

# 在地的能源革命： 德國能源村的故事

## 閱讀叮嚀

能源政策攸關一國的民生、經濟、國防，如果能源出了問題，現代人的日常生活及國家的運作恐怕停擺。而能源發展須考量是否安全、對環境是否友善、經濟是否可負擔等問題，千絲萬縷。

德國於二〇〇〇年實施再生能源法後，重新定位能源的供需制度，其能源轉型的經驗可供我國借鏡。但是兩國的經濟發展、自然環境、地理位置、政治情勢、國際關係等條件大不相同，德國的做法中，哪些可供仿效？哪些又須因地制宜呢？

本文報導德國能源轉型的經驗，並隱隱呼應臺灣現況，引領讀者思考：如何開闢一條讓環境、經濟與人民生活「共好同贏」的能源之路。



📍 位於德國鄉村的風力發電場

文 林育立／節錄自《歐洲的心臟——德國如何改變自己》

## 人物看板

林育立，曾任聯合報及中央社記者、駐德代表處新聞編譯。現為旅居柏林的獨立記者，不定期為各家媒體撰稿，能深耕德國能源政策和人文歷史，並關照臺灣社會所重視的議題。其著作《歐洲的心臟——德國如何改變自己》一書曾獲得二〇一八年臺北國際書展大獎——非小說類首獎。

車子離開柏林，沿著公路一路往南開，左右兩旁只見大片的松樹林和麥田，窗邊不時閃過向日葵花海和高大的風力發

電機，讓人

眼睛一亮。

一小時後，

我們緩緩駛

進一處聚落，

我的目光立

刻被路邊「能源自給自足村費爾特海姆」幾個字吸引。

德國的東北部地廣人稀，費爾特海姆（Feldheim）

人口僅一百五十人，全村就一條街和幾棟矮房，看來和鄰近的小村落沒什麼兩樣。不過自從福島發生核災，



▲ 費爾特海姆位置圖

每年有數以千計的各國能源專家來費爾特海姆取經，臺灣的環保署和臺南市政府也大老遠來考察過，因為費爾特海姆是全德國第一個光靠再生能源就能自給自足的村落。

「再生能源已經為德國的電力市場帶來革命性的改變」，接待我們記者團的能源開發公司 Energiequelle 發言人佛洛溫特（Werner Frohwitter）表示：「只有來鄉下走走，才可能知道德國的能源轉型到底是怎麼一回事。」

## 化腐朽為能源

德國的電力市場隨著歐盟的腳步，在一九九八年走向自由化，從此發電和賣電的權力就逐漸下放到民間，打破只有少數幾家能源集團壟斷的局面。目前歐洲幾家專門規劃、興建和經營綠電的電力開發商，許多就是在電力市場剛開放的一九九〇年代末創業，Energiequelle 也不例外。

「費爾特海姆的村民主要以畜牧和務農維生，因此他們十年前考慮投資綠能時，第一個想到的就是生質能。」佛洛溫特說。我們跟著他走到村子角落的沼氣發電廠，馬上聞到空氣中的酸味，有點像是麵團正在發酵的味道。半圓形的發酵槽旁是露天的糞尿收集池，有點臭，但不到難以忍受的程度。

生質能發電的原理，就是在密閉的空間內混入動物的排泄物，和玉米、甜菜、麥粒等所謂「能源作物」，透過發酵過程中產生的沼氣來推動馬達發電，因此一般稱其為沼氣發電廠。

位處溫帶的德國，冬天往往一連幾個月都是酷寒的天氣，發電過程中產生的廢熱經回收後既可做為豬舍、農作物的溫室、民眾熱水和暖氣的來源，而且沼氣純化後就是瓦斯，可直接注入公共的瓦斯管線，分解後剩下的殘渣還可做成堆肥，可說一舉數得，化腐朽為能源。

費爾特海姆的這座沼氣發電廠，是由本地農民組成的農業合作社經營，運作到現在第九個年頭，主要原料

就是全村養的近千頭豬和牛排放的糞尿、田裡種的玉米及剩下的麥稈和麥屑，每年發的四百萬度電，可以滿足一千戶家庭的需要。

德國是歐洲最大的養豬國，畜牧業十分發達，為了處理豬隻可觀的排泄物，政府十幾年前開始就透過再生能源法（*Erneuerbare Energien Gesetz*，簡稱EEG）鼓勵農村投入沼氣發電，藉由固定的電力收購價來保障農人賣電的合理利潤。目前全國耕地有六分之一用來種植能源作物，像費爾特海姆這樣的沼氣發電廠共有九千座，發的電占全國發電量的七%，是德國分散電力來源的重要選項。

除了供應電力、空調、瓦斯和肥料，沼氣發電廠還有電力輸出穩定的好處，能平衡波動的風力和太陽能發電，而且沼氣容易儲存，可隨時機動發電。不過，如果像德國這樣大面積種植能源作物，就會有農作物過於單一化的疑慮，德國的環保團體就常用「黃色瘟疫」來形容大片耕地只種植玉米的單調農村景觀。

## 能源轉型的主力

離開村子唯一的街道，車子沿著田野上的小徑往前開，不到五分鐘就是風力發電場，四十幾座高度超過一百公尺的風力發電機矗立在眼前，看上去十分壯觀。

在德國，陸上風力是推動能源轉型的主力，到二〇一六年上半年為止，全國共有二萬六千多座風機，占全年發電量的一〇%，是所有再生能源的首位。為了擷取更多風能，近年來風機愈蓋愈高，加上葉片高度動不動就超過二百公尺，比歐洲最高的教堂尖頂都還高。由於風力發電的成本還有下修空間，專家因此預測，再過二、三十年，德國的用電可能有一半都來自風力。

費爾特海姆位於海拔一百五十公尺的臺地，終年風力強勁，風場全年滿載發電的時間至少二千小時，能滿足四萬家戶的需求，費爾特海姆只需其中的不到一%，剩下的電就全部注入電網。

德國北部、尤其濱海地區地勢平坦，富含風力資源，許多地主為了增加收入，把農地租給像 *Energiequelle* 這樣的開發商興建風場。由於賣電所得的營業稅幾乎全

歸地方，是故地方官員也樂於配合，對於產業不發達的偏遠鄉鎮來說，賣電的稅收經常是地方政府的重要財源，能有效平衡區域的發展。

## 噪音和生態的疑慮

不過，任何選擇都必須付出代價，在一些人眼中風機對鄉村的景觀造成衝擊，轉動時的噪音也可能影響附近居民的作息。臺灣的苗栗苑裡民眾組成「反瘋車自救會」的抗爭就是活生生的例子。風機到底該距離民宅多遠，在德國也經常引起爭議，因此各地方政府在規劃風場用地時，都有明確的建議值：一般住宅區方圓一千公尺內不得蓋風機，也有的地方規定是六百公尺。

**注 1** 生質能：利用生物質轉換而獲得的能源，如：

沼氣、農工廢棄物、都市廢棄物等發電。生物質則泛指由生物產生的有機物質。

**注 2** 滿載：形容速度、負荷量達到最高極限。

此外，風力開發還受到諸多限制，申請風場前得先與飛安、國防、氣象、環保、古蹟保護等有關單位協調，並委託專家針對風力資源、強風下的風機安全、運轉的音量、鳥類和蝙蝠的生態，以及葉片投影在地面所造成的眩影等項目進行評估。從找到合適的用地、與地主和當地政府談判、找到金主，到提出申請和與在地民眾溝通，往往得籌備多年才能動工興建。

Energiequelle 這家公司創業二十年，在歐洲各國建了近七百座風機，經驗非常豐富。「一九九〇年代，風機離民宅的距離只有四百公尺，現在我們不可能再犯同樣的錯誤，至少都離一千公尺以上。」有些地方甚至訂下嚴格的規範，例如南部的巴伐利亞邦就有所謂的「十倍高」規定，也就是說風場離聚落的距離至少是風機高度的十倍，相當於二千公尺，大幅增加風場開發的難度。

除了必須注意跟民宅的距離，規劃風場時也得考慮風向，佛洛溫特指著不遠處的費爾特海姆說：「風機如果完全不用維修，全年可運轉八千七百多個小時，其中八千個小時，住在那頭的村民完全聽不到聲音，這也是

為何村民當年支持我們建風場。只有在夜闌人靜且風突然轉向時，村子裡才稍微聽得到，但依舊小於法定的三十五分貝，也就是德國一般醫院和老人院允許的最大音量。」

參觀的那天風很大。我站在一座機鼻離地面一百二十公尺的風機前約五十公尺處豎起耳朵聽，勉強可聽到細微的低頻聲，經佛洛溫特的說明，我才瞭解這是新型的風機，葉片長但轉速慢，噪音比起上一代機型明顯獲得改善。

野鳥保育也是德國環保團體關心的焦點，這也是為何風場經營者必須定期記錄鳥類的數量，並委託專人觀察鳥類的生態。德國經驗顯示，雖然偶有鳥類撞上風機死亡，但風場對鳥類生態基本上沒有負面的影響。費爾特海姆是歐洲的候鳥秋天南飛和春天北返時重要的棲息地，候鳥群經過時，依規定風機也不得運轉。

德國投入風力發電超過二十年，不時旋轉的風機早已是鄉村景觀的一部分。外國觀光客搭高鐵穿過北部平原時，經常為上百座風機排排站的景象讚嘆不已，一



般民眾早習以為常。在人口密度高的國家興建電力設施，民眾的接受度往往是計畫是否能實現的關鍵，根據民間的「再生能源通訊社」（Agentur für Erneuerbare Energien）委託的民調，五成的德國民眾能接受自家附近蓋風場，接受度僅次於太陽能發電，但遠高於燃煤發電的六%和核電的五%。

「德國人現在對風力發電還有疑慮嗎？」我問。「現在的批評，主要還是集中在對視覺的干擾，不是每個人都覺得田野上的風機很美觀。」佛洛溫特的回答，讓我想起德國一些反風機人士用「蘆筍化」來挖苦平原上插滿風機的景象。

注 3 眩影：晃動不定的陰影。

## 全民推動能源轉型

能源轉型不僅是揚棄化石燃料和核能，改用再生能源的技術轉型，本身也是電力生產和消費的革命。不論是用自家屋頂發太陽光電，或是像費爾特海姆的農民一樣投資沼氣發電，綠電併入電網沒有障礙又有穩定報酬，人人都可以為供電來源的多角化和節能減碳盡一份心力。人民不再只是電力的消費者，同時也是生產和經營的業者，翻轉了過去電力公司與消費者間不對等的關係。在德國這樣公民意識強的國家，發電從此成了全民運動。



## 動動腦

1. 費爾特海姆適合沼氣發電的原因是什麼？沼氣發電為當地居民帶來哪些效益？

2. 根據本文，德國在風電場設置前會進行哪些評估？

3. 德國人民在電力經營中扮演哪些角色？

4. 除了發展安全、環保、經濟的能源外，解決能源供需問題還須仰賴節約能源，以減少能源消耗，保護資源，降低汙染。請檢視自己的日常生活，舉出可能造成能源浪費的不良習慣，並談談如何在生活中節約能源。

## 延伸查詢

1. 請至臺灣電力公司網站搜尋近十年臺灣在「再生能源」、「燃煤」、「燃氣」、「核能」四類能源的「發購電量」，繪製成表格或折線圖。在上述圖表中，關於各類能源的增減，你看到了哪些變化趨勢？

2. 請參考本文，並蒐集相關資料，就風力發電、燃煤發電、燃氣發電、核能發電的優點，完成下列比較表。

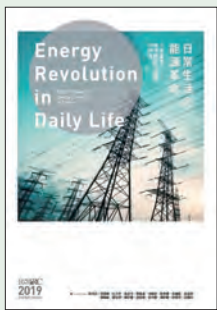
發電方式	優點	缺點
風力發電		
燃煤發電		
燃氣發電		
核能發電		

# 延伸閱讀

## 一、日常生活的能源革命：八個臺灣能源轉型先驅者的故事

周桂田等著，春山出版，二〇一九年

臺灣能源議題的討論常受到複雜因素的干擾，有時欠缺深入淺出的科學論述、具體的實務經驗與長遠的政策分析。本書以扎實的研究、科學分析與實際案例，探討空氣汙染、公民電廠、產業節能創新與地方治理四大議題，並蒐集八個先驅者案例，讓讀者明白能源轉型對未來生活可能帶來的影響。



## 二、煙囪之島：我們與石化共存的兩萬個日子

房慧真等著，春山出版，二〇一九年

石化產業、能源供應與日常生活緊密連結。現代人離不開石化，但也須付出代價。本書兼具歷史縱深、現況調查與未來展望，以全景式的書寫勾勒石化業的完整面貌，並探討相關的國際政治經濟、黨國體制、產業路線、民主化與環境運動、公共安全與環境保護等議題，思考我們能否在發展經濟的同時，兼顧人民健康與土地保育。



## 三、youtube 影片：

### 1. 布局20年！德國零核的最後一哩路

本片介紹德國綠色能源的發展，並結合臺灣、丹麥、荷蘭、杜拜的實例，相互參照。



### 2. 能源政策的改變

本片從瑞典女孩桑柏格所發起的「週五為未來而戰」活動談起，追蹤環保意識升高的趨勢，及歐洲能源政策的改變。

