不同，且所應用到的技術也大不相同，在種種不同條件下所產生的不同晶矽，價格以及其轉換效率和發電效率也都所有不

同，根據種類以及製造方法的不同，在此筆者將其整理表列如表 2-3：

表 2-3 矽系太陽能電池的製造方法及特徵

晶系	製造方法	特徵
單晶系	將矽熔解製作鑄塊，再將其切成薄片。	發電效率較高(11~14%)，但由於矽的熔解、製造麻煩，因此價格較高。
多晶系	在石英坩鍋中將矽熔解，然後用單晶種結晶接觸，就可以將圓柱狀單晶矽提出。	
非晶系	在氣化的系(SiH <sub>4</sub> )中，進行等離子放電，就可以在不鏽鋼基板上形成非常薄的非晶物質。	和結晶系相比，雖然發電效率較低(8~9%)，但可以在短時間內製造成薄膜狀，因此比較便宜。

資料來源：(社)化學公學會 SEC.Net 原編，賈要勤、溫榮弘編譯，2008。《圖解新能源百科》，頁 43。

由表 2-3 可知，即便是由同一個矽礦中所提煉出來，然而透過不同方式，所得晶矽也大不相同，當然其價格也就有所差異。

太陽能電池的最小單元為 10cm、12.5cm 以及 15cm 的方形或圓形的薄板。將這些太陽能電池的最小單元串聯得到需要的電壓，並加工形成太陽能電池模組，就是一般消費者使用時的最小單元。<sup>14</sup>

為了增強太陽能電池的機械強度和提高抵抗氣後變化的能

<sup>14</sup> Abaleres Electronic Co., Ltd , Solar cell,2009.7.7, <http://www.ablerex.com.tw/indexe.htm>

力，需要將太陽能電池模組用玻璃、薄膜或者透明樹脂包裹，而一般我們所看到的太陽能電池陣列，即是為了得到較大的功率而將許多太陽能電池板串並聯所構成的。<sup>15</sup>

此外，太陽能電池陣列亦可將太陽能電池排列成平板，然後加工成屋頂的形狀，可以作為屋頂建築材料的一部分來使用，即屋頂材質型，有專門用於日本瓦、石棉瓦以及平板瓦等許多種類。在此項技術運用上，目前最為著名且最為大型的公共建設如：德國慕尼黑機場、雪梨奧林匹克體育館外大道以及美國華盛頓白宮，這些建築物的發電系統接來自於太陽能電池模組的發電系統，皆已安裝超過 1000 MW 之電力。<sup>16</sup>

## 貳、太陽能源特性

以學理的角度來說，太陽能電池的特性與二極體的特性相似，一般稱為 IV 曲線特性。由 IV 曲線中我們關注幾個地方，短路電流 ( $I_{sc}$ )、開路電壓 ( $V_{oc}$ ) 及最大功率 ( $P_{mpp}$ )，此 IV 曲線受到光照度及環境溫度影響它的發電量。<sup>17</sup>一般標準的測試條件為， $1000W/m^2$  照度，1.5 空氣質量， $25^{\circ}C$  室溫，若日照度越強，發電量越大。另一個影響發電量的因子是溫度，溫度越低發電量越大，反之，溫度越高發電量越小。<sup>18</sup>

再者，以實用的角度來看，太陽能是太陽內部連續不斷的核聚變反應程序產生的能量。儘管太陽輻射到地球大氣層的能量僅為其總輻射能量（約為  $3.75 \times 10^{26}W$ ）的 22 億分之一，但已高達

<sup>15</sup> (社)化學公學會 SEC.Net 原編，賈要勤、溫榮弘編譯，2008。《圖解新能源百科》，頁 45。

<sup>16</sup> Oussama Chehab, 2007, ( System Technology for Photovoltaics), 《2007 『太陽光電科技』研討會暨商務媒合》。台北：德國經濟辦事處。

<sup>17</sup> ABLER Electronic Co., Ltd, 2008.12.20. [http://www.uisabler.com.tw/Solar/htm/AboutSun\\_07.htm](http://www.uisabler.com.tw/Solar/htm/AboutSun_07.htm)

<sup>18</sup> 同註 17。

173,000TW<sup>19</sup>，也就是說太陽每秒鐘照射到地球上的能量就相當於 500 萬噸煤。<sup>20</sup>

地球上的風能、水能、海洋溫差能、波浪能和生物質能以及部分潮汐能都是來源於太陽；即使是地球上的化石燃料（如煤、石油、天然氣等）從根本上說也是遠古以來貯存下來的太陽能，所以廣義的太陽能所包括的範圍非常廣，而狹義的太陽能則限於太陽輻射能的光熱、光電和光化學的直接轉換。太陽能既是一次能源，又是可再生能源。它資源豐富，既可免費使用，又無需運輸，對環境無任何污染。<sup>21</sup>

## 參、太陽能之優勢

由前述可知，太陽能對於人類最直接的益處是它的儲量巨大、不會枯竭、不受地域限制且對環境無任何汙染。

經濟、資源、環保是困擾現代社會發展的三大問題，簡稱 3E(Economy, Energy, Environment)。而要發展經濟首先要有資源，隨著工業化的推進和人口的增長，資源的消耗量相對日以遽增，進而可見的，便是今日全球所面臨的資源危機。<sup>22</sup>

除資源枯竭問題外，在石化燃料的使用過程中，環境保護也是不容忽視的問題。而環保問題又以地球暖化和酸雨為代表，地球暖化是因二氧化碳、臭氧層等作用，使地球吸收到的太陽熱能難以釋放到大氣層外，導致地球的溫度不斷上升。此外，石化燃料燃燒的過程中所產生的二氧化碳、氧化硫等又造成了酸雨。因此，1997 年第三屆控制排放物的京都國際環保會議(Conference of

---

<sup>19</sup> TW= Trillion Watt

<sup>20</sup> 同註 17。

<sup>21</sup> 同註 15，頁 38。

<sup>22</sup> 財訊出版社編著，2006，《太陽鍊金術：透視全球太陽光電產業》，頁 10。

the Parties, COP3) 成員 不包含中國大陸 在會議中研究 2002~2012 年 10 年間排放量與 1990 年相比較需逐年減少 6%。<sup>23</sup> 若要達成此一目標，除了改善現有一般發電設備的排放條件之外，最重要的是要開發新能源，而其中首選的就是太陽能發電和風力發電。

長久以來，在歐洲國家諸如德國、丹麥、英國等沿海國家施行以久的風力發電，因為建造成本、場域選擇問題以及氣候的變化，風力發電的建造比例在各國政府預算中也漸漸降低，根據 Renewable Energy Policy Network for 21st Century(簡稱 REN21) 統計，從 1995 年到 2007 年，在全球的在生能源投資情形中，風力發電已經逐漸退居第三位，在圖 2-2 當中，我們可以發現，太陽能源的投資比例正逐年的上升當中，也顯示了太陽能在投資者各方面的考量下，成為再生能源投資的首選。

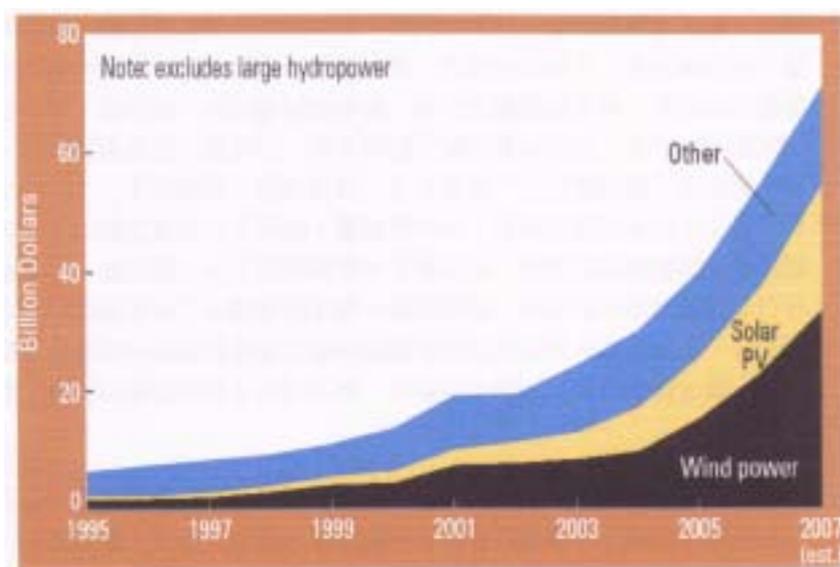


圖 2-2 1995~2007 年全球再生能源投資情形

資料來源：轉引自 Renewable Energy Policy Network for the 21<sup>st</sup> Century [www.ren21.net](http://www.ren21.net) 2008 年版本

<sup>23</sup> 同註 22，頁 40。

此外，根據歐洲再生能源協會 ( European Renewable Energy, 簡稱 ERCE ) 在《迎向 2004 年再生能源》的報告中指出，若依主要七種再生能源的技術模擬狀況推估，至 2040 年，再生能源佔全球所有能源的消費量將達 50%，而佔電力消費的比利可望超過八成。

其中，太陽能的發展因為最不受天然環境的限制，每發 1 度電，可減少 1 公斤的 CO<sub>2</sub>、3.5 公克的 NO<sub>x</sub> 氮氧化合物、6.5 公克的 SO<sub>2</sub> 二氧化硫。假設裝置 3KWp 的太陽光電系統，相當做了 3000 平方公尺 約 6 個網球場 的綠化效果。<sup>24</sup>因此，無論就技術發展或發電規模成長性來看，包括太陽光電、太陽能熱、太陽能熱電等領域，合計佔再生能源消費的比重達 21%、佔再生能源的電力使用比重達 33% ( 請見表 2-4 )，<sup>25</sup>繼風力發電之後，無疑的，太陽光電已然成為全球最受矚目的新能源科技之一，而由於它儲量巨大、不受地域限制等便利性，也為其創造了無可取代的優勢，也因為如此，太陽能被譽為 21 世紀的能源新星。

表 2-4 EREC 對再生能源佔全球能源消費預估

項目	2001	2010F	2020F	2030F	2040F
生質能	1080	1313	1791	2483	3271
大型水力	223	266	309	341	358
小型水力	9.5	19	49	106	189
風力	4.7	44	266	542	688
太陽光電(PV)	0.2	2	24	221	784
太陽熱能	4.1	15	66	244	480

<sup>24</sup>同註 22，頁 13。

<sup>25</sup>同註 22，頁 12。

太陽熱發電	0.1	0.4	3	16	68
地熱	43.2	86	186	333	493
海洋能 潮浪/海洋	0.05	0.1	0.4	3	20
小計	1365	1746	2694	4289	6351
全球能源總消費量 ( Mtoe)	10038	10549	11425	12352	13310
再生能源比重(%)	13.6	16.6	23.6	34.7	47.7

註：1. 全球能源總消費量是以國際應用系統分析研究所 (IIASA )之預估值為基礎。

2. Mtoe= 百萬公噸石油約當量，為能源換算單位。

3. F 為預估值

資料來源：財訊出版社編者，2006，《太陽鍊金術：透視全球太陽光電產業》。台北：財訊出版社，頁 14。

由本章節分析可得知，現今世界的能源使用以及發展趨勢，傳統的石化燃料能源顯然已經不敷使用，積極的發展其他能源將會是未來的首要趨勢。



## 第三章 德國推動開發太陽能之背景因素

歐洲國家對於其環境保護的重視程度遠遠的凌駕於世界上任何其他國家，在這當中，德國對此無論在政策的落實或者人民的教育都下了相當大的功夫。

在過去十五年間，德國成功的開發了水力、風力、太陽能、生質能以及地熱能等再生能源，目的就是用於滿足電力、熱能以及燃料三方面的需求。本章針對太陽能的開發背景因素，由其國內政策修改的內部因素以及來自諸如國際環境等外部因素做探討，揭示其永續發展的關鍵。

### 第一節 內部因素

無論是怎麼樣的政策，會有政策的產出，一定是來自於一個國家內部的需要，政府官員才會因循著這樣的狀況去制定相關的政策，而德國的能源政策，即是在這樣的環境下所產生的，其中主要的原因將於本章中逐一敘述。

#### 壹、能源消費結構的改變

德國自工業革命以來即位居世界工業強國，卻因為沒有隸屬於自身的油礦，極度仰賴自產煤和進口能源。歷經 1974 年石油危機及 1986 年車諾比爾核爆事件後，化石能源及核能的不穩定性及污染問題令德國當局有所警惕，加上國內綠色環保意識逐漸形成與高漲，促使政府的能源政策從初期只是在實驗室中進行提升傳統能源的運用與研發，逐漸轉變為以開發為導向，包括利用風力、水力及太陽能等國內自有且不枯竭的再生能源做為發電來源。

在 90 年代初期，德國政府嘗試改變其過度依賴進口的能源結構，希望在石化及核能為主的能源結構中引進再生能源。歷經數十年的努力，德國導入許多新措施並不斷累積經驗，目前已經是再生能源發展相當成功的國家。在 2003 年，在太陽光發電系統方面，累積裝置量達到 388MW。

在德國政府的努力下，現今德國是個全民都擁有高度環保意識的國家。在這樣的意識型態下，2002 年 4 月 22 日，德國正式頒佈了「停止核能商業發電運轉法 ( Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizitaet )」。法案中修正了「核能法(Atomgesetz)」的目標，正式放棄核能發電，其修正條文請見表 3-1。除了核能發展的限制外，減少二氧化碳保護環境的理念，在德國也受到全民的支持。要減少二氧化碳的排放，最直接的方法就是減少石化能源消耗。

表 3-1 德國核能法修正條文

核能法目標	
舊法條	支持和平的研究、發展、利用核能

新法條	協助目前核能安全的商轉到除役
-----	----------------

資料來源：Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität 轉引自 陳彥豪，2009.1.20，德國再生能源政策與現況分析，頁 3，  
[http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The\\_Renewable\\_Energy\\_Policy\\_and\\_Development\\_of\\_Germany.pdf](http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The_Renewable_Energy_Policy_and_Development_of_Germany.pdf)。

德國對石化能源的依賴度相當高，由於核能電廠的除役和石化能源減量採用，對於德國未來的能源缺口必定逐漸擴大，這對德國政府而言是一大挑戰，也需要對能源結構進行調整。能源不足的部分，可由新能源的開發或電力進口彌補。除了電力來源的問題外，如何滿足電力基載需求，也是能源策略的重要考量。在這一方面，德國宣示未來不再因循「傳統基載」的概念，而改以混合式的能源組合和依需求彈性供電的發電系統來做革新。<sup>26</sup>

## 貳、縮減供需「價值間隙」形成初期市場

再生能源發電系統早在 1980 年代就在美國科學家的研究之下發明問世，但是因為再生能源電力單價過高，供應端的產出，無法被消費端接受。因而，供給與需求兩者之間的「價值間隙」便成為過去數十年來再生能源發電系統遲遲無法普及以及市場無法展開的主要原因，圖 3-1。技術的進步固然有助於造成電力的單價下降，有助於減少兩端的落差，但是速度十分的緩慢。此時，透過政府的力量，制定政策補助用以彌補供需之間的「價值間隙」，可以就此促成初期市場的形成，如圖 3-1 及 3-2：

<sup>26</sup> 陳彥豪，德國再生能源政策與現況分析，頁 3。

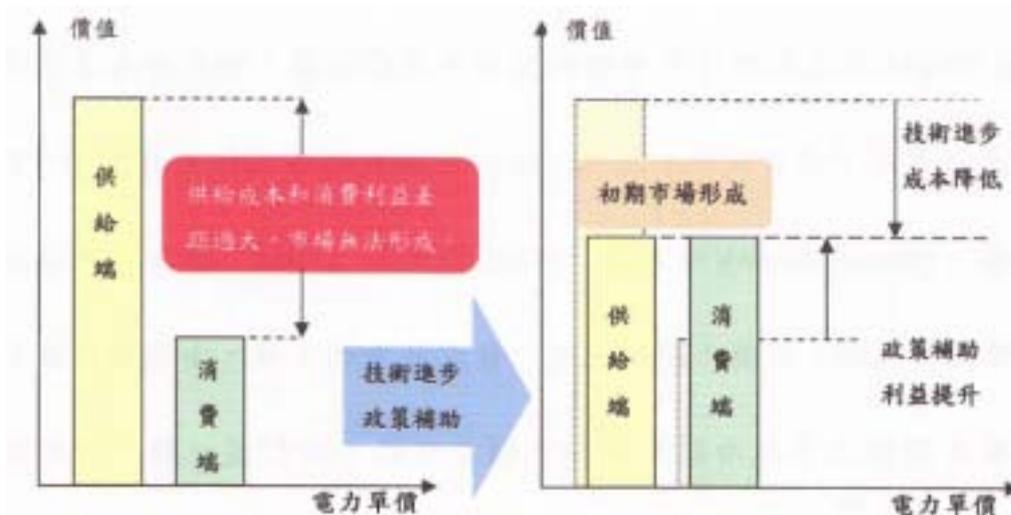


圖 3-1 供需價值間隙存在

圖 3-2 供需價值間隙消失

資料來源：轉引自 陳彥豪，2009.1.20，德國再生能源政策與現況分析，頁 4，  
[http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The Renewable Energy Policy and Development of Germany.pdf](http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The_Renewable_Energy_Policy_and_Development_of_Germany.pdf)。

當供需之間的價值間隙因為政策的輔助而逐漸縮小或者消失的時候，初期市場也因而產生，而在這個時候產生的市場，將有助於市場規模的成長與技術成本的降低，因為市場的成長以及技術成本的降低，政府所扮演的輔助角色也會就此告一個段落，隨著市場的成長，補助政策也會有所調整，如圖 3-3：

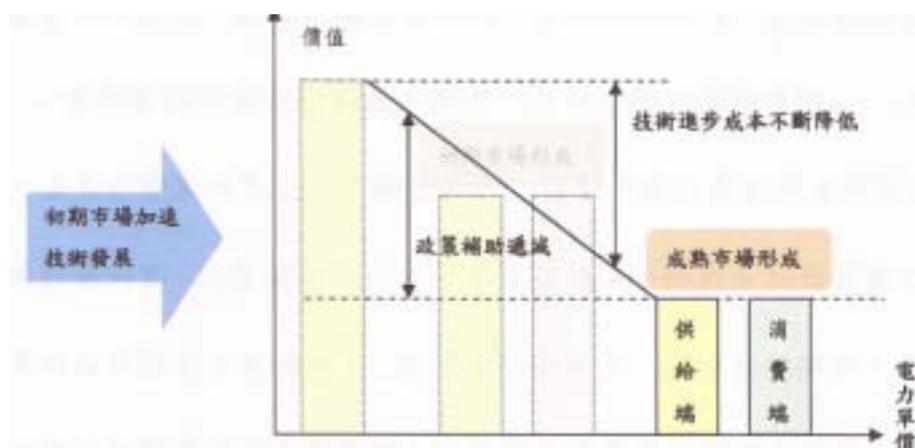


圖 3-3 技術進步成本不斷降低，政策補助遞減，市場自然發展

資料來源：轉引自 陳彥豪 德國再生能源政策與現況分析，頁 5，2009.1.20

德國政府為了加速再生能源的推廣，提出新的策略；將支持再生能源預算從「補助研發」轉移到「拓展市場」。在許多拓展再生能源市場措施中，最有名的即為「再生能源法 (Erneuerbare-Energie-Gesetz, EEG)」。該法除了闡述再生能源發電設備和電力網路的關係外，並提出「獎勵金貼補」及「再生能源電力強制收購」的觀念。爾後，這個法案中的諸多觀念也被大多數的國家引用於再生能源法案之中。

## 參、意外的收益：創造就業人口

利用科技製程方式，把太陽光能轉成電力使用，已經形成上中下游的產業聚落，根據歐洲太陽光電產業協會 (EPIA) 的研究顯示，平均每 MW 百萬瓦 的太陽光電產出，可以增加 17 個就業機會，倘若包括後續的太陽系統裝設、銷售及服務領域來看，創造的工作機會將會更多。而 EPIA 認為，倘若至 2020 年，全球太陽光電系統裝置的累計容量可達 206 GW，<sup>27</sup>則累計將會創造出超過九百萬個工作機會。<sup>28</sup>

由以上的統計數據我們可以知道，再生能源的運用及開發，不只是對於環境上有益處，無形中，它也帶來了許多原本並不在計畫中的意外效益。

## 第二節 外部因素

---

<sup>27</sup> GW: 兆瓦

<sup>28</sup> 同註 22，頁 11。

除了國家內部本身的需要以外，隨著所謂的全球化、地球村的時代來臨，許多議題已不再是單一個國家的責任或者問題，最明顯的就是日漸受到重視的環境議題。有鑑於此，許多的國際環境組織訂定了許多的環境政策、規章，以期達到一個一致性的目標。再生能源法，也就是在這樣的來自於外部的因素之下所產生。

## 壹、地球暖化的效應

隨著工業、科技的發達，一向認為「人定勝天」的人類，已經開始感受到地球的反撲，其中最明顯的，即是由於傳統能源包括燃燒石油、瓦斯、煤炭等石化原料所排放的二氧化碳所造成的地球暖化。由前述原因所造成的天氣不穩定，北極極地的冰山開始融化，海平面逐漸上升，這些種種不尋常的現象，促成了延宕七年，終於獲全球百餘國簽署並在 2005 年 2 月 16 日正式生效的「京都議定書」。

其中在第一階段中更是硬性規定，全球 35 個工業國與歐盟，必須要在 2008 年至 2010 年間，將六種總溫室氣體的排放量，即二氧化碳、甲烷、氧化亞氮( $N_2O$ )、氮氟化合物(HFCs)、全氟化碳(PFCs)、六氟化硫( $SF_6$ )，統一換算成二氧化碳的當量計，要回覆至 1990 年的水準，且平均再減少 5.2%，若違反此規定將遭受貿易報復。<sup>29</sup>為了各個國家自身的利益並達到此一標準，世界各國無不積極尋求減低二氧化碳排放量的方法，並致力於新能源的開發及研究，目的皆在於早日達到京都議定書中所訂定的標

---

<sup>29</sup> 同註 23，頁 10-11。

準。

## 貳、能源危機隱憂

根據國際能源總署( International Energy Agency, 簡稱 IEA )估計, 石化能源的現有含量所剩不多, 然而現實的情況, 人類對電能的需求卻是每年以 2.5% 的幅度成長, 也就是說如果人類繼續以現今對能源的使用方式不加以節制或另尋替代能源的話, 能源枯竭的日子, 短期內即將到來。據估計, 全球人口在 2020 年將超越 70 億, 並將面臨人口老化的問題, 尤其是佔全球逾八成的開發中國家, 對能源的需求更為殷切, 在開採量不斷增加, 且傳統的有形能源存量逐漸枯竭下, 全球將不可避免將面臨能源危機問題。<sup>30</sup>

在前述的原因以及隱憂之下, 在現今的世界各國, 無論是所謂的先進國家, 或者開發中國家, 如何掌握有形的傳統能源、發掘更多的再生能源, 儼然已經成為各國政府的首要課題。<sup>31</sup>

## 參、符合環保公約的規範

除了京都議定書之外, 國際上陸續出爐的環保公約, 包括蒙特婁議定書 限制含有氟氯碳化合物氣體的製造、消費及出口、巴塞爾公約 管制有毒廢棄物的跨國貿易及消費、鹿特丹公約 要求締約國在書出受禁用或限制使用的化學品、農藥前, 必須先通過並取得進口國的同意後, 才能輸出 等。

為了符合越來越多的各種環保公約的標準, 包括歐盟、日本、美國等國家, 均致力於開發再生能源的利用, 加速推動再生能源佔發電量的比例目標。

---

<sup>30</sup> 同註 23, 頁 10。

<sup>31</sup> 財訊出版社編者, 2006, 《太陽鍊金術: 透視全球太陽光電產業》。頁 10-11。

其中以再生能源聯盟( JREC )為例，包括芬蘭、葡萄牙、瑞典、奧地利等國均口徑一致的宣布，將在 2020 年把再生能源佔發電量的比例分別提升至 35%、45.6%、60%、78%。<sup>32</sup>

因應上述期望值的產生，各國可謂無所不用其極的祭出各式法令，威脅利誘雙管齊下，透過表 3-2 各國所使用的政策工具，我們可知，在環保公約及各國政策雙方面的實施之下，新能源政策的推動得以順利進行，其中，根據補助金額大小及時間長短的差異，在特定的新能源更能迅速發展。

---

<sup>32</sup> 同註 23，頁 11。

## 第四章 德國推動開發太陽能之經過與政策之推動

一直是以環境保護聞名的德國，在其國內無論是對於其國民的教育或者是在政策上的制定與推動都是不遺餘力的。能源事業是國家發展的百年大計，沒有能源遑論今日的一切文明，但是，在各國，再生能源的技術都尚處於發展或者趨於成熟的階段，所以生產成本都還算昂貴，在這樣的條件下，德國是如何突破此一困難點，進而制定法案、推動政策的過程，以及所有因應的配套措施，將在本章逐一說明。

### 第一節 立法過程

一個國家的能源來源，若是操控在其他的國家手中，那將會是相當危險的局面，因此單仰賴能源的進口，絕非解決問題的長久之計，有鑑於此，「發展再生能源」就成了德國的國家發展方針。

#### 壹、歷史背景

德國自工業革命以來，即位居世界工業強國，卻因沒有隸屬自己國家的油礦，極度的仰賴自產煤以及進口能源。然而，歷經 1974 年的石油危機以及 1986 年車諾比爾核爆事件後，石化能源的不穩定性及汙染問題，令德國當局有所警惕，加上國內環保意識逐漸形成與高漲，促使政府的能源政策從初期只是在實驗室中進行提升傳統能源的運用與研發，逐漸轉變為以開發為導向，包括利用風力、水力及太陽能等國內自有且不虞匱乏的再生能源做為發電來源。

德國政府為了加速再生能源的推廣，提出了新策略，而在眾多針對再生能源所制定的策略中，最被廣為流傳且被各國做為其國內再生能源法典範的即是「再生能源法」。

德國再生能源政策始於 1974 年，也就是首次能源危機發生之後，經過 30 年的推動與催生，首部為再生能源打造的專法“授與再生能源優先地位法”簡稱再生能源法終於 2000 年誕生<sup>33</sup>，此項法案的前身是 1991 年頒布的「電力書送修正案 (Novellierung des Stromeinspeisungsgesetz, StrEG)」。該法案除了闡述再生能源發電設備和電力網路的關係外，並提出「獎勵金補貼」及「再生能源電力強制收購」的觀念。<sup>34</sup>

然而，由於德國政府初期並未積極投入，導致執行預算低，以及再生能源的高成本和不具市場競爭力等因素，使的再生能源政策在推動的初期進展的相當緩慢。所幸，經由民間環保團體的倡導及主張，在國在逐漸普遍而深化的環保意識，在此時也形成一股推力，對德國再生能源政策的推動與立法進度產生影響。尤其是以民意為籌碼的選舉策略，一旦支持相關政策的政黨，如綠

<sup>33</sup> 中華民國工研院能資所再生能源推廣室

<sup>34</sup> 陳彥豪，德國再生能源政策與現況分析，頁 5。

黨，獲得多數民意的支持而在議會佔有關鍵席次之後，立法的速度及效率即相對的加速。

## 貳、法案歷程

德國再生能源法於 2000 年通過施行後，即對於再生能源的政策有顯著的加分效果，其後因應歐陸以及國際政經情勢變化，德國聯邦議會又於 2004 年通過本法修正案，其基本精神仍繼受舊法，直至 2009 年，針對各階段的需求，在再生能源的推廣目標則更有明確的數值顯現，如下：

### 一、再生能源法 2000 年版本

2000 年 4 月 1 日，再生能源法正式取代電力輸送法修正案，並規定提高再生能源對電力供應的效益，在 2010 年至少達到 12.0%；於 2020 年至少達到 20%。<sup>35</sup>

### 二、再生能源法 2004 年版本

2004 年 7 月 21 日再生能源法修正的版本於 2004 年 8 月 1 日生效，修正為增加再生能源動力供應量的比例應完成，於 2010 年至少達到 12.5%；於 2020 年至少達到 20%。<sup>36</sup>

### 三、再生能源法 2009 年版本

2008 年進一步的修正是針對 2020 年的再生能源動力比例應增加到 20%-30% 之間。<sup>37</sup>

---

<sup>35</sup> 維基百科英文版, 2009.2.10, <http://de.wikipedia.org/wiki/Erneuerbare-Energien-Gesetz>

<sup>36</sup> 同註 15。

<sup>37</sup> 同註 15。

德國 2000 年的再生能源發電量佔總發電量 6%，因此再生能源法首次立法時，僅訂定 2010 年再生能源發電量配比以加倍為目標，即 12%，但在 2004 年的修正案中，則將 2010 年目標上修至 12.5%，更於 2008 年修正 2020 年目標為 20%-30% 之間，均顯示了德國聯邦政府與議會推動再生能源政策的信心及決心與立法初期相較更形堅定，然而，在這樣的決心與行動之下，德國政府所扮演的角色是否能夠真的發揮其功效，也是本文所欲探討之處。

## 第二節 再生能源法電力補貼相關指令

再生能源法 以下簡稱本法 主要精神就以再生能源為能源的發電機制做一整體性規範，透過環環相扣的制度設計，創造再生能源發電之誘因以及產業發展利基，以提高再生能源配電比及達成首條規定立法目的。再生能源法 2004 年修正通過的條文共計 21 條，再生能源的定義規定於第 3 條：「再生能源來源（Renewable energy source）是指水力、風力能、太陽能、地熱能、沼氣及生質能」。其相關指令共有併聯及收購義務、最低收購價、均等制度、來源保證書/禁止多重販售、爭端解決機制以及執行報告等六大項，將在本節逐一說明。

### 壹、併聯及收購義務

為保障再生能源發電設備所產生之電力皆有輸送電路，本法規定距離再生能源發電設備最近處之輸、配電業，就其設備及所產生電力負有併聯<sup>38</sup>及收購義務，而電力公司及配電業則就輸、

---

<sup>38</sup> 併聯發電系統：將發電系統和電力公司的電路連接，可使用兩種電力。

配電業收購之上開電力負有收購義務。但如果有其他更佳的併聯方式，電業之間得以契約排除本法規定之併聯義務。

此一制度除以公權力介入電業營運以達行政目的外，亦考量市場機制給予業者自主空間，符合了電力輸送之最佳運作模式。併聯及收購義務原則上適用於本法通過後設置商轉之發電設備，而電力收購年限一般為 20 年，但就個別情形亦有 15 年或 30 年之例外規定。<sup>39</sup>

## 貳、最低收購價

輸、配電業者及電力公司依本法收購自再生能源發電設備所產生之電力，應依照第 6 條至第 11 條規定之最低價格支付電費，最低收購價格依再生能源種類、發電設備裝置容量及總發電量而有所不同。一般而言，金額與裝置容量及總發電量成反比，應是考量經濟規模與成本效益之對應關係。其中最高價者為太陽光電發電，相較水力發電之最低價約十數倍。

收購價格支計算因素包括投資、營運、電力儀表計量之成本、裝置使用壽期及市場回報率等，是一個經科學研究所得之方式與結果，雖然無法保證所有業者皆會獲利，但其目的在於使再生能源發電業至少得以具成本效益之方式經營。

## 參、均等制度

由於德國境內再生能源資源分布不均，例如北方風場優勢優於南方，而使用較多再生能源電力支地區將付出較高的代價，恐

---

<sup>39</sup> 例如水力發電之收購年限分別有 30 年及 15 年之規定：Notwithstanding the first sentence above, the minimum fees for electricity generated in plants in accordance with Article 6 (1) shall be paid for a period of 30 years and for electricity generated in plants in accordance with Article 6 (2) shall be paid for a period of 15 years, as well as for the year of commissioning, respectively.

不利於政策的推動，因此本法規定輸配、電業前一年度收購再生能源電力高於全國再生能源電力配電比率時，得將超出部分之電力轉售，以使全國電力公司收購之再生能源電力皆達到同樣的比率，透過此一制度，使用再生能源而增加的電價成本可平均轉嫁至全國電力用戶，不致於有太大的差異。另一方面為兼顧經濟發展，本法要求經濟部門就電力高度消耗之製造業及鐵路運輸業在符合一定條件下，得限制其用電量及降低其電價，以免過高的電價成本影響經濟發展。

#### 肆、來源保證書/禁止多重販售

再生能源發電業得要求環境查核組織或個人依據環境審核法發給再生能源電力來源保證書。為防止電業逃避均等制度之規定，以不當方式取得再生能源電力收購證明，本法規定再生能源發電業不得將電力多次販售或轉讓來源保證書，否則該業者即不得享有最低收購電價。

#### 伍、爭端解決機制

法律是以抽象且有限的條文規範特定或不特定的對象，在實務應用與條文解釋之間必定產生許多爭議，因此本法 2000 年版本規定，為解決併聯爭議，政府應設置爭端解決中心；2004 年版本則規定政府得設立爭端解決機制處理因本法所產生的爭議，其設置必要性從法條用語由「應」修正為「得」，由此可探知經過四年施行，本法並未產生太多爭議或已大至獲得解決。

#### 陸、執行報告

本法規定相關政府部門應於 2007 年 12 月 21 日及其後每四年一次向聯邦議會報告本法執行情況，包括電力收購價格的調整建議、再生能源發電裝置之市場情況及運轉發電技術等，同時賦予行政及立法機關持續關注及檢討本法運作成效之責任。

### 第三節 獎勵措施

自 1990 年後德國的再生能源發電量不斷成長，而這些再生能源事業的發展，也可以避免且降低因停止發展核能後對石化能源的依存度，亦能夠成功的減少每年的二氧化碳排放。本節將逐一針對再生能源法中所定義的再生能源發展及相關獎勵措施分別作介紹。

#### 壹、差異獎勵

為了更有效而全面的推廣再生能源，並讓各類再生能源產業同時發展，德國政府在 2000 年頒布「再生能源法」和「電力輸送法修正案」。其中「再生能源法」考量不同發電方式的成本差異、對不同種類的再生能源提供不同的獎勵金額。這樣的獎勵方式，可以避免不同能源之間所造成的高成本能源排擠效應，讓各種再生能源都能得到全面性的推廣與發展。

除了正面的獎勵措施開拓再生能源市場外，德國另外推行

「環保稅」，間接的支持再生能源。該稅法的主要對象是石化油品和電力。除了可抑制石化油品和電力的消耗，並增加推廣再生能源的財源。「環保稅」的部分稅收是用於「支持使用再生能源措施方針（Richtlinien zur Foerderung von Massnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien）」<sup>40</sup>，協助購置再生能源發電系統。

## 貳、水力發電

在德國，水力被視為再生能源的一種，並列入計算。20 世紀末開始，水力發電逐漸被開發，至 2003 年每年可貢獻 19TWh 的電力，為德國減少八百萬噸的二氧化碳排放量。德國潛在的水力發電總能為 27TWh，因此尚有 9TWh 的潛能等待開發。<sup>41</sup>在過去，水力系統的發電量隨季節改變的特性，最為人所詬病，近年來這些問題在德國已經獲得相當的程度的改善。水力發電的好處相當多，例如建立水壩可方便民生取水，水流經過渦輪機可增加水含氧量等，因此傳統水力發電受到許多支持。相對於其它的再生能源，水力發電起步的早，技術也較為成熟，總發電量每年緩步成長。

然而，德國水力發電量在 2000 年之後卻步增反減，造成發電量衰退的原因有許多，例如極高的投資成本、規劃和許可申請時程較長、其它發電設備和進口電力的競爭等。對於新設立的水力發電廠而言，財務規劃是很大的挑戰及負擔，由於投資成本高和許多的投資不確定因素，使的水力發電在自由競爭的電力市場中不易勝出，因此資本籌措較為困難。

為提高水力發電的競爭力，德國的「再生能源法」針對小於

---

<sup>40</sup> Oekosteuer-sparen oder zahlen? , Umwelt Bundes Amt. 轉引自 陳彥豪，2009.1.20 德國再生能源政策與現況分析，頁 6。

<sup>41</sup>陳彥豪，2009.1.20 德國再生能源政策與現況分析

5MW 的新建水力發電廠，提供 20 年的電力收購保證。<sup>42</sup>但是，這樣的設計將大型水力發電廠排除在外，阻礙了大型水力發電廠的設置。因此「再生能源修正法案」針對這個問題進行改善，對於不同等級的水力電廠，提出不同的收購條件 表 4-1 ，藉此全面推動水力發電。

表 4-1 再生能源法修正案水歷發電相關補助內容

再生能源法修正案水力發電相關補助內容				
發電容量	補助期限	收購金遞減率	收購金內容 每度電	
小於 5MW	營運後 20 年	從 2005 年 1 月 1 日開始每年下降 1%	小於 500kW	7.67 cent
			小於 5MW	6.65 cent
大於 5MW 小於 150MW	至 2012 年 12 月 31 日	無	小於 10MW	6.65 cent
			小於 20MW	6.10 cent
			小於 50MW	4.56 cent
			大於 50MW	3.70 cent

資料來源：Zweite Gesetz zur Aenderung des Erneuebar-Energien-Gesetzes, Vom 22.Dezember 2003，轉引自 陳彥豪，2009.1.20 德國再生能源政策與現況分析，

[http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The\\_Renewable\\_Energy\\_Policy\\_and\\_Development\\_of\\_German.pdf](http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The_Renewable_Energy_Policy_and_Development_of_German.pdf)

<sup>42</sup>同註 41。

## 參、風力發電

德國最早的風力發電計畫是從 80 年代開始，當時所裝設的發電系統功率為 30kW，風扇的直徑為 15 公尺，裝設的地點大多靠近海岸，因為海邊的平均風速較高。爾後隨著技術的進步，發電系統的裝置不再侷限於海岸，而逐漸往內陸發展，發電系統功率增大到 2.5MW，風扇直徑加長為 80 公尺。德國的陸上風力發電理論潛力為每年 127.7 TWh，海上發電則有 237TWh。和 2003 年風力總發電量 18.5TWh 相比，風力尚有 95%的潛能可開發。

43

圖4-1 為1990~2030年德國風力發電的現況與發展藍圖。

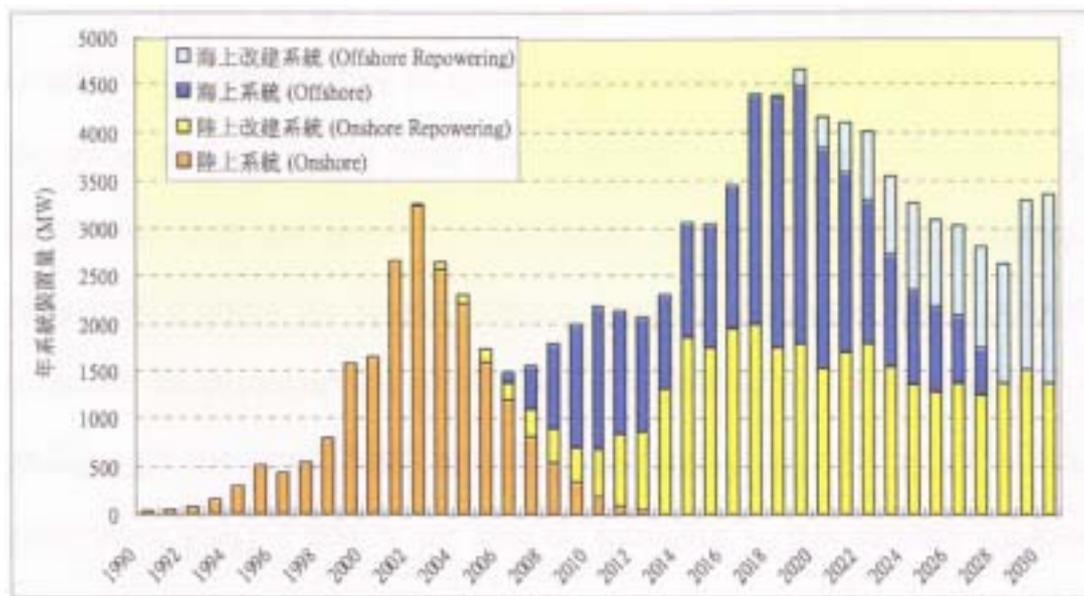


圖4-1 1990~2030年德國風力發電的現況與發展藍圖

資料來源：Wind Energy Study 2004, Deutsches WindEnergie Institut

轉引自 陳彥豪，2009.1.20 德國再生能源政策與現況分析，

[http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The\\_Renewable\\_Energy\\_Policy\\_and\\_Development\\_of\\_German.pdf](http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The_Renewable_Energy_Policy_and_Development_of_German.pdf)

<sup>43</sup> German Wind Energy Association, 2009.7.7, <http://www.wind-energie.de/en/topics/renewable-energy-law>

1991年「電力輸送法修正案(StrEG)」施行後，風力發電正式進入商業運轉的時代。當時共完成7,900座發電系統，提供了4,400 MW的發電功率。2002年拜「再生能源法」之賜，年度風力發電系統裝置量達到高峰。一年內增加2,328座發電系統，提供3,250 MW的發電功率。法案對風力發電提供優厚的補貼，因此在2000年後掀起風力發電系統的裝置風潮，促成風力發電量裝置倍增。<sup>44</sup>

「再生能源法」對風力發電的補助分成兩個階段，開始運轉的前五年為第一階段，五年後為第二階段(表 4-2)。陸上發電系統第一階段的收購金額在 2000 年為 9.1 Cent / kWh，第二階段的收購金額則視發電狀況而定。<sup>45</sup>營運較好的系統其收購金額從 9.1 Cent / kWh 降為 6.19 ct / kWh，<sup>46</sup>運轉效能較差的系統則視其發電效率而降低對收購金額的減少量，甚至不減少。這樣的設計用意在於排除設置地點的風力大小，對投資收益的影響，如此才能保護投資利益，增加投資意願。由於發電成本隨時間而下降，因此收購金額在 2002 年後開始以 1.5 % 的比例遞減，在 2004 年後修正為 2 %。這顯示出由於風力發電在 2002 年後迅速發展，<sup>47</sup>其成本降低的速度高於預期。

表 4-2 再生能源法修正案中風力發電相關補助內容

再生能源法修正案風力發電相關補助內容		
設置地點 陸上	第一階段 前 5 年	第二階段
收購金額	8.7 Cent/kWh	最少 5.5 Cent/kWh
- 第二階段的補助金額是營運狀況而定		
- 2005 年之後收購金額以每年 2% 的比例下降		

<sup>44</sup> 同註 43。

<sup>45</sup> 同註 43，*Offshore wind energy*，

<sup>46</sup> 同註 43。

<sup>47</sup> 同註 43。

<ul style="list-style-type: none"> <li>- 對 Repowering 的特別規定，適用於發電量最少變為 3 倍的系統</li> <li>- 在營運前需證明此設置地點在運轉後可超過 60%的參考收益，否則不予補助</li> </ul>		
海上設置系統特別規則 適用至 2010 年		
設置地點 海上	第一階段 前 12 年	第二階段
收購金額	9.1 Cent/kWh	最少 6.9 Cent/kWh
在 2008 年後收購金額以每年 2%的比例下降		

資料來源：Zweites Gesetz zur Aenderung des Erneuerbare-Gesetzes, Vom 22. Dezember 2003，轉引自 陳彥豪，2009.1.20 德國再生能源政策與現況分析，  
[http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The Renewable Energy Policy and Development of German.pdf](http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The_Renewable_Energy_Policy_and_Development_of_German.pdf)

## 肆、生質能

現階段德國的生質能源有 87%用於產生熱能、8%為燃料，約 5%用於發電。<sup>48</sup>除了「剩餘物質」例如木材、廢水等的運用已經達到經濟規模外，能源作物方面在含碳能源未完整反映生態成本和低油價的狀態下，還不具市場競爭力。短期目標，德國政府希望在 2020 年建立可商業化的生質能源技術和生質發電的初期市場。長期的目標則希望在 2030 年將生質能納入能源結構中，提供 16%的電力、10%的熱能需求及 12%的小汽車燃料。<sup>49</sup>為實現計畫目標，「再生能源法」對生質能發電亦提供優厚的獎勵金。相關補助內容請見表 4-3：

<sup>48</sup> 同註 41。

<sup>49</sup> 同註 41。

表 4-3 再生能源修正案中生質能發電相關補助內容

再生能源法修正案生質能發電相關補助內容		
補助項目	補助條件	每度電(/kWh)
基本收購價	小於 150kW	11.5 Cent
	小於 500kW	9.9 Cent
	小於 5MW	8.9 Cent
	5MW-20MW	8.4 Cent
	在 2005 年後收購價以每年 1.5%的比例下降	
附加補助 可累加	採用汽電熱共生系統(KWK)	2.0 Cent
	採用創新方法 需用 KWK 系統 - 熱化學氣化 - 天然氣淨化處理 - 乾式發酵	2.0 Cent
	採用創新技術 需用 KWK 系統 - 燃料電池 - 蒸氣渦輪機	2.0 Cent

	- 氣體渦輪機 - ORC 發電設備 - 混合物發電設備 - Stirlingmotoren	
使用再生原料 (NAWAROS)	小於 500kW	6.0 Cent
	小於 5MW 木材	4.0 Cent
	小於 5MW 非木材	2.5 Cent

資料來源：Zweites Gesetz zur Aenderung des Erneuerbate-Gesetzes, Vom 22.

Dezember 2003，轉引自 陳彥豪，2009.1.20 德國再生能源政策與現況分析，

[http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The\\_Renewable\\_Energy\\_Policy\\_and\\_Development\\_of\\_German.pdf](http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The_Renewable_Energy_Policy_and_Development_of_German.pdf)

在設備補助方面，「支持使用再生能源措施方針」中對使用固態生質燃料及沼氣( Biogas )的熱能系統和汽電熱共生系統，提供部分投資金額的補助或為期 10-20 年的全額優惠貸款，<sup>50</sup>協助購買設備，相關補助內容請見表 4-4。大體來說，對於再生熱能系統，因為沒有相關的熱能收購措施，所以給予資本補助以降低進入門檻；對再生能源發電系統則提供貸款補助，投資者也可運用依「再生能源法」所獲得的電力收購金，逐年償還系統成本。

表 4-4 支持使用再生能源措施方針生質能發電相關補助內容

系統種類	投資補助方式	
固態生質燃料生熱系統 小於 100kw	投資補助金	
	鍋爐效率未過 90%	60 Euro/kw
	鍋爐效率超過 90%	-60Euro/kw -有隔熱設計、最少補助 1700 Euro

<sup>50</sup> Richtlinien zur Foerderung von Massnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien,200311.26, Nr.234

		-無隔熱設計、最少補助 1000 Euro
- 固態生質燃料汽電熱共生系統	投資優惠貸款	
- 沼氣發電系統 小於 70kw		- 提供投資總額(100%)低利貸款 - 償還期限 10-20 年 - 前 1-2 年不需償還

資料來源：Richtlinien zur Foerderung von Massnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien,26.11.2003, Nr.234，轉引自 陳彥豪，2009.1.20 德國再生能源政策與現況分析，

[http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The\\_Renewable\\_Energy\\_Policy\\_and\\_Development\\_of\\_German.pdf](http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The_Renewable_Energy_Policy_and_Development_of_German.pdf)

生質發電的相關技術相當多，目前仍處於經驗累積階段。因而各種獎勵措施中，對於使用創新技術的發電設備，都給予額外的補助，協助能源效率提高或更環保的技術能迅速的普及化。技術研究重點則包括了「生質燃料與燃煤混燒技術」、「生質汽油開發」與「汽電熱共生系統在生質能方面的運用」等。

## 伍、地熱能

2004 年通過的再生能源法對地熱發電提供了更有力的支持，因為他對於 10MW 的發電設備電力收購金大大提高約 60%，到達 15 Cent。<sup>51</sup>

地熱能有不受天候影響和持續發電的特性，被視為是本世紀的能源。地熱發電和太陽光電一樣，是再生能源中少數可作分散式運用的系統。2000 年的「再生能源法」將地熱發電正式列舉為再生能源。到 2004 年為止，德國的地熱利用都僅止於初始階

<sup>51</sup> Zweites Gesetz zur Aenderung des Erneuerbate-Gesetzes, Vom 22. Dezember 2003

段，直到 2004 年再生能源法修正案的通過，德國境內僅有 30 座功率從 100kW 至 9MW 的機組。

德國的地熱潛能約為每年 312TWh，其中有 288TWh 可用於滿足基載電力，約佔基載電力需求的 60%。因此德國在未來能源結構中對地熱能規劃相當高的比重。地熱能發電相關補助內容請見表 4-5：

表 4-5 再生能源法修正案中地熱能發電相關補助內容

再生能源法修正案地熱發電相關補助內容		
補助項目	補助條件	每度電(/kWh)
基本收購價	小於 5MW	15.00 Cent
	小於 10MW	14.00 Cent
	小於 20MW	8.95 Cent
	大於 20MW	7.16 Cent
	在 2005 年後收購金額以每年 1% 的比例下降	

資料來源：Zweites Gesetz zur Aenderung des Erneuerbate-Gesetzes, Vom 22. Dezember 2003，轉引自 陳彥豪，2009.1.20 德國再生能源政策與現況分析，[http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The Renewable Energy Policy and Developme nt of German.pdf](http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The_Renewable_Energy_Policy_and_Developme nt_of_German.pdf)

## 陸、太陽能

在 2004 年德國對「再生能源法」進行修正時，修正案中把「差異獎勵」的改念進一步施行到個別的再生能源之中。以太陽

光電為例，法案中對不同形式的發電設備，例如連接電力網路或不連接電力網路，給予不同的「獎勵金」，其目的即在於引導該能源事業的走向。這樣的「差異獎勵、引導發展」的概念，可有效的引導新技術進入市場。

## 一、預算補助及優惠電力回購

德國政府向來是太陽能產業的支持者，不惜斥資補助裝設 PV 系統，或是投入技術研發。1999 年代推動的「十萬屋頂計畫」和 2000 年通過的「再生能源法」聯手推升太陽光電系統累積裝置量，平均年增加率高達 54.85%，完全達成甚至超越了計畫目標。<sup>52</sup>以 2003 年為例，德國政府支持的 PV<sup>53</sup>產業研發費用即高達 1725 萬歐元，主要是協助企業降低太陽能電池與模組的生產成本，並改進 PV 系統的光轉換效率。

其中，「十萬屋頂計畫」中對不同發電容量的系統給予不同等級的「貸款補助」。「十萬屋頂計畫」在 2003 年 12 月結束，相關目標及成效請見圖 4-2。「設備貸款補助」工作緊接著在 2004 年由「KfW 二氧化碳減量計畫」及「陽光計畫」展開。前者針對自用住宅的小型系統 即裝置量小於 15kW，後者針對大型系統 裝置量大於 15kW。爾後，德國政府在 2005 年又推出「太陽光發電計畫」(Solarstrom Erzeugung)。這一連串的措施最重要的目的在於宣示太陽光電事業能持續獲利，並藉此吸引更多的人加入太陽光發電的行列。

---

<sup>52</sup> Bundesministerium fuer Umwelt,Naturschutz und Reaktorsicherheit Press, 2003.12.30, <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/5178/5105>

<sup>53</sup> 同註 52。



圖 4-2 「十萬屋頂計畫」的計畫目標和實際裝置量比較圖

資料來源：PVPS annual report 2003, P.60 轉引自 陳彥豪，2009.1.20 德國再生能源政策與現況分析，

[http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The\\_Renewable\\_Energy\\_Policy\\_and\\_Development\\_of\\_German.pdf](http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The_Renewable_Energy_Policy_and_Development_of_German.pdf)

同時，太陽能發電系統部分，在「補貼收購」方面，「再生能源法」給予 20 年不變的優惠電力收購價，方便有意投資再生能源者做長遠的財務規劃。此外，為施行再生能源電力強制收購，法律中針對發電系統連接電力網路的成本分攤亦進行說明：「電力生產者要負擔發電系統連接到電力網路的成本，而電力網路是業者則要負責因新電力系統連接電力網路，而造成的電力網路改建費用。」

## 二、充分利用已開發土地

2004 年後太陽光發電系統的「貸款補助」限制，從過去的 5kW 提高為 15kWp，且最高提供 50000 歐元的全額補助。<sup>54</sup>補助

<sup>54</sup> 同註 52。

限制的修改是為了讓大多數的建築物可在屋頂和外牆都加裝太陽光電系統。此外，「再生能源法修正案」中，特別針對正面外牆的發電給予額外的獎勵金 5.0 Cent/kW，<sup>55</sup>各項相關補助內容請見表 4-6。此舉確立「太陽光電建築」為未來德國光電市場的發展方向。即「太陽光電建築」主要是標榜太陽能發電模組和建築物結合，藉由充分的利用所有地形、地物面積，避免濫墾土地，破壞現有生態環境。

2004 年德國 PV 市場最大的成長動力來源，主要受惠於新再生能源法案 簡稱 EEG 在同年 8 月間正式生效，該法案保證在未來 20 年內，給予再生能源產生的電力一定的補償，其中在太陽光電的電力回購制度上，將提供各式優惠的電價收購方案 (Feed-in tariff)，請參見表 4-6：

表 4-6 德國再生能源法案( EEG ) PV 電力收購制度(單位: Cent/kwh)

項目	年度				
	2004	2005	2006	2007	2008
屋頂	57.40	54.33	51.80	49.21	46.75
建築牆壁在 30KW 以上	54.60	51.87	49.28	46.82	44.48
建築牆壁在 100KW 以上	54.00	51.30	48.74	46.30	43.99
外牆或外觀整合 紅利	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
開放空間	45.70	43.42	40.60	37.96	35.49

註：補助金額費率自 2005 年開始每年減少 5%，開放空間/區域自 2006 年起減少

<sup>55</sup> 同註 52。

6.5%

資料來源：德國新再生能源法 (EEG)，轉引自《透視全球太陽光電產業：太陽鍊金術》，頁 56。

### 三、推動與電力網路併聯

發電系統與電力網路併聯，是另一個德國太陽光電系統發展趨勢，表 4-7 為 2004-2008 年新再生能源法的收購金額比較表。由表中可知，聯網系統<sup>56</sup> 詳見圖 4-3、圖 4-4 最高的補貼金額為 59.53 Cent，比獨立系統高出 37.1%。在補貼金額的遞減比例方面，2006 年後獨立發電系統的遞減量比聯網系統高出 30%。<sup>57</sup> 法案中的此兩項設計，會減弱裝設獨立發電系統者償還貸款的能力。引此裝設聯網系統的意願將比獨立系統高出許多。

表 4-7 再生能源法 2004-2008 年貼補金額對照表 (單位：Cent)

年度	2004	2005	2006	2007	2008
聯網系統	57.4	54.53	51.80	49.21	46.75
超過 30kW 部分	54.6	51.87	49.28	46.82	44.48
超過 100kW 部分	54.0	51.30	48.74	46.30	43.99
安裝正面外牆獎勵金	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
獨立系統	45.7	43.42	40.60	37.96	35.49

<sup>56</sup> 併聯(聯網)系統：將太陽能發電系統和電力公司的電路連接，可以使用兩種電力。

<sup>57</sup> 同註 52。

資料來源：<http://www.solarserver.de/solarmagazin/eeg.html>，轉引自 陳彥豪，  
 2009.1.20 德國再生能源政策與現況分析，  
[http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The\\_Renewable\\_Energy\\_Policy\\_and\\_Development\\_of\\_German.pdf](http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The_Renewable_Energy_Policy_and_Development_of_German.pdf)

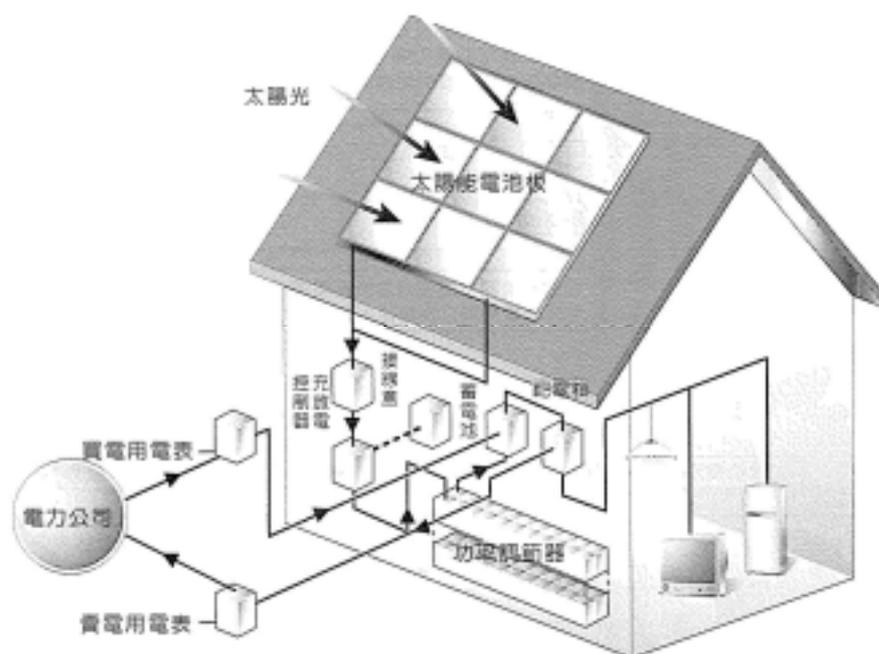


圖 4-3 太陽能電池發電基本系統

資料來源：(社)化學公學會 SEC.Net 原編，賈要勤、溫榮弘編譯，2008。《圖解  
 新能源百科》。頁 47。

表 4-8 太陽能發電系統各部位功能對照表

部位名稱	功能
太陽能電池板	接受太陽光，將太陽能轉換為直流電。
連接箱	將太陽能電池出來的直流導線整理後送到功率調節器

功率調節器	將太陽能電池產生的直流電變換為交流電。由反相器和並網保護裝置購成。
配電箱	進行買電和賣電的切換
記錄賣電、買電的電表	記錄賣電、買電的電量

資料來源：(社)化學公會 SEC.Net 原編，賈要勤、溫榮弘編譯，2008。《圖解新能源百科》。頁 47。

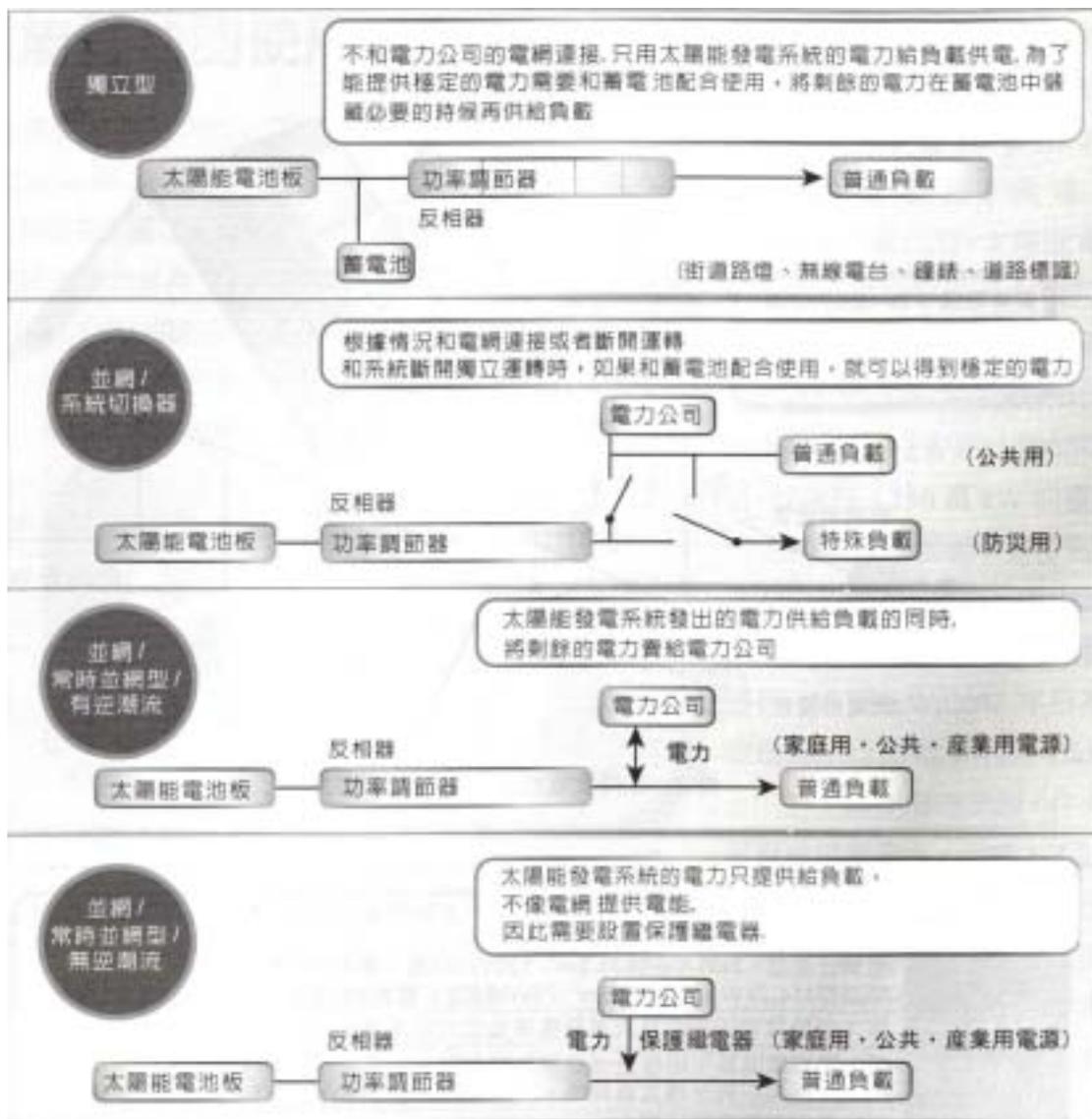


圖 4-4 並聯發電系統與獨立型發電系統之比較

資料來源：(社)化學公學會 SEC.Net 原編，賈要勤、溫榮弘編譯，2008。《圖解  
新能源百科》。頁 48。

綜合前述六項表列德國新再生能源法中的再生能源，從中不難看見，德國對於再生能源應用政策制訂之用心以及決心。

然而，任何政策在推動的過程中，除了成效，都難免有所阻礙，對於德國這個環保意識高漲的國度，在其推行能源政策之際，特別是初期需投入資金龐大的太陽能發電系統，相關的配套措施、獎勵及宣導，每一個環節，都值得各國作為借鏡；另一方面，所有政策推動過程中也必然會遭遇到阻礙，再生能源法當然也不例外，對於世界各國而言，從中取其長處，再搭配各國政策及民情，將可以制定一套最適合自己國家的能源法。



## 第五章 評估與展望

為了避免能源危機以及環境的變遷可能帶來的雙重影響，目前國際間除了積極推動提升能源效率之外，也將開發新的替代能源作為國家政策主軸，以達到環保、節能及永續發展之目標。

無論是基於什麼樣的原因德國開始發展能源政策，秉持著德國人一貫嚴謹的態度，在政策的制定、配套措施的考量以及獎勵措施的施行，都令其他國家不得不為之欽佩，何以有今日成效？過程中所遭受的問題 以及德國對其自身對環境保護的期許及目標，將在本章逐一探討。

### 第一節 能源政策推動之成效

每一項政策的推行，或多或少，都有一定程度的成效，對於德國，能源政策的推動，除了不再將能源主控權操之在其他國家之外，能源的多元化、自然環境的保護以及帶動再生能源相關的產業發展，均為其明顯易見的成效，以下逐一詳述。

#### 壹、促進能源多源化

表 5-1 為 BEE (Bundesverband Erneuerbare Energie e.V)依照 2020 年發展目標，試算德國各種再生能源的發展比例，風力發電將佔所有再生能源的 70%，其它如地熱、生質能及太陽光電也會建立初期的規模。如果比照風力的發展歷程，生質能將會在 2020 年後正式開始發展。而大規模的太陽能發電，在 2030 年之後也將發展成一定規模。

表 5-1 依 2020 年目標預測德國各類再生能源總發電量及分配比例

	水力	風力 (陸)	風力 (海)	生質能	地熱	太陽光電	總發電量
2020 (TWh)	26	47	65	8.5	8.5	4	159
比例(%)	16.3	30	40.8	5.2	5.2	2.5	100

資料來源：Beschaeftigungseffekte durch den Ausbau erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2020, BEE, 2004.5，轉引自 陳彥豪，2009.1.20 德國再生能源政策與現況分析，

[http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The\\_Renewable\\_Energy\\_Policy\\_and\\_Development\\_of\\_German.pdf](http://www.yenhaw.idv.tw/cfd/article/The_Renewable_Energy_Policy_and_Development_of_German.pdf)

表 5-2 德國電力結構圖

來源	石油與天然氣	褐煤	硬煤	核能	再生能源
比例(%)	8	32	25	27	8

資料來源：陳彥豪 德國再生能源政策與現況分析，頁 6。

對照表 5-1 與表 5-2，可得知，在德國，除了原有傳統的石化能源之外，由於其積極的開發及發展，在不久的將來，再生能

源將可幾乎全面性的替代原有的石化能源，能源也呈現多源化而不再單一的局面。

此外，由於再生能源法就再生能源發電之並聯、優惠補助等措施奏效，使再生能源得以突破高成本的競爭限制，並大幅且持續成長，對於單一能源的依賴性及風險性也相對得以降低，第三章所述及德國對自產煤及進口能源的依賴性便因其國內再生能源的有效運用而得以降低。

## 貳、保護自然環境

目前逐漸增加的大多數證據顯示，大氣暖化會造成自然災害發生的頻率增高，使用再生能源發電的二氧化碳排放量遠低於石化能源，相較於核能發電更無後端汙染問題；再則大部分原自於太陽能量之再生能源具有源源不絕之特性，不會破壞自然環境。

以水力發電為例，德國將水力發電視為再生能源的一種並列入計算。20 世紀末開始，水力發電逐漸被開發，至 2003 年每年可貢獻約 19TWh 的電力，為德國減少 800 萬噸的二氧化碳排放，而德國潛在的水力發電總能為 27TWh，因此尚有 9TWh<sup>58</sup>的潛能等待開發。

然而，有鑒於水力發電的未來潛力有限，迫使德國必須積極尋找下一個開發目標。風力發電的成本約為 4-12 Cent/kWh<sup>59</sup>，是屬於再生能源中較低的。在考量技術、發電成本和發展潛力下，風力被認為是 2020 年前德國最有開發潛力的再生能源，因此，風力發電為在 2000 年後，德國全力發展的再生能源。在對二氧化碳的貢獻方面，預計在 2025 年風力發電將達總耗能的 25%，

<sup>58</sup> 中國投資諮詢網，2007.3.21，簡析德國可再生能源的發展現狀及前景，

<http://www.econet.com.cn/free/2006ny122.htm>

<sup>59</sup> 陳彥豪，德國再生能源政策與現況分析，頁 7。

約可減少 10% 的二氧化碳排放。<sup>60</sup>

## 參、帶動再生能源相關產業發展

由於再生能源法的施行，大大的提升了再生能源的發展，也因此，進而增加了相關產業的就業機會，特別是在針對德國經濟站關鍵角色的中小型企業，包括金屬、電機、機械、引擎與設備還有建材工業等行業。

德國自 1999 年開始實施補貼獎勵以來，再生能源的就業人口相較於 1998 年即大幅成長一倍，目前德國不僅是歐洲 PV 產業的龍頭，也是全球最大的風力發電國，而依照德國再生能源協會(Bundesverband Erneuerbare Energie e.V，簡稱 BEE) 2005 年 6 月的統計資料顯示，德國再生能源產業已經創造出超過 14 萬的就業人口，其中來自太陽光電產業的就業貢獻七分之一，而未來 20 年將出現倍數成長。預估單在系統裝置及維修方面，就可創造 8 萬個工作機會；模組部分則可增加 5 萬個就業機會。PV 產業更被德國視為下一個重點發展產業。<sup>61</sup>

在 2000 年至 2005 年間，德國 PV 市場每年約成長 38%，預期隨著新再生能源法案逐年削減 5% 的補助金額，2006 年至 2009 年的年增率會降至 25%，但是這並不會影響德國 PV 市場的發展，預估到 2010 年，德國 PV 系統發電量將達 3.2TWh，相當於一個以煤為燃料的大型火力發電廠的發電量；預估在 2020 年，太陽能總發電量將佔德國發電量的 3.5%。

此外，受德國在 2004 年重新修正的電價收購方案的帶動，目前歐洲有 16 個國家陸續跟進採用類似措施，試圖透過政府補

---

<sup>60</sup> 同註 42。

<sup>61</sup> 2009 年財金年鑑，馮欣仁，2009，創造綠色奇蹟的綠能科技。台北：財訊出版社。

助的力量，推升歐洲地區 PV 產業的成長與普及。根據歐盟白皮書的規劃，由於全球還有 20 億人口為能使用電力，分別分布在非洲、亞洲、美洲等地，故不僅歐洲內需市場具成長潛力，歐洲的太陽光電公司還能進一步搶食開發中國家的市場商機，並且有爭取到四成以上市佔率的實力。

在海外市場商機的牽引下，2006 年至 2007 年，整個歐洲 PV 市場的產能已達 900MW，歐洲有機會成為太陽光電系統的淨出口地區，創造更大的經濟價值。歐洲太陽光電產業協會(EPIA)也曾明白指出，若歐洲 PV 廠商能掌握到出口契機，則原預估在 2010 年可創造的 6 萬個工作機會，就可提高至 10 萬個工作機會，對提升歐洲的 GDP 成長有潛在貢獻。<sup>62</sup>

## 第二節 能源政策推動過程中所遭遇之問題

自 1990 年後期，德國的再生能源發電量不斷成長，同時，這些再生能源事業的發展，也避免了因停止發展核能後對石化能源的依存度，也成功的減少每年的二氧化碳排放。

然而，無論政策優劣，在推動過程中，遭遇問題在所難免，從 2000 年制定，2004 年修正的再生能源法亦然，這項舉世注目的再生能源法規，儘管至今發展越趨完整，然而，在其政策早期推動的過程中，仍一度面臨窒礙難行的局面，本節將就能源政策推動過程中所遭遇之問題，逐一敘述。

### 壹、開發與環保兼顧的兩難

此處筆者欲以水力發電為例，水力發電的好處相當多，例

---

<sup>62</sup> 同註 31。

如建水壩可方便民生取水，水流經過渦輪機可增加水含氧量等，因此傳統的水力發電受到許多支持。相對於其它再生能源，水力發電起步的早，技術較為純熟，總發電量每年呈緩步成長的趨勢。

不過德國水力發電量在 2000 年後卻不增反減。造成發電量衰退的原因有許多，例如極高的投資成本、規劃和許可申請時程較長、其它發電設備和進口電力的競爭等。對於新設立的水力發電廠而言，財務規劃是極大的挑戰。由於投資成本高和許多投資不確定因素，使得水力發電在自由競爭的電力市場中不易勝出，因此資本的籌措較為困難。再則，德國的水資源事務法( Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts )將水資源利用的使用許可從過去的 60-90 年，縮短為 30 年，造成投資回收風險相對的增加。

除財務方面的阻礙之外，另一個阻力來自於 2000 年通過的「歐盟水資源方針總則 (EU Wasserrahmen Richtlinie)」。該總則主要的目的為保護水資源，避免水資源進一步的被汙染。計畫中要求歐盟各國對境內水資源的水質做定期的調查及改善，以逐步達到要求品質。這樣一來，可能對新電廠的設立或舊電廠營運許可審核有負面的影響，根據估計，如果嚴格執行此計畫，在 2020 年會造成每年 2TWh 的水力發電損失，在 2050 年總損失會高達現在的三分之一。<sup>63</sup>

綜合前述，德國的水力發電面臨不同政策互相衝突的兩難局面，一方面依「再生能源法」希望開發水力發電，降低二氧化碳排放，另一方面水力發電卻要面對嚴苛的環保法規和其它能源方案競爭。如何為高附加價值的水力發電發展找到平衡點，保持發電量的持續成長，有待德國政府進一步的努力。

---

<sup>63</sup> 同註 31。

此外，不管採用何種初級能源來發電，均需經由各種不同的發電裝置。發電裝置的建造需要耗費地球的資源。能量密度大的初級能源所需的發電裝置較小，能量密度小的初級能源需要較大的發電裝置，也將耗費較多的資源。任何發電裝置的建構與運轉均會對環境帶來衝擊，衝擊的層面與特質會因初級能源的不同而有所不同。任何發電裝置的建構與運轉也都會有可能對從業人員或者一般民眾帶來生命的威脅及健康的影響。各類型的發電裝置所佔的土地，也會因使用之初級能源的不同而有所不同。

因而，各類型發電方法均會產生廢棄物。核能發電的廢棄物包括低階放射性廢料、使用過核燃料、以及鈾-235 濃縮過程中所產生之鈾-235 含量較低的鈾；燃煤發電的廢棄物則包括煤渣、除污裝置所收集之微塵及殘餘物；太陽能發電廢棄物的來源則是來自於晶片製造過程中所產生的廢棄物，包括許多極具毒性的氣體，例如 silane, arsine, phosphine, diborane 等。這些廢棄物的處理都需要特別而昂貴的技術。<sup>64</sup>

表 5-3 所列為各種發電方法中所產生之廢棄物體積，計算基準為 1000 百萬瓦電廠運轉 30 年所累積之廢棄物總量<sup>65</sup>。如果將核能產生後之使用過核燃料再處理，回收鈾及鈾，可以大幅減少廢棄物的總量，如果在滋生反應器的技術可以順利的發展，亦可將 U-238 當作燃料使用。表格中沒有風力發電的數據，其廢棄物為報廢的設備。

表 5-3 各種發電方法中所產生之廢棄物體積

發電方法	廢棄物種類	總量 公噸	有害物質 公噸
核能	使用過核燃料	1.05x10 <sup>3</sup>	1.05x10 <sup>3</sup>
	低階核廢料	5.67x10 <sup>4</sup>	5.67x10 <sup>4</sup>

<sup>64</sup> 李敏，2009.7.7 各種發電方法的外部成本，  
<http://www.gauss.com.tw/dyu/method.htm#核能發電>

<sup>65</sup> Lehman, Linda L., 1996, 《Nuclear Fear The Environment Cost》, Review Copy.

	鈾-238	8.16x10 <sup>6</sup>	8.16x10 <sup>6</sup>
燃煤	收集之微塵	2.03x10 <sup>6</sup>	2.03x10 <sup>6</sup>
	除污設備產生之廢棄物	3.57x10 <sup>6</sup>	含量不明
	煤渣	2.18x10 <sup>7</sup>	含量不明
太陽能發電 熱	金屬製造	4.35x10 <sup>5</sup>	1.63x10 <sup>4</sup>
太陽能發電 光	晶片製造	6.86x10 <sup>3</sup>	6.86x10 <sup>3</sup>

資料來源：李敏，各種發電方法的外部成本，2009.7.7

<http://www.gauss.com.tw/dyu/method.htm#核能發電>

由上述可知，儘管再生能源的開發是一大令人振奮的消息與科技技術的進步，但要在能源開發與環境保護兼顧的情況下，的確對政府當局是一大考驗。

## 貳、各方意見與現實狀況

太陽能量產需要一筆數十億歐元的啟動費。這筆鉅資對小製造商而言是不可能，大企業在初期則還不太感興趣，他們最主要的興趣仍是：做反對太陽能的宣傳，而這種宣傳至少會一直持續到投入傳統能源的數十億資本回收之前。

然而，由於資本主義市場的運作模式，使得各大企業紛紛往利益的一方前進，而為了維護原有的利益，企業團體不免透過各種管道介入政策的制定，甚至左右其中。以德國經濟部 and 環保部為例，這兩個部門素來對於德國能源政策的態度歧異，又因對歐盟的「廢棄釋出權交易準則（Richtlinie zum Emissionshandel）」彼此意見不同而發生摩擦。歐盟的「釋出權交易準則」旨在最終減少二氧化碳廢棄釋放量。其原則是工業界或電廠配有廢棄釋出

的權利，而該項權利可以交易，凡使用環保的方式生產或改善設備以降低廢氣的企業可將多餘權力讓售予對環保有害的業者。

按照歐盟規定，2005 年起該準則將付諸實行，而在 2004 年 3 月底以前德國需提交計畫，明訂工業界可獲得多少免費的廢氣釋出權利。

在這一部份，環保部主張 2007 年免費的廢氣釋出權利為 4 億 9900 萬噸二氧化碳釋出量，至 2012 年降低至 4 億 8000 萬噸。而對於全德 2600 家能源供應公司及工業公司，希望於第一期 2005-2007 年間每年達到減少二氧化碳釋出量 1.5% 的目標，經濟部則希望減緩降低廢氣的速度，以保護工業界，避免企業承擔過重之額外支出，且不致影響疲弱之景氣發展及企業的投資意願，例如主張鋼鐵可增加廢氣釋出權利 2000 萬噸，亦提供核能發電廠及火力發電廠減緩壓力的空間。然而其建議被解讀為對氣候保護政策的放棄，而其廢除環保稅的主張，亦可能使現階段的退休保險費再度升高 2%。<sup>66</sup>

## 參、各方團體的介入

目前德國在生能源只佔全部能源供應的少數，但根據德國聯邦環保部之願景，到 2050 年，全德至少應有 50% 能源供應來自再生能源，屆時德國將有無數巨型風車在海岸運轉，以供應電至德國廣大地區；建築物屋頂上將裝置有太陽能設備以供應熱水；平地上則到處可見氣電共生機組，核能發電廠則已消失無蹤。德國政府能源政策雖與國際能源總署( IEA )對世界能源展望之預期相同，也就是再生能源比重持續增加，煤炭及核能之重要性日漸減少，但僅止於趨勢。根據 IEA 專家估計，再生能源的重要性

---

<sup>66</sup> 台灣國際貿易局網站，2009.6.5 [www.doc.trade.gov.tw](http://www.doc.trade.gov.tw)

仍將有很大的限制，礦物能源仍將繼續主宰國際能源市場，並將供應大部份額外之能源消耗，核能則將繼續在全球使用。根據估計，至 2030 年，石油、煤炭及天然氣將佔全球總發電量之 82%、再生能源 14%、核能發電 4%。<sup>67</sup>

由 96 個國家能源經濟代表所組成的世界能源協會（WEC）早於 2004 年夏天在澳洲雪梨召開的全球能源會議上，亦獲得類似的討論結果。會議報告指出，在往後的數十年，儘管風力及太陽能之利用持續增加，但短時間內還無法成為主流能源，傳統能源之石油、煤炭及天然氣，加上核能與水力仍將是能源供應主力。

此外，跟時任 WEC 德國分會會長 Gerhard Otto 的看法，德國政府能源政策不符合全球能源發展趨勢。德國打算完全廢止核能及可能不再使用煤炭的心能源政策純粹是基於綠黨意識型態之決定，根本行不通。此外，推廣不符合經濟效益之再生能源使用費亦甚高。Otto 會長批評，只因意識型態就廢止某種能源是不負責任的，為了能源能夠永續供應，除了風力及太陽能外，核能科技及燃煤發電仍需繼續發展，解決能源問題之方式是運用科技發展而非意識型態。

德國 RWE( RWE Umwelt AG )電力公司董事 Gerd Jaeger 認為，德國新能源政策缺乏連續性，並批評廢止核能及要求高水準環保目標是不能同時實現的。Jaeger 強調，核能發電幾乎不產生有害物質，不含有二氧化碳之排放問題。德國政府計畫，在 2020 年時，全國二氧化碳之排放量至少較 1990 年代減少 40%。Jaeger 進一步說明，但如果德國政府果真於 2020 年關閉所有核電廠，聯邦政府將無法達到此一目標。

---

<sup>67</sup> 同註 28，頁 14。

德國目前許多老舊發電廠必須淘汰或加以現代化，因此尋找一個正確能源組核時間越來越急迫，若廢止核能發電，就必須增建其它類型之發電廠。專家估計，到了 2030 年，至少需要電力 65MW，相當於 80 座大發電廠。單是到 2020 年這段期間，投資建造發電廠之成本就高達 300 億歐元。因此，德國發電業者要求政府，應有更明確之能源政策，業者才能有所依據規劃未來。<sup>68</sup>

除了上述民間企業、官方機構所披露的現實情況之外，民生用電的最大族群：民眾，亦有反對聲浪。而其主要理由不外乎是成本太過昂貴，浪費太多納稅人的錢，由於部分再生能源仍處發展階段，因而電力太小效果不彰，裝置在建築物外牆上的太陽能板，被認為是破壞美觀；風力發電機發出類似直昇機的螺旋槳聲，晚上必須關掉，否則附近居民無法入睡 等等諸如此類的原因。

另一方面，德國政府認為，沒有民眾的廣泛參與，可持續發展以及節能不可能取得成功，因此，提高民眾的節能意識十分必要。政府高級官員不定期與民眾舉行討論會，並就政府的可持續發展包括能源方面的政策等進行討論，聽取意見，並鼓勵民眾監督節能和環保等領域的工作。此外，政府機構還開有專門的節能知識網站，向民眾介紹各種節能知識。

由本章節可知，每一種不同能源的開發，都有其利弊，端看程度之多寡不同而定。然而，在全球一片新能源開發的聲浪中，我們不難看出，縱使是一向標榜環保意識高漲的德國，在其政策的推行與制定過程中，也有一定程度的困難，無論是在於政策或者對於人民的教育，反觀今日之成果，德國政府的努力和決心想見一番。

---

<sup>68</sup>台灣駐德國慕尼黑辦事處商務組新聞，2004.11.4，德國能源政策窒礙難行？，《德國商報》轉引自 [http://www.doc.trade.gov.tw/BOFT/web\\_history/report\\_detail.jsp?data\\_base\\_is=DB00...](http://www.doc.trade.gov.tw/BOFT/web_history/report_detail.jsp?data_base_is=DB00...) .

## 第三節 未來展望

至 2020 年，太陽光電系統的裝置容量可達 205 兆瓦，每年約有 620 歐億元的投資價值，同時將有超過十億人口使用太能電力，並創造兩百萬的就業機會。

全球太陽光電( PV )市場正在蓬勃發展，根據歐盟太陽光電產業協會( EPIA )出版的《太陽世紀》( Solar Generation )報告顯示，自 1998 年以來，全球 PV 電池及模組的出貨量即以 35% 的速度成長，<sup>69</sup>也由於產業前景看好，吸引競爭者不斷加入，市場競爭也越來越激烈。

### 壹、PV 系統應用廣泛，市場快速成長

PV 的應用已經從過去的手錶、計算機，進展到路燈、交通號誌、住宅、發電廠，甚至結合建材一體成型，應用的層面越來越廣泛。

若以發電系統類型來看，市電併聯系統是目前 PV 市場最大的成長動力來源，而佔 PV 市場的應用從 1990 年的 20%，成長至 2003 年近七成的市佔率，尤其在 OECD 國家中，因為政府提供各種支持性獎勵方案，發展更為快速，這些獎勵措施如日本的七萬屋頂 PV 計畫、德國十萬屋頂 PV 計畫、美國的百萬屋頂 PV 計畫等。EPIA 認為，在主要的國家的帶動下，其它國家也會追隨跟進，提供獎勵方案，讓 PV 的裝置更加普及。

至於獨立系統的 PV 裝置，大多分布在未開發國家。全球估

---

<sup>69</sup> 同註 31。

計有約 20 億的人口無法享用電力，因此裝置 PV 系統可以做維太陽能提燈、電視機、涉水系統、電冰箱、醫院商店等的照明所需。而且，在這些落後國家應用 PV 系統不止可作為照明、醫療用途，當電力普及之後，當地居民甚至可以使用電腦，透過網路吸取資訊及知識，對當地的經濟發展將有相當的貢獻。

此外，未開發國家對於乾淨可飲用水的需求相當迫切，根據世界健康組織的統計指出，每天約有一萬名兒童因為飲用不潔淨的水死亡，因此，運用太陽能所建利的淨水及輸送系統，對未開發國家來說更重要。

再則，PV 的應用若能普及就可減少對石化能源的依賴，也可以減少興建大型發電廠，以及節省電力網路建設費用。EPIA 即預估，至 2020 年，太陽光電系統的裝置容量可達 205 兆瓦。每年約有 620 億歐元的投資價值，同時將有超過 10 億人口使用太陽能電力，並創造 200 萬個就業機會。對此，EPIA 也為其理想中的太陽世紀願景訂定目標，如表 5-4：

表 5-4 EPIA 2020 年「太陽世紀」願景

項目	目標
2020 年全球太陽光電系統的電力發電量	282 TWh(兆瓦)；即相當於佔 2003 年歐盟 25 國電力需求的一成，佔全球電力需求的 1.1%
PV 系統的裝置容量	205 兆瓦
市電併聯之消費戶	全球 9300 萬戶*，歐洲佔 3100 萬戶
非市電併聯系統之消費用戶	全球 9.5 億用戶**
潛在就業機會	全球約 225 萬個全職工作
投資價值	每年約 620 億歐元

市電併聯之電力價格	將降低至每瓦 2 歐元，成本足可與尖峰時電價相抗衡
累計 CO2 減量	減少 7.3 億噸的 CO2 排放
2040 年全球太陽光電系統 電力發電量	7442-Wh(兆瓦時)

註：

\*假設基礎每戶為 2.5 人，而每年電力消耗為 3800kWh (瓦時)

\*\*假設基礎為每一百瓦的太陽光電系統可滿足 3~4 人的基本能源所需

資料來源：EPIA，轉引自《太陽鍊金術：透視全球太陽光電產業》，頁 41。

## 貳、新技術開發

隨著大型 PV 電池與模組的需求日漸增加，廠商製程的自動化程度也逐漸提升，因而，降低耗損、提升轉換效率以及開發新技術，成為歐洲各家廠商的首要目標。自 2001 年起，許多歐洲的太陽能電池廠商都著手朝向建置高度自動化的太陽電池工廠。此外，在傳統結晶矽太陽電池的生產過程中，從碇塊變成太陽能電池的耗損率高達 50%，主要是因為製程中必須經過切鋸 (sawing)，而新一代的製程則是在長晶過成中，讓它變成緞帶狀，這種緞帶狀晶矽已是晶片(wafer)薄度，且適合 PV 電池的寬度，不必再經過切鋸，可以降低耗損率。<sup>70</sup>

其中，緞帶狀晶矽的製程是由 RWE Schott Solar 公司首創，而歐洲太陽光電協會(EPIA)預估在 2010 年以及 2020 年，太陽能電池的新製程將朝緞帶狀晶矽推進，幾個重要的發展目標包括：

- 單晶的細材料消耗量從 16g/Wp 降至 10g/Wp (持續降至 8g/Wp)<sup>71</sup>

<sup>70</sup> 同註 28，頁 45。

<sup>71</sup> 同上註。

- 緞帶狀晶矽的矽材料消耗量由 10g/Wp 降至 6g/Wp (持續降至 5g/Wp)<sup>72</sup>
- Wafer 薄度由 300  $\mu\text{m}$  降低至 180  $\mu\text{m}$  (持續降至 100  $\mu\text{m}$ )<sup>73</sup>
- 切鋸過的切口損失由 250  $\mu\text{m}$  減少到 160  $\mu\text{m}$  (持續減少到 150  $\mu\text{m}$ )<sup>74</sup>
- 單晶矽轉換效率由 16.5% 提升至 20% (持續提升至 22%)<sup>75</sup>
- 多晶矽效能由 14.5% 提升至 18% (持續至 20%)<sup>76</sup>
- 緞帶狀晶矽效能由 14% 提升至 17% (持續提升至 19%)<sup>77</sup>

為了達到上述目標，在太陽能電池的轉換效率上，EPIA 也為歐洲的 PV 業制定 2010 年(2020 年)的目標進程，請見表 5-5：

---

<sup>72</sup> 同上註。

<sup>73</sup> 同上註。

<sup>74</sup> 同上註。

<sup>75</sup> 同上註。

<sup>76</sup> 同上註。

<sup>77</sup> 同上註。

表 5-5 EPIA 對太陽能電池的技術藍圖里程碑

主題	時間	目標	執行項目/執行者
太陽級矽	2005	每年生產 1000 噸，提高生產以滿足 PV 產業需求	發展量產/化學產業、研究機構



晶片 (Wafer)	2010 (2020)	<p>1.Cz-Si<sup>78</sup>與 Mc-Si<sup>79</sup>的材料消耗量從 16g/Wp 降至 10g/Wp (降至 8g/Wp)</p> <p>2.緞帶狀晶矽由 10g/Wp 降至 6g/Wp(降至 5g/Wp)</p> <p>3.薄度由 300 μ m 降至 180 μ m(再降至 100 μ m)</p> <p>4.切鋸過程的切口損失由 250 μ m 降至 160 μ m(再減少至 150 μ m)</p>	<p>1.發展新線鋸/Cz 與 Mc-Si 設備製造商及材料供應商</p> <p>2.提高材料品質/晶片製造商及研究機構</p> <p>3.增加產能/緞帶型晶體、Wafer 製造商與內建晶片生產線的整合廠商、研究機構</p> <p>4.減少消耗品成本/所有的技術與製程、Wafer 製造商內建晶片生產線的整合型廠商</p> <p>5. 發展新製程與電池概念/研究機構與太陽能電池產業</p>
太陽能電池	2010 (2020)	<p>1.Cz 晶體轉換效率從 16.5% 增加到 20%(提升至 22%)</p> <p>2.Mc 晶體轉換效率從 14.5% 增加到 18%(提升至 20%)</p> <p>3.緞帶狀晶體轉換效率從 14% 增加到 17%(持續增加到 19%)</p>	<p>1.原料與消耗品的成本降低/設備製造商、材料供應商、電池製造者、研究機構</p> <p>2.縮減製程時間、新自動化方式製作電池，提高良率以增加每個電池面積/自動化產業與電池製造者</p>
模組	2010	<p>1.生命週期延長至 35 年</p> <p>2.互連技術</p>	發展新技術與新概念/研究機構、設備與模組產業

<sup>78</sup> Cz-Si 為 Czochralski 的縮寫，指單晶矽製程的方法之一，採直拉式。

<sup>79</sup> Mc-Si 為多晶矽製程澆鑄法(casting)的一種製程。

薄膜	2010 (2020)	1.處理面積：從 1 m <sup>2</sup> 到 3 m <sup>2</sup> (持續到 9 m <sup>2</sup> ) 2.兩大目標： (1) 薄膜轉換效率提升至 10~12%間(提升至 15%) (2) 降低建材一體型(BIPV)太陽能電池的每平方公尺成本	1. TCO 改善/研究機構、設備與薄膜產業 2. 穩定性改良/研究機構與薄膜製造商 3. 發展新製程與電池概念/研究機構與薄膜產業 4. 增加沉積面積/建築部門、薄膜與設備產業
新概念	2010	第一座染料太陽能電池生產工廠，導引有機電池及其他嶄新概念電池成形	1. 研發創造一定範圍顏色的染料模組能符合戶外需求/研究機構(需產業一同參與) 2. 成立第一個染料電池生產廠做為指標廠/研究機構與 PV 產業 3. 研發有機或其他新概念電池/研究機構、業者 4. 轉換效能在 40% 以上的材料與新太陽能電池概念/研究機構

註：括弧內代表 2020 年的目標進程

資料來源：EPIA，轉引自《太陽鍊金術：透視全球太陽光電產業》，頁 46。

從表 5-5 中，不難發現，在太陽能光電技術上的發展速度，是一個有確切時間計畫表且十分快速的，隨著科技日新月異，達成目標的速度以及時間上的掌握，也就顯得越來越精準，在運用方面，也較從前更為廣泛，不再只是局限於某些方面。

## 參、能源服務業的興起

能源服務業 Energy Services Companies, ESCOs 於 1970 年代末至 1980 年代初，在美國以民營企業形態抬頭，至 20 世紀已經建立節能服務之重要地位，應歸功於成立聯邦能源管理計畫 Federal Energy Management Program, FEMP 大力推動之故。在歐洲與日本近年來也逐漸由民間設置該項事業，為節能提供技術與財務等配套服務。<sup>80</sup>

## 一、能源服務業(ESCO)之界定

能源服務業的發展歷史不算太長，以發展較成功的美國為例，也只有 30 年的歷史，雖然在美國聯邦政府的大力推動之下，仍屬於發展階段，但相較於日本、韓國或歐盟，都尚屬在萌芽階段，然而，因為各國能源法令的不同，導致各國能源服務業經營的範圍也不盡相同，但是可以肯定的是，隨著太陽能發電系統的裝置量增加，能源服務業的範圍也大幅的增加。

有關能源服務業，在歐洲，其定義概述如下：

歐洲能源服務業協會 ( European Energy Service Company Association ) 之 ESCO 定義

能源服務業指一個公司需要履行以下所有要求：它提供能源服務整合給它們的客戶 主要是大宗的能源使用者，但也包括公共事業，這些應包括能源效能計畫的執行 以及再生能源計畫，特別是在組裝設備的基礎上。能源服務業提供執行以及保固，同時它也直接經由節能的方式獲得報酬。<sup>81</sup>

<sup>80</sup> 李涵茵、吳再益，能源服務業(ESCO)之探討，《能源季刊》第 37 卷，第三期，頁 2。

<sup>81</sup> 原文：An ESCO is a company that fulfils all the following requirements: it provides integrated energy service to their customers (mainly large energy users, but also utilities), which may include implementing energy efficiency projects (and also renewable energy projects), frequently on a turn-key

除了上述團體對 ESCO 之定義，隨著國情、實際狀況的不同，不同國家組織也都 ESCO 有其自身的定義。

## 二、ESCO 產業發展概況

有關能源服務業產業探討，本文將以已有發展歷史的美國以及逐年發展的歐洲做為探討對象。

### 〈一〉美國 ESCO 產業

美國 ESCO 產業的發展約有 30 年的歷史，起初是因應能源危機而起，而近年來卻在溫室氣體減量的國際壓力下蓬勃發展。1990 年代，由於二氧化碳排放控制的需求，美國政府有新的法案推出，因而刺激了 ESCO 新一波的成長與發展。通常，ESCO 的營運模式是以業主所節省下來的能源費用的一定比例做為其報酬，意即 ESCO 的報酬是以改善案件實際節約能源的績效來計算的。此外，ESCO 提供的服務包刮下列的範圍：

1. 開發、設計、融資節約能源的改善和投資計畫；
2. 安裝和維修節約能源的設備；
3. 測度、監控、和證實該計畫所節約的能源；
4. 承擔所承諾節約金額為達成時的風險。

1992 年能源政策法( The Energy Policy Act, EPACT )及其後的行政命令要求所有聯邦建築物應達成相當幅度的能源節約。此外，美國聯邦政府透過「13123 號行政命令」(Executive Order 13123)要求聯邦政府明定節能目標，提供了節能的市場商機，並以聯邦能源管理計畫(FEMP)提供聯邦機構節能規劃、採購節能

---

basis. An ESCO provides performance and saving guarantees, and its remunerations is directly tied to the energy saving achieved.

技術顧問及國家整體節能的管考評估。其中，FEMP 透過扮演「買方顧問」的角色，其在財務和技術上的協助指導包括：計畫財源的籌措、技術諮詢輔助、績效保證型合約的格式及內容訂定等，皆能提供明確的書面範本以及其它實際協助。

美國比較活躍的 ESCO 公司約有 30-40 家，值得注意的是 ESCO 公司大多是中小型公司，主要服務的對象，約 55%-60% 及中在大型的商業機構、州政府、學校，傳統 ESCO 計畫的成本一般都超過 35 萬美元，因此小型公司和一般居民並非 ESCO 服務的對象，而當有電力公司支持時，一般 ESCO 在執行計畫時會更有效率。

除了能源效率方面，美國 ESCO 提供的重點服務業務包括生產力提升、製程改善、環境汙染控制、廢棄物清理、職業安全、現代化與創新等層面。因此，美國 ESCO 產業未來除了有發展為以 Super ESCO 為主的趨勢。如表 5-6 所示，Super ESCO 橫跨了能源提供和節能服務，而節能服務主要藉由 ESCO 的績效保證合約提供能源效率評估及相關的服務，也因此成為公用事業電力公司的強大競爭對手。

表 5-6 美國 Super ESCOs 的規模與市場

Super ESCO	創立年	員工人數	主要服務對象
1.	1996	80	中小型客戶，一般居民佔 90%
2.	1994	150	中大型客戶，主要是商業與工業部門
3.	1997	150	商業與工業部門之大型客戶

4.	1993	80	商業部門佔 80%；工業部門佔 20%
5.	1996	250	不限對象
6.	1997	30	以商業與工業部門為主
7.	1997	100	不限對象
8.	1995	Not available	商業、工業、政府部門為主
9.	1997	300	商業與工業部門的中大型客戶佔 90%，其餘為一般居民
10.	1975	250	以商業與工業部門之大客戶為主

資料來源：台電公司(2003)，「電業運用優惠措施及能源服務策略提升能源使用效率之研究」。轉引自 李涵茵、吳再益，能源服務業(ESCO)之探討，《能源季刊》，第 37 卷，第 3 期，頁 5。

## 〈二〉 歐盟 ESCO 產業

基於 2003 年由歐盟委員會聯合研究中心在米蘭第一次召開能源服務業第一次研討會的成功，歐盟代表 Sybergy 正式決定為泛歐洲 ESCO 產業設立一個特別的會議因應 ESCO 這種新興商業模式在歐洲的快速發展，即 ESCO EUROPE 2005。ESCO EUROPE 2005 大會設立的目的是具及歐洲的能源公司，政策制定者、專家們、能源客戶及金融圈的人士，積極在歐洲推動 ESCO 產業。

ESCO EUROPE 2005 大會有以下五項任務：

1. 確立 ESCO 在歐洲能源市場及環境政策架構下的角色；
2. 介紹由 ESCO 主導的能源效率專案成功案例；
3. 介紹成效合約概念及新的 ESCO 合約的發展
4. 確認歐盟及各國政策進而建立及促進 ESCO 商機

## 5. 提供完善的金融機制

依 ESCO EUROPE 2005 大會文宣表示，ESCO 概念其實源起於 100 年前歐洲，後來這個觀念被帶到北美，所以現在歐洲對 ESCO 的概念其實可說是一種復甦，而最近幾年對於能源服務方面的興趣則是逐年增加，特別是有一些新的公司提供能源服務給能源終端使用者，這些服務包括協助提供或建置能源效率設備及建築物重新評估等，這些公司開啟了市場，而它們跟傳統能源公司最大的差別是它們提供節能保證，而且資金及報酬皆來自於節能的績效。此外，由於京都議定書(Kyoto Protocol)的效力及歐盟對 CO<sub>2</sub> 排放物交易的啟動，對歐洲 ESCO 產業而言，更是一個全新的機會。

歐盟能源服務公司 詳見表 5-7 ，其業務執行內容包括：

1. 大樓暖氣操作；
2. 組合式熱能和電廠安排和操作；
3. 工業設備更新與操作；
4. 大樓設施管理；
5. 公共照明更新與操作；
6. 照明、暖氣、排風、空調、能源管理系統、變速馬達等技術

表 5-7 歐盟能源服務公司

奧地利	1. Allplan GmbH 2. Axima Gebaudetechnik GmbH 3. Axima Kaltetechnik GmbH 4. HONEY-WELL AUSTRIA GmbH
-----	---

	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Kreidl GmbH</li> <li>6. Okoplan Energietechnische ökologische Beratungs- Und Planungsgesellschaft GmbH</li> <li>7. OMV Cogeneration GmbH</li> </ol>
芬蘭	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ABB Kiinteistopalvelut Oy</li> <li>2. Energiansaastopalvelu Espo Oy</li> <li>3. Inesco Oy</li> </ol>
德國	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Axima GmbH</li> <li>2. Axima Refrigeration GmbH</li> <li>3. DALKIA GmbH</li> <li>4. Elyo GmbH</li> <li>5. TEsign Consulting</li> <li>6. Siemens Building Technologies GmbH &amp; Co. OHG</li> <li>7. MVV Energie AG</li> </ol>
波蘭	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Axima Servies SP ZO.O</li> <li>2. C.Z.E ELTAST Sp. Z o.o.</li> <li>3. FABRICOM POLSKA</li> <li>4. INEOINEO Polska</li> <li>5. Pre Elektromontaz-Poludnie Sp zoo</li> <li>6. Siemens Sp. Z.o.o.Building Technologies</li> </ol>
瑞典	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Axima AG</li> <li>2. Axima Refrigeration AG</li> <li>3. Caliqua AG</li> <li>4. F.Heusser AG</li> <li>5. Siemens Building Technologies Ltd.</li> <li>6. VALOREC SERVICES AG.</li> </ol>

荷蘭	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ARPAS ENERGY CONTRACTING BV</li> <li>2. Axima Services BV</li> <li>3. Essent Retail Servies</li> <li>4. George Hall Netherlands</li> <li>5. GTI Energy Solutions BV</li> <li>6. Nuon NV</li> </ol>
英國	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ADSM PLC</li> <li>2. Chalmor Limited</li> <li>3. Elyo UK Industrial</li> <li>4. Elyo UK Services</li> <li>5. Energy for Sustainable Development Ltd.,</li> <li>6. FABRICOM Contracting</li> <li>7. INENCO Group Limited</li> <li>8. INEO UK Londres</li> <li>9. MCL Energy LTD</li> <li>10. Powergen Energy Solutions</li> <li>11. Siemens Energy Services &amp; Solutions</li> <li>12. Waltham Forest Energy Services Ltd.</li> </ol>

資料來源：[http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/html/list\\_esco.htm](http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/html/list_esco.htm)

由上述可知，太陽能源的開發，不只是帶動了工業的發展及就業機會，也擴展了服務業的範圍，傳統所知道的服務業延伸到能源的服務，太陽能系統的裝置，在德國，由早期的公共發電廠到現在的家庭用太陽能發電系統，也大幅的提升的能源服務的運用範圍，當然其中包括了大量的就業機會。

## 第六章 結論

環境議題，早在多年前已經獲得相當程度的重視，某種程度

上，它亦超越了國家的層次，提升到了全球議題的領域，然而，縱使環境議題，雖有多種民間組織早已行之有年的推動，最終還是需要國家政府支持。

## 第一節 國家在新政策推動中所扮演的角色

德國政府認為，沒有民眾的廣泛參與，可持續發展以及節能不可能取得成功，因此，提高民眾的節能意識十分必要。政府高級官員不定期與民眾舉行討論會，針對政府的可持續發展包括能源方面的政策等進行討論，聽取意見，並鼓勵民眾監督節能和環保等領域的工作。此外，政府機構更關有專門的節能知識網站，向民眾介紹各種節能知識。<sup>82</sup>

單就對於新政策的制訂與推動上，政府確實扮演了十分重要的角色，一方面，它是政策的制訂者，由於新知識以及新技術的引進，皆需要龐大的支持才能夠得以發展，對於研究及生產機構，德國政府在相關的補貼措施上，提供了十足而有力的支持，無論是在於人力或者是資金方面。另一方面，它也未忽略人民的需求，扮演人民在這一個新的環保議題領域中的教師，運用政府所擁有的強大資源，教導它的國民，並在各種討論會中將政策加以推廣，因而廣為世界所知的，德國人民的環保意識高漲，在這一研究中獲得證實。

## 第二節 政府的憂患意識

一般來說，若一個國家工業化及現代化到一定的程度，基於

---

<sup>82</sup> CRI online, 新聞中心, 2009.3.24, <http://big5.cri.cn/gate/big5/gb.cri.cn/3821/2004/07/29/401@248652.htm>

國家本身利益以及經濟的考量，國家本身不會對於現況做大幅的改變，然而，德國政府在能源危機爆發之際，即便它在當時國內的能源供應尚處安全無虞的範圍，但是，它卻十分積極的尋找其它的替代能源，除了原有發展十分成功的風力和水力發電之外，對於其它不同種類的新能源，德國政府亦投入相當程度的努力與支持，無論是在實質的經費上、對企業及人民的相關配套補貼措施，都做的相當完善。

由於上述的憂患意識，早在 1974 年代第一次能源危機爆發之際，德國政府即已開始投入再生能源的研發，並將只是在實驗室階段的研究轉化為可實際執行量產的技術。歐洲委員會於 2007 年 1 月 10 日，提出一套全面性的能源環境政策建議，呼籲各成員國在 2020 年或之前將溫室氣體排放量減少 20%左右，並要求已開發國家在國際談判中能夠達到在 2020 年或以前，以 1990 年的二氧化碳排放量為基準，減少 30%溫室氣體排放的標準。該項宣布之目的在於達到一個真正的內部能源市場的出現，以及加速向低碳能源的轉移，並更有效的使用能源。此外，歐盟希望據此能夠成為強制性的制約標的，以做為未來各成員國擬定能源政策的藍圖。<sup>83</sup>

由於前述德國政府早期對於能源掌握即具有憂患意識，因而在歐盟提出這樣的能源環境政策建議之際，在再生能源開發方面基礎良好的德國，對於此一目標的達成，並沒有太大的阻礙或問題。

### 第三節 創造雙贏

最後，在一般大眾認知中，為了促使社會經濟的進步，開發

---

<sup>83</sup> 台灣能源教育資訊網，2009.2.23

<http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=9606&Page=14>

是必要的，因開發而造成的環境汙染，也是必然伴隨而來，然而，在此一研究中，德國政府成功的推翻了這一個所謂的常理，它運用了德國本身對於環境保護原有的優勢，例如良好的國民環保意識、嚴格的環保法令，再輔以新的能源概念以及知識，順應自然環境生態，在政府大力的推動及支持之下，成功的證實了，德國並沒有因為開發而連帶對環境造成破壞，反之，它運用了新能源開發之際所需要的周邊產業而帶動了各項工業的發展。此舉，不只對政府而言在環境保護範疇中有相當大的進展，對於人民切身的生計經濟問題，更是創造了大量的工作機會。無形中，也更進一步促進了人民對於其政府的認同。

所有的政策都有利弊兩面，但是如何在其中扭轉局勢促使其人民並配合，即是考驗政府的決心與智慧，在本研究中，我們明顯的看到，德國政府確實運用了其智慧以及得宜的政策，促使其所有政策都得以順利推動。

反觀台灣，在自然條件以及技術兩個方面而言，比起德國，並未有不足之處，但是在政策制訂及推動方面，卻顯得心有餘而力不足。

可分兩個方面做探討，第一，人民對於政府政策的信心以及對於太陽能發電系統裝置的認識，如前面章節所敘述，德國政府是有計畫的不定期實施座談會，由政府官員與民眾做面對面的深入座談，如此一來，政府不但可以經由座談會傳達法令的精神，亦可經由座談會的舉行，了解民眾的需求。台灣再生能源法普於今年六月通過並開始施行，相關座談會的舉辦對於法令精神與本意的傳達更顯重要，透過座談會的舉辦，亦可補強民眾對於太陽能系統所缺乏的知識。第二，政策制訂後，後續的相關配套措施及推動方式，尚有大幅進步的空間，以補貼金額來說，台灣現行的購電金額，在一個再生能源法普推動的國家來說，實不足以吸

引民眾或者民間企業做龐大資金投入的規劃，再者，根據報導，台灣有機會於 2010 年成為全球前三大太陽能模組出口國，在這樣的優勢下輔以台灣的自然環境、充足的日照，大幅提升台灣本島地區太陽能系統的裝置量，理應比歐美各國更容易達到目標。因而，引用德國能源政策的經驗，取其長處，補自己之不足，可為台灣政府及人民創造雙贏的局面。