

南 華 大 學
歐 洲 研 究 所
碩 士 論 文

德國太陽能政策的發展歷程及現況之研究
—以弗萊堡為例

A Study on the Development of Germany's Solar
Policy, A Case-Study of Freiburg

研 究 生：賴宜君

指 導 老 師：張心怡 博士

中華民國 103 年 7 月

南 華 大 學

歐 洲 研 究 所

碩 士 學 位 論 文

德國太陽能政策的發展歷程及現況之研究—以弗萊堡為例

A Study on the Development of Germany's Solar Policy, A Case-Study of Freiburg

研究生：賴宜君

經考試合格特此證明

口試委員：鄧孔平
張心怡
趙文志

指導教授：張心怡

系主任(所長)：鍾志明

口試日期：中華民國 一〇三 年 六 月 二 十 四 日

德國太陽能政策的發展歷程及現況之研究

—以弗萊堡為例

摘要

德國在 1990 年代初期開始積極發展可再生能源，並對發展可再生能源之政策做了多次的調整，在此之前，德國以發展可再生能源做為石化燃料的替代能源。之後，德國選擇以太陽能做為主要的供電來源，其境內的弗萊堡地區更是全球太陽能產業發展中的佼佼者。德國為何由仰賴石化燃料轉為大力推動可再生能源？如何推動太陽能？此為本論文研究之主要問題。因此，筆者欲以弗萊堡為例，探究德國推動太陽能之發展歷程與政策發展，藉以說明德國在發展太陽能上的成功經驗，並以此作為提供我國政府之參考依據。

關鍵字：德國可再生能源、德國太陽能、弗萊堡太陽能

A Study on the Development of Germany's Solar Policy, A Case-study of Freiburg

Abstract

In the early 1990s, Germany began to develop renewable energy sources and adjusted its solar policy many times. Before 1990, Germany has started to develop the renewable energy to decrease its dependence on fossil fuel. After that, Germany selected solar energy as the main source of power. And chose Freiburg to be an example for developing solar industries. Freiburg is a well-known region where has the best solar industries in the world. Why did Germany change its rely on fossil fuel into renewable energy? How does the German government promote the solar industries? These are the research issues raised in the thesis. Therefore, I prefer to choose Freiburg as the case-study for my research in the hope to understand Germany promotes solar energy through the process of policy making. In the end, the thesis provides useful policy recommendations for Taiwan's government.

Keyword: Germany's renewable energy, Germany's solar, Freiburg's solar

目錄

圖目錄	vii
表目錄	ix
第一章 緒論	1
第一節 研究動機、問題與目的	1
第二節 研究方法與限制	3
第三節 文獻回顧	4
第四節 研究架構與章節安排	11
第二章 德國能源結構之發展概況	15
第一節 煤炭與石油之發展	15
第二節 核能之發展	19
第三節 小結	29
第三章 德國太陽能政策的推動及發展	35
第一節 太陽能政策之推動	35
第二節 太陽能政策之內容	41
第三節 小結	46
第四章 個案探討：弗萊堡發展太陽能之經驗	51
第一節 弗萊堡在太陽能之方面的發展	51
第二節 弗萊堡推動「綠色環保」之都的政策作為	52
第三節 小結	57
第五章 結論與建議	59
第一節 弗萊堡發展經驗對台灣之借鏡	59
第二節 未來研究之相關建議	63
參考文獻	67

圖目錄

圖 1-1：研究架構圖：	12
圖 3-1：全球可再生能源發電容量前六名之國家	40
圖 3-2：太陽能發電前十名之國家	41
圖 3-3：全球可再生能源發電容量前六名之國家的太陽能發電增加容量	48
圖 4-1：德國弗萊堡地理位置：	51



表目錄

表 2-1：德國核電廠之比較及退役時間表	28
表 2-2：德國核能政策演變	33
表 4-1：德國太陽能政策之演變	47
表 4-2：《可再生能源法》政策演變	50



第一章 緒論

第一節 研究動機、問題與目的

近年來，「全球暖化」一詞逐漸被「氣候變遷」所取代，強調氣候的改變，不僅是溫度的改變，人類的活動也會對氣候變化、自然環境造成影響。¹由於氣候變遷所造成的溫室效應與傳統能源不斷減少的環境下，氣候已經嚴重影響人類的生命財產損失。因此，要如何因應氣候變遷以及保護生態環境，也是至二十世紀起以來，全球關注的重點。根據聯合國政府間氣候變遷小組（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）在斯德哥爾摩（Stockholm）發佈最新版的氣候變遷評估報告－《2013 氣候變遷：物理科學基礎》，在全球一千多位科學家綜合評估的結果下，其內容主要說明全球暖化有 95% 是人類活動造成的。²

能源是左右永續發展的進程、改善人類生活與促進經濟發展的關鍵因素之一，同時，能源也能是造成全球暖化及空氣汙染等環境問題。³工業革命後，石油取代煤炭，隨著科技的發展，核能又取代了石油。近年來，由於環境的變遷，讓人類意識到能源對環境的危害性，因而開始發展可再生能源以取代核能。

為了永續環境、資源與維持生活品質，各國均在尋找可替代性的能源，並且制定出許多可再生能源條例與環保法規。發展與投資可再生能源是必要的，我們不僅需要減少使用傳統能源，更必須使可再生能源成為電力的主要來源。為此，歐洲聯盟（European Union, EU，簡稱歐盟）開始投入與大力推動可再生能源的使用。在《European 2020 targets》中，訂定出將溫室氣體排放量較 1990 年降低 20%、可再生能源比例增加 20% 以及能源效率提升 20%，以此因應歐盟日益增加的能源進口量，並減少對傳統能源的依賴性。⁴

1970 年代發生石油危機後，德國為了尋求能替代石油的新能源，進而大舉

¹ 交通部中央氣象局，〈全球暖化與氣候變遷〉，《交通部中央氣象局》，
<http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/climate_info/backgrounds/backgrounds_2.html>，檢索日期：
2014 年 6 月 11 日。

² IPCC Working Group I, "Climate Change 2013: The Physical Science Basis," 2013, pp. 1-36,
<<http://www.climatechange2013.org/report/>>, 檢索日期：102 年 11 月 1 日。

³ 能源國際合作資訊網，〈主要國際組織能源情勢發展〉，《能源國際合作資訊網》，
<<http://apecenergy.tier.org.tw/energy4/uncsd.asp>>，檢索日期：103 年 6 月 13 日。

⁴ European Commission, "Europe 2020," 2010,
<http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index_en.htm>, 檢索日期：103
年 6 月 11 日。

新建核電廠以補足能源的缺口。1971 年德國政府將 Wyhl 這座小鎮做為新核電廠的預定地，然而卻遭致當地居民的抗議。居民們不斷的向政府接觸、請願，甚至是示威運動，在 1975 年政府仍不顧居民的反對開始建造核電廠。於是，約有三萬多名的反核人士占領建地，開始與政府做長期抗戰。幾年之後，政府終因無法負荷而放棄在 Wyhl 的興建。Wyhl 的成功不僅大振德國反核的士氣，也讓德國走向無核家園的道路，在推進可再生能源的過程中，德國政府採取一系列的政策工具，包括：政策宣導、資金補貼及人員培訓等。

在可再生能源當中，太陽能是最乾淨且便宜的能源之一，因此，德國在發展太陽能的過程中，將能源做了有效的轉換。德國視可再生能源為第三次工業革命，不僅要降低對進口能源的依賴，也要擺脫傳統能源枯竭的問題，同時減緩使用煤炭、石油等所造成的溫室效應。⁵

其中，位於德國西南部的弗萊堡是德國政府發展太陽能的重鎮，弗萊堡擁有「歐洲太陽能之都」、「環保及永續市鎮」及「永續之城」的美譽。⁶其為環境保護運動的發源地，發展太陽能產業不僅直接影響弗萊堡的政治與社會發展，也使其走向「綠色之都」的道路，成為全球可再生能源的先驅。

2011 年，日本發生福島核災事故。此次的災害使德國做出能源轉型的決定，訂定出長期的目標，德國將逐步淘汰核能發電，實現從化石—核能轉化為依賴可再生能源，並成為全球第一個淘汰核能發電的國家。另外，弗萊堡更是四處可見太陽能的裝置，吸引世界各地的政府官員、科技與觀光團隊相繼造訪，模仿如何打造「太陽能之都」。

有鑑於此，筆者對於德國走向綠色環保之發展歷程深感興趣，故欲進一步研究德國發展太陽能政策之動機與目的，回顧太陽能政策的制定過程，並且研究德國在能源轉型當中，如何做到能源改革與實施一系列之政策。再者，筆者將參考德國與弗萊堡的經驗，進一步提供在我國發展太陽能相關建議，以上為本論文之主要研究動機。

至於研究動機與目的，即探討德國政府如何推動太陽能產業，進而評估其政

⁵ 徐光榮，〈德國太陽能發電創紀錄的啟示〉，《新新聞》，第 1318 期，101 年 6 月，
<<http://www.new7.com.tw/SNewsView.aspx?Key=%e5%be%b7%e5%9c%8b%e5%a4%aa%e9%99%bd%e8%83%bd&i=TXT20120606151151GRH&p=>>，檢索日期：103 年 6 月 13 日。

⁶ 陳文樹，〈德國使用太陽能最著名的城市〉，《台電月刊》，第 555 期，2009 年 3 月號，頁 31，
<http://info.taipower.com.tw/TaipowerWeb/upload/files/29/TP555_p30-33.pdf>，檢索日期：103 年 2 月 1 日。

策成效，再以弗萊堡為例，說明其如何制定政策、創造出大的經濟效益，使德國成為發展太陽能的典範。

最後，做為我國的參考依據。德國不僅是全球的經濟大國，也是綠能最發達的國家，然而，德國為了發展可再生能源不惜放棄使用核電，而在廢核的同時，經濟依然成長。這個由人民發起的能源大革命到聯邦政府的全力支持，由下到上通過了許多法案，讓德國在這幾時當中，可再生能源的使用率扶搖直上，可再生能源發電廠一座接著一座興建，家家戶戶屋頂上鋪設的太陽能面板也已相當普及。基於此，本論文希望提供對德國在發展太陽能的過程中，政府所扮演的腳色，以及如何推動太陽能政策及執行成效。

當經過分析與整理後，期望能得出德國成功發展太陽能產業之優勢與原因，進而分析我國在可再生能源之領域上可朝何種趨勢發展，並將德國與弗萊堡成功的經驗對我國借鏡。除此之外，筆者也將提出自己的見解，以供我國政府單位在發展太陽能領域上之參考依據。

第二節 研究方法與限制

一、研究方法

為了實證檢驗德國的可再生能源政策與發展成效，本論文將採用質化的途徑，以文獻分析法（Documentary analysis）及個案研究法（Case study）進行研究。

（一）文獻分析法（Documentary analysis）：

文獻分析法是研究對過去的歷史文獻資料進行蒐集、檢驗及內容分析等，檢視歷史紀錄、研究社會變遷及規律性，進而從中了解過去、洞察現在與預測未來。而其文獻資料來源多取自歷史資料，因此，亦稱為歷史文獻法。⁷

有鑑於此，為了對文獻進行有效的檢驗，除了必須廣博蒐集德國可再生能源的政策發展與歷程外，也必須著重在第一手資料的取得，主要是透過蒐集國內外的官方網站，包括德國聯邦經濟下各部門、弗萊堡與歐盟的官方文件，藉此達到本論文的可信度與可靠信；而二手資料以中、英文的相關探討專書、期刊及書報

⁷ 葉志誠，《社會科學概論》，（台北市：揚智文化，2000），頁 102-106。

進行輔助，以利客觀地進行分析，梳理出德國可再生能源的政策發展脈絡與架構；最後，再以報章、雜誌穿插，增加內容的多元性。

（二）個案研究法（Case study）：

個案研究法廣義而言，則可界定為：採用各種方法、蒐集有效的完整資料，對一個人或一個有組織的單位做縝密而深入的研究歷程；狹義的個案研究是指某些特定的人、事、物所做的描述、分析及報告。⁸

因此，透過個案研究法，主要是對弗萊堡在發展太陽能的產業進行分析，目的是更進一步了解弗萊堡在太陽能領域的前瞻性與獨特性，再透過質性的研究特性，採取詮釋資料的方式，評估德國可再生能源產業的發展前景與限制。

二、研究限制

本論文的研究限制在於無法親臨德國及弗萊堡當地考察太陽能產業是如何發展與規劃出示範區，因而無法取得德國政府內部之相關政策報告。再者，礙於語言的限制，相關的官網或一手資料的取得，僅能依靠中、英文網頁與官方授權的中、英文翻譯本。最後，由於筆者在赴菲律賓求學期間完成論文，而所待的地區其無線網路尚未發展良好，在蒐集資料以及預覽網路時，常有無法連線的問題。因此，筆者所引用的參考文獻大部分是筆者在台灣時所蒐集好的文獻。為解決與補足本論文在此範圍中的理解力與完整性，筆者大多利用具有學術價值之專書與期刊做輔助，再與報章雜誌配合，藉以達到互補的作用。

第三節 文獻回顧

德國為全球使用可再生能源比例最高的國家，其太陽能的運用也堪稱全球第一。而德國弗萊堡素有「太陽能之都」的美譽，是最能代表德國太陽能發展的城市，因此，本章將以德國政府對太陽能的發展與弗萊堡個案進行文獻回顧。

在閱讀相關文獻回顧後，筆者就所收集的文獻約略分為三類，第一類為德國發展太陽能之發展歷程以及現況之官方報告與期刊，研究其太陽能發展的具體政策；第二類為敘述德國太陽能發展的背景與成效之相關學術文章；第三類則是評

⁸ 同上註。

估德國在能源轉型之見解，以及如何實施太陽能之平面報導。

2011 年，德國作出一項能源轉型的歷史性決定，並且得到議會的全數通過，德國決定對未來的能源作改變。以下，筆者就德國與弗萊堡發展太陽能之歷程及現況進行第一類的文獻回顧。德國聯邦經濟和技術部（Federal Ministry of Economic and Technology）近年發行的官方期刊《能源轉型》（Energiewende）與《德國的能源轉型》（Germany's new energy policy）文件中，發掘關於能源的趨勢，專門著重在德國發展可再生能源的進展與所面臨或有待解決的問題。

今日，擴建新電網是德國能源轉型中重要的一環，為了因應可再生能源必須仰賴“天氣”發展。換言之，在陽光充足的日子裡，可再生能源的發電量相當於全德國的用電量；反之，其發電量幾乎為零。因此，建新電網的同時，還需要強化舊電網，讓使用效率再提高，這對德國來說是相當具有挑戰性的。⁹由於急需解決可再生能源電網供電的不穩定，再者，可再生能源占總發電量的比例將會越來越高，此時，如何結合科技、研發高效能的新型儲存系統也成為德國能源轉型的關鍵。面對未來未知的挑戰與氣候因素，避免在天氣不穩定時，當日的發電量不足使用或是發生停電的危機，因此，新型儲存系統是德國勢在必得的創新。

當有了更智能的電網（E-energy）與常規的電廠，可使可再生能源成功地取代傳統能源。為了順利進行能源的轉型，德國聯邦經濟部特設“未來能源網絡”平台，與政府、能源企業、環保組織和消費者進行對話，以避免制訂出狹隘的政策，讓方案更明晰。其中，最值得注意的是：必須再加快可再生能源建設與能源供應的經濟性、安全性之間保持平衡。¹⁰這是由於過高的電價，在短期內社會能夠理解與負荷；但長期下來將會造成德國的經濟增長、社會繁榮，使人民不再接受可再生能源甚至失去信心。於此，德國政府如何對可再生能源進行價格討論，並通過一系列措施為企業與人民減輕負擔是必要且亟需的。

當科技均到位後，德國在 2000 年提出的《可再生能源法》（Ereuerbare Energien-Gesetz ; Renewable Energy Sources Act, EEG）至今，透過獎勵補貼與政府的鼓勵，已經可預見未來潛力最大、最經濟的能源，即太陽能與風能。根據

⁹ 德國聯邦經濟和技術部公共關係處，〈能源轉型〉，第一期，2012 年 1 月，頁 1-12，
<<http://www.china.diplo.de/Vertretung/china/zh/06-euk/0-hbs.html>>，檢索日期：102 年 9 月 7 日。

¹⁰ Federal Ministry of Economics and Technology, “Germany's new energy policy,” 2012, pp. 4-10,
<<http://www.bmwi.de/English/Redaktion/Pdf/germanys-new-energy-policy,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=en,rwb=true.pdf>>，檢索日期：102 年 11 月 10 日。

Agora-Energiewende 發行的《12 Insights on Germany's Energiewende》文件中，¹¹說明了德國的能源轉型將建立在太陽能與風能之上，原因是在過去二十年裡，太陽能與風能的關鍵技術成本大幅降低，進而奠定了基礎。在未來，德國說明能源轉型需要新的市場，而新的市場必須滿足供需平衡、提高能源需求與長期儲存的靈活性，除此之外，德國將對可靠、靈活與零二氧化碳的能源提供補助。對德國的發展情勢來說，可再生能源具有一定的技術，但如何達到供需平衡及穩定是目前的一大重點。因此，只有在提升效率的前提下，未來才能夠逐漸或停止現有的獎勵補貼政策。

另外，德國在進行能源轉型的同時，其內部的弗萊堡也進行的如火如荼。根據弗萊堡官方網站的文件 *Green City Freiburg* 及 *SolarRegion Freiburg*¹² 主要說明發展太陽能的同時，經濟的可持續發展。在今後十年間，德國將在太陽能領域上投資兩千三百五十億歐元，用於建設通過可再生能源發電，提供熱與電力等設施。同時，弗萊堡吸引了百家與太陽能技術相關等規模不一的企業進駐，單對環境教育與培訓一項，就創造出七百多個工作機會。對弗萊堡而言，發展太陽能、環境保護與經濟增長不再互不矛盾，更使環境經濟已成為弗萊堡和鄰近地區的支柱型產業。

在停止核能的興建與使用後，弗萊堡致力於使用太陽能與保護環境，透過不同的公司、團體與協會、研究機構、專家與市民們堅定的意識大力發展太陽能。弗萊堡市政府結合三個策略：節能 (energy saving)、可再生能源 (renewable energy) 及有效的技術 (efficient technologies)，再加上 “Freiburg mix” 的特性：市府的政策、市民的支持、有利的氣候、專門的技術與創造一個獨一無二的組織，成功打造出「太陽能之都」。¹³

弗萊堡之所以會全力發展太陽能，原因出自於 1986 年 4 月 26 日，在烏克蘭境內的車諾比 (Chernobyl) 核電廠爆炸事件後，¹⁴ 市民們質疑自己為何要使用不

¹¹ Agora-energiewende, “12 Insights on Germany's Energiewende,” October 3, 2013, <http://www.agora-energiewende.org/fileadmin/downloads/publikationen/Impulse/12_Thesen/Agora_12_Insights_on_Germanys_Energiewende_web.pdf>, 檢索日期：102 年 11 月 10 日。

¹² Freiburg Wirtschaft Touristik und Messe GmbH and Co. KG, “Green City Freiburg,” 2010, p. 4, <http://www.greencity.freiburg.de/servlet/PB/show/1199617_l2/GreenCity.pdf>, 檢索日期：102 年 7 月 15 日。

¹³ City of the Freiburg Environment Protection Agency, “SolarRegion Freiburg,” 2007, p. 2-4, <<http://www.kayamut.org.il/sites/default/files/FlyerFreiburg.pdf>>, 檢索日期：102 年 7 月 24 日。

¹⁴ Mareike Aden and Pripyat, “The legacy of Chernobyl continues to shape victims' lives,” *DW. DE*, April 25, 2011, <<http://www.dw.de/the-legacy-of-chernobyl-continues-to-shape-victims-lives/a-15028249>>, 檢索

安全的電？於是，使發起永續環境、不再使用傳統能源，改以發展安全又環保的太陽能。於是，弗萊堡出版 *Environment Policy in Freiburg*¹⁵ 的文件中，即針對弗萊堡的綜合發展與回顧目前的環境政策。而環境政策在城市的發展中是不可或缺的，領導太陽能發展的弗萊堡，在政策上不斷的創新與實踐，更訂下在 2030 年將弗萊堡的二氧化碳減少 40%，再規劃與更新氣候保護政策，訂定出中期目標、檢驗結果。除此之外，為了使目標能夠事半功倍，弗萊堡也對住宅、公共設施下功夫，如：住宅的建築必須符合與達到節能的標準、積極開發公共設施與大眾交通工具，於是，弗萊堡另有「腳踏車天堂」之稱。¹⁶政府投入建設太陽能示範區，使人民更了解太陽能的應用、提高太陽能的裝設率，以上均有利於弗萊堡減少二氧化碳排放量目標的成功。

擴展可再生能源、增加太陽能的效率，市民對環境保護意識的支持，使太陽能遍及弗萊堡。如此好的成效，使「永續性」逐漸成為弗萊堡在城市政策發展中占有一席之地。今日，「永續性」不再只是關於保護能源與氣候，其對經濟的影響也很大。從全世界的角度做局部性的思考，這些氣候保護政策、可再生能源條例等政策，更需要人民的參與及當地政府的支持，才能真正達到應有的效果。

基於此，弗萊堡政府檢視自己的位置，對於「永續性」堅持的原則，這在弗萊堡中是能清楚地被看見與感受到的，藉由節能、可再生能源與有效發展的三個政策驅使下，獲得國際的認同。弗萊堡被全球視為生態政治與城市發展的模範，綠色城市的想法不僅支持環境政策與策略實踐，更代表著市民努力不懈地展開對話、創造政策架構的永續性與提高生活水準。綠色城市的意義包含：增加經濟規模、以環境創造未來的永續發展、面向未來的工作與促進城市和地區的競爭力。

根據以上的文獻回顧，無論是德國或是弗萊堡個案，其成功發展可再生能源最主要的關鍵因素為有計畫的政策、民眾的積極參與加上能源轉型的決心。其不僅有完善的政策體制、最著名的研發單位與領先的永續環保觀念，也創造出龐大的綠色商機。面對屬於綠色市場的未來，德國與弗萊堡將面臨全新的挑戰，即如何達到可再生能源的供需平衡與穩定。

日期：102 年 11 月 6 日。

¹⁵ Stade Freiburg im Breisgau, "Environment Policy in Freiburg," 2011, pp. 26-48, <http://www.freiburg.de/pb/site/Freiburg/get/340683/Umweltpolitik_engl.pdf>, 檢索日期：102 年 7 月 15 日。

¹⁶ 徐仁全,〈像太陽巨人取經－弗萊堡的成就 20 萬鎮民做綠能巨人,太陽光電城再生能源希望〉,《遠見雜誌》,第 251 期,2007 年 5 月,頁 100-123, <http://www.gvm.com.tw/Boardcontent_12994.html>, 檢索日期：103 年 2 月 1 日。

第二類文獻則是國內學術研究，關於劉明德與徐玉珍發表於《公共行政學報》的「臺灣亟需有遠見的可再生能源政策與做法－德國經驗的啟示」中，¹⁷敘述德國的可再生能源及弗萊堡的發展歷程。從弗萊堡市民意識到需要使用更安全的能源時，便放棄使用核能，並根據弗萊堡的優勢，評估太陽能是最符合經濟效益的產業，一步一步打造成今日的「太陽能之都」。近年來，全球景氣低迷，而弗萊堡的太陽能產業卻帶給這地區正面的發展能量，其發展成功的關鍵要素在於市民、地方政府的同心協力與強烈的環保意識，加上聯邦政府的支持，創造出這充滿活力、商機、知識與綠色產業的價值鏈聚落。

另外，陳彥豪在《科技發展政策報導》的「德國可再生能源政策與現況」中，¹⁸說明德國通過良好的立法與願景，規劃出強大的誘因及太陽能示範區，讓弗萊堡成為太陽能的先鋒。從初期的「一千個屋頂」的太陽能光電計劃到「十萬個屋頂計劃」中，可顯示自從弗萊堡使用太陽能，其成效與發電量是不斷的擴大，更進而成為楷模，吸引全球各地的研究團隊相繼造訪、旅客人數持續增加。弗萊堡有如此傲人的成績，除了政府以身作則、政策引導與財務支持外，同時還有弗萊堡對發展太陽能產業長期的堅持、政府的發展策略，明確的訂定達成目標，均是促使弗萊堡太陽能產業發揚光大的重要成分。

綜言之，上述文章對於德國可再生能源僅做淺析的討論，對於德國政府以何種政策推動發展，並無繼續做深入的解析，而這點也是筆者欲研究之重點。目前，已有許多國家在大力發展可再生能源，但成效都不如德國。德國如何運用政策來規範能源的發展？而能源結構的發展又可分幾種階段？以上，筆者將於之後的章節進行分析，以利探討德國發展太陽能政策之內容演變。

中國學者王乾坤、周原冰、宋衛東及方形等人發表於《能源法律研究》的「德國可再生能源發電政策法規體系及其啟示」中，¹⁹說明德國為何發展可再生能源與其法規。德國雖為四大經濟實體，但其國內資源缺乏，相對依賴能源的進口，為確保能源供應的穩定與安全，便從《可再生能源法》(Ereuerbare Energien-Gesetz; Renewable Energy Sources Act, EEG)的制訂與生效，開始規範與推動，使得可再

¹⁷ 劉明德、徐玉珍，〈臺灣亟需有遠見的可再生能源政策與做法－德國經驗的啟示〉，《公共行政學報》，第43期，101年9月，頁127-150，
<<http://www.airitilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?DocID=15618080-201209-201212050023-201212050023-127-150>>，檢索日期：102年7月14日。

¹⁸ 陳彥豪，〈德國再生能源政策與現況〉，《科技發展政策報導》，SR9406，2005年，頁636-654。

¹⁹ 王乾坤、周原冰、宋衛東、方形，〈德國再生能源發電政策法規體系及其啟示〉，《能源法律研究》，第22卷第3期，2010年3月，頁50-67。

生能源在發電方面取得顯著的成績。此篇文章談論到德國在各政策中，最核心的法條—EEG，當然，在初期也有能源相關之法條，但在 EEG 生效之後，確立了使用可再生能源與發展目標之分水嶺。而德國政府未能源制訂一系列之政策，筆者將在後續逐一做介紹。

最後，對第三類文獻進行回顧。平面報導等相關文章能夠補足筆者無法親赴德國考察之缺失。而楊卓翰發表於《今周刊》的「綠色德國奇蹟」²⁰與徐仁全於《遠見雜誌》的「像太陽巨人取經—弗萊堡的成就二十萬鎮民做綠能巨人，太陽光電城可再生能源希望」中，²¹這些團隊親自走訪歐洲這個經濟大國，說明德國如何開啟電力大革命並奇蹟地開出一條新能源之路。德國發起遠離核能，擁抱綠能的過程中，核能發電量從 2000 年將近一百七十萬瓦下降至 2010 年將近一百萬瓦，而替代核能發電量的可再生能源，包括太陽能、風力發電及水力，由 2000 年的發電比率 6% 提高至 2010 年的 17%。至今，德國太陽能總發電量等同於二十二座核電廠，除了建立十三萬戶的綠能電網，還能以太陽能節能發電屋來自給自足。這當中，弗萊堡已是應用太陽能的巨人，不斷的開發新技術取得可再生能源，主要目的是可替代石油及核能等這不安全的能源。

另外，高宜凡在《遠見雜誌》的「未來的電哪裡來」中，表示未來的電勢必越來越貴，能源將成為各國最關注的議題。德國早在車諾比核災事件發生後，已意識到未來的能源危機，並開始發展太陽能至今，可再生能源對國來說，不只是能源，更已成為其經濟的支柱。但在這其中，即使德國發現使用綠能的代價，即發電過剩、電價高漲、現代化的電網不足以及供電不穩定等因素外，這些均不影響德國能源轉型的政策，其競爭力仍然強大。文章中更提及德國公民對政府的能源行動不滿，因此，各地自行發動在地的能源革命，²²弗萊堡亦如此，這些在地的能源革命是促成德國能源改革發展的關鍵因素之一，在加上德國政府頒布的相關政策，使得能源轉型達到事倍功半的成效。

最後，賈璐婧的「德國弗萊堡太陽能研究應用領先世界水平」²³與陳立中的「德國的太陽能名城—弗萊堡，以及郵局應用太陽能的實況」²⁴均關注於新型節

²⁰ 楊卓翰，〈綠色德國奇蹟〉，《今周刊》，2012 年 6 月 11 日，頁 102-120。

²¹ 徐仁全，前引文，頁 100-123。

²² 高宜凡，〈未來的電哪裡來〉，《遠見雜誌》，2013 年 9 月，頁 204-230。

²³ 賈璐婧，〈德國福來堡太陽能研究應用領先世界水平〉，《中國經濟網》，2010 年 8 月 19 日，
<http://intl.ce.cn/specials/zxgzh/201008/19/t20100819_21736779.shtml>，檢索日期：2012 年 7 月 14 日。

²⁴ 陳立中，〈德國的太陽能名城—弗萊堡，以及郵局應用太陽能的實況〉，《臺灣石油工會》，

能或環保型住宅。指出無論是何種住宅均已在德國風靡甚久，甚至建立生態社區，將陽光能夠直射的面積、公共設施及屋頂，大舉裝置太陽能面板。如此一來，將生活與太陽能的運用做結合，在 2030 年，弗萊堡可望將二氧化碳減少 40%。最後，李一能的「從德國弗萊堡案例環保產業四十年打造「綠色太陽能之都」²⁵則快速的回顧，從反核運動至推倡環保的歷程，市民先建立一套規劃方案後，引進科研教育機構，包括歐洲最大的太陽能研究機構（Fraunhofer-Intitut For Solar Energy System, ISE）與國際太陽能協會（International Solar Energy Society, ISES），再整合各環保理念，打造一座綠色之都。

經由以上相關文獻的初步回顧，本論文對德國發展太陽能及弗萊堡在可再生能源上的經驗有以下認識：

弗萊堡是德國日照時數最長的城市，其平均日照時數約一千八百小時/年，非常適合發展太陽能。而當年的反核示威運動促成今日的綠色奇蹟，在這發展的過程中，弗萊堡並不急於馬上設置太陽能面板，而是先制訂政策、引進技術團隊與人才，即 ISE、ISES，接著是教育及培訓，使人們了解與認識太陽能以及環保相關的知識後，再建立太陽能社區與生態區，使人民生活與太陽能息息相關。最重要的是，此計畫取得市民們的大力支持與共識，弗萊堡才得以順利的發展太陽能。

德國的能源革命是一種由下而上的運動，先是由民間發起、與當地政府制定法條，而後綠黨隨之成立並穿梭在政壇中，今日的德國總理梅克爾，對能源轉型與無核家園的態度，從保留到支持。至此，德國政府不僅制訂法條、人民與政府共同站在同一陣線上，與此同時，也須考慮政黨之利益。因此，可再生能源無論是在政府間或民間都已經成為德國目前經濟發展之核心。

為了使廢核、推廣可再生能源與經濟持續成長三者成為可能，在德國，其實已有不少與弗萊堡性質相同的城市。德國除了同心協力發展太陽能、制訂法條外，也在公共設施、大眾運輸上下功夫，使各方相輔相成。在個案研究中，什麼促使弗萊堡成為全球在太陽能的發展上成為佼佼者？是它特別且獨一無二的政治、經濟、地理與文化因素，再結合大學與研究機構、對環境敏感且有意識的市民及堅

<<http://www.tpwu.org.tw/periodical/392/1701.htm>>，檢索日期：102 年 7 月 26 日。

²⁵ 李一能，〈從德國弗萊堡案例環保產業 40 年打造「綠色太陽能之都」〉，《中國 2010 年上海世博會官方網站》，2010 年 6 月 22 日，<<http://www.expo2010.cn/a/20100622/000040.htm>>，檢索日期：102 年 7 月 16 日。

定的政府與獲得實踐的市民運動，太陽能才能有今日如此大之成就與發展。

第四節 研究架構與章節安排

一、研究架構

在研究架構的部分，本論文先探討德國能源轉型的發展歷程，其分別就面臨能源危機後，德國政府決定廢除核能，並尋求替代能源－太陽能著手，並以弗萊堡為個案，說明其太陽能何以成功的發展。接著說明德國在能源使用的歷程，從煤炭－石油－核能到可再生能源中，德國政府之政策有何轉變，以至於現今大力推動可再生能源。其次，在發展太陽能的過程中，德國政府隨著幾次政黨輪替後，其前後政策有何不同，筆者也深入分析決定可再生能源發展的走向之內、外部因素，並對太陽能相關政策與法規做深入地探討，研究與比較其內容之演變。最後，希望從所得之研究，展望我國未來在太陽能發展之前景，能以弗萊堡做借鑒，使我國之可再生能源政策能夠尋找出完善且適合的政策發展。

研究架構圖：

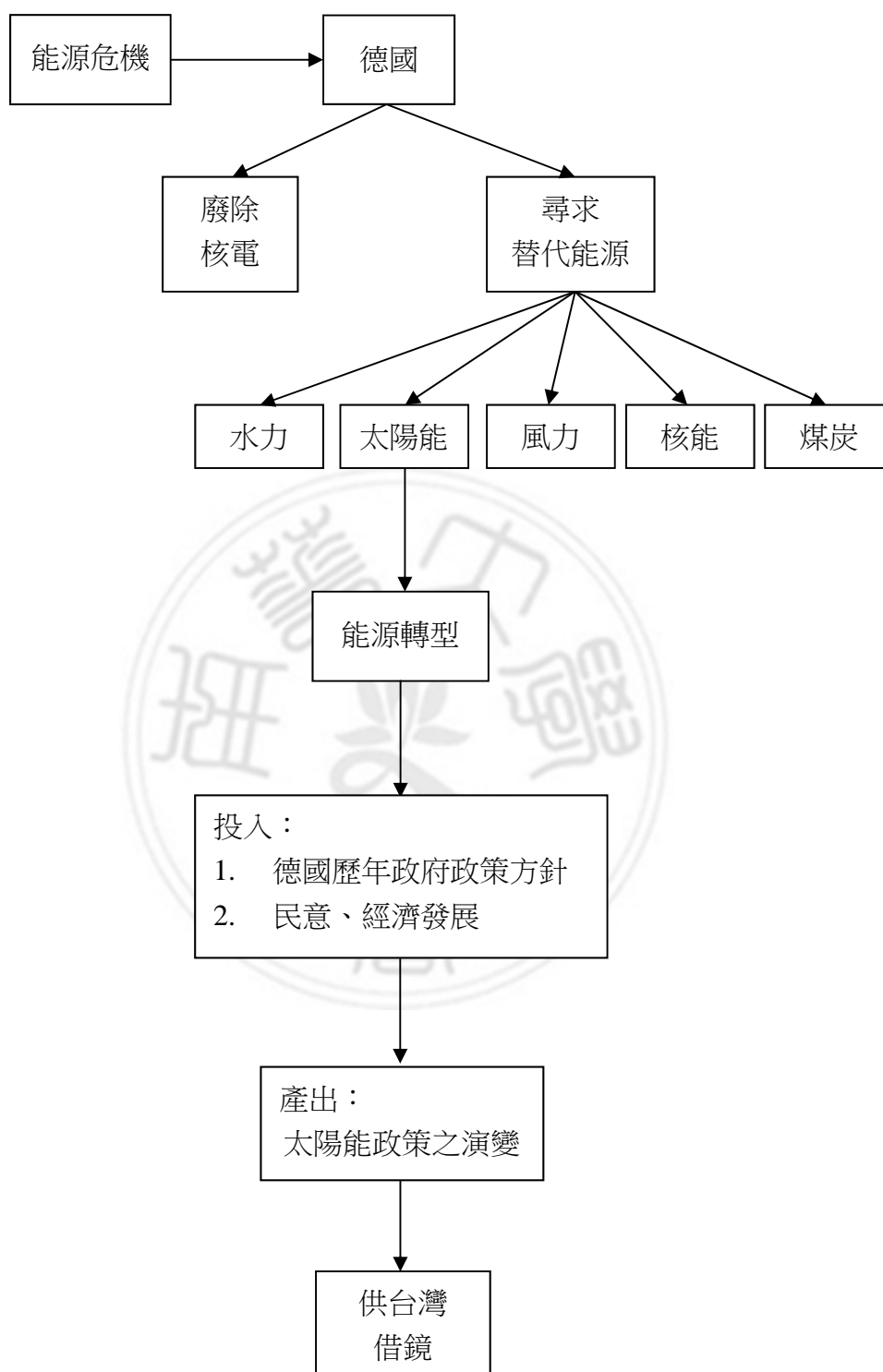


圖 1-1：研究架構圖

資料來源：作者自行繪製。

二、章節安排

在章節安排部分，第一章為緒論，旨在說明研究動機、問題與目的、研究方法與限制，並對現有文獻進行探討，最後說明研究架構與章節安排；第二章為德國能源結構之發展概況，以探討推動德國在發展太陽能前，其煤炭－石油－核能的發展歷程與轉向因素；第三章為德國太陽能政策的推動及發展，說明能源政策制訂之演變，以及政府的內、外部因素，說明說明德國如何推動太陽能發展；第四章則為個案研究，介紹德國弗萊堡推動太陽能政策之成效，深入了解其太陽能政策的內容演變；最後，第五章為結論，說明德國目前或未來可能所面臨的危機與問題，並展望德國太陽能之發展外，也做為台灣參考之依據，以及對未來太陽能發展的方向。



第二章 德國能源結構之發展概況

經濟的快速發展及能源需求不斷的提升，人類利用不同的開採方式獲取能源。但隨著氣候變遷、二氧化碳增加與傳統能源的耗盡，德國開始進行「能源轉型」(Energiewende)。本章節旨在說明德國的傳統產業發展之轉向與發展歷程，並將能源使用的過程演變，從工業時期的煤炭、石油與核能，到最終目標—可再生能源，筆者將依序介紹德國的能源結構演變。

第一節 煤炭與石油的發展

一、煤炭

煤炭是世界上儲存量最大的能源，也是工業發展重要的能源之一。目前，世界上已勘察可開採的煤炭資源約四千兩百億噸，德國雖為能源貧乏的國家，但煤炭的儲存量極為豐富，是世界上儲存量最大的國家之一，據估計，德國煤炭的開採量可達兩千三百億噸，¹幾乎占全球一半的儲存量。相對的，身為全球的經濟大國，其發展國內經濟對於能源需求與原料供應方面，卻有三分之二的初級能源必須仰賴進口，以應付國內龐大的能源需求。²

煤炭在德國扮演非常重要的角色，不僅帶動十九世紀的工業革命，更在二次世界大戰戰敗後，成為推動德國的經濟奇蹟。因此，德國政府於 1997 年 3 月，以法律和條約的形式為基礎，制訂出至 2005 年之前長期性的煤炭政策，包括補貼、開採量與就業人數。³政策規定了政府每年的補助，導致 1998 年的四十七億歐元削減至 2005 年的二十七億元，補貼下降了 43%。德國為了持續對煤炭的開採，政府於 2003 年制訂出後續政策，繼續支持煤炭的開採直至 2012 年，並在 2004 年正式制訂出五千六百九十九億歐元為 2006 年至 2008 年的補貼金額。⁴德國政府不僅對煤炭產業補助金額，也以高於國際市場的價差對煤炭開採提供補貼，

¹ 德國世紀網播，〈德國煤炭市場概況〉，《德國世紀網播》，
<<http://www.china-a.de/cn/dgjm/doc/scfx/scfx-18.htm>>。

² 中華人民共和國駐德意志聯邦共和國大使館經濟商務參贊處，〈經濟概況〉，《德國概況》，2011 年 4 月 6 日，<<http://de.mofcom.gov.cn/article/ddgk/zwjingji/201104/20110407485042.shtml>>，檢索日期：102 年 11 月 1 日。

³ 德國世紀網播，前引文。

⁴ 中國煤炭運銷門戶，〈德國煤炭行業補貼政策回顧〉，《國際政策》，2011 年 8 月 28 日，
<<http://www.zgntyxmh.com/news/12564914.html>>，檢索日期：102 年 11 月 3 日。

⁵使原本不具競爭力的煤炭產業得以發展。但這種補貼措施也因能源政策漸漸轉型，終究無法持續實施。

德國為了確保能源的供應安全以及煤炭的可持續開採，基於此，德國煤炭的補貼明顯減少，並以降低對煤炭開採補貼的方式，一來能減少煤炭的開採量；二來則是提高煤炭的發電效率。⁶其實德國的煤炭開採成本很高，因此，在 1950 年代煤炭陷入危機，⁷煤炭產業因而進入一段衰退期，能源結構也開始轉變。煤炭不再是唯一的供電來源。

對德國來說，煤炭一直是國家發展戰略的要素，也是政治議題。由於德國缺少煤炭以外的能源，因此，開採本國煤炭成為減少對國外進口能源依賴最佳的方式。隨著溫室效應、降低二氧化碳排放量與積極發展可再生能源等議題中，德國政府多次對煤炭政策進行調整，且不斷對煤炭的開採進行爭辯。最後，煤炭因能源結構的改變再也無利益可圖，德國政府做出將於 2018 年關閉剩餘仍在運轉的燃煤發電廠的決定。⁸

目前，即使如此，煤炭的應用仍在德國占有一席之地。原因是在能源轉型中，在確保德國的電力來源 100% 是仰賴可再生能源之前，“基本負荷”發電廠中的燃煤發電廠被做為主要的供電來源之一，以及因天氣不穩導致可再生能源無法正常運作的情形下，燃煤發電廠此時就必須替代可再生能源進行發電的功能。⁹

有鑑於此，德國的電力公司 RWE 在 2012 年啟用新的燃煤發電廠 BoA 2&3，德國環境部部長 Peter Altmaier 對此表示，這座高效能的燃煤發電廠可以取代老舊電廠，有助於降低二氧化碳排量，以及為能源轉型的成功做出貢獻。¹⁰總的來說，煤炭正處於傳統能源轉換至可再生能源中的過渡期。德國外部不僅受到美國

⁵ 馮興元，〈什麼是最好的產業政策〉，《南京審計院公共政策研究與分析中心》，2013 年 10 月 12 日，〈<http://ggzc.nau.edu.cn/s/51/t/35/21/3f/info8511.htm>〉，檢索日期：102 年 11 月 1 日。

⁶ 楊曉莉，〈德國能源政策和石油戰略儲備機制〉，《中國工業可持續發展網》，2005 年 4 月 27 日，〈<http://edu.drcnet.com.cn/eDRCnet.common.web/DocSummary.aspx?SearchRecordID=6277134&DocID=338944&leafid=64&chnid=23&querystring=%u5fb7%u56fd+%u6218%u7565&searchquerystring=%u5fb7%u56fd+%u6218%u7565&SearchItem=subject>〉，檢索日期：102 年 10 月 20 日。

⁷ DW staff, “The Rise and Fall of Germany’s Coal Mining Industry,” *DW. DE*, January 31, 2007, 〈<http://www.dw.de/the-rise-and-fall-of-germanys-coal-mining-industry/a-2331545>〉，檢索日期：102 年 10 月 29 日。

⁸ Ibid.

⁹ Agora Energiewende, *op.cit.*, pp. 9-16.

¹⁰ Energy Business Preview staff, “RWE commissions 2,200MW coal-fired plant in Germany,” *Energy Business Preview*, August 17, 2012, 〈<http://fossilfuel.energy-business-review.com/news/rwe-commissions-2200mw-coal-fired-plant-in-germany-170812>〉，檢索日期：102 年 11 月 2 日。

煤炭價格低廉的影響，以及國內煤炭無利益，使得德國重新掀起使用煤炭的熱潮；而內部則受到各界人士的反彈，因為煤炭的應用仍居高不下，造成德國的碳排放量進而增加 2%。¹¹

二、石油

石油是世界上最重要的能源之一，對德國而言，石油不只是能源，更是帶動德國經濟發展重要之因素，原因在於德國除了煤炭之外，其它經濟能源皆必須仰賴進口才可取得。德國的石油進口量佔世界石油進口總量的 5.5%，在所有進口的初級能源中，德國所需的原油有 95% 以上來自國外，石油的自給率嚴重不足，這無疑是對國家經濟與能源需求構成潛在的危險性。¹²由於石油消費量大、自給率又低，德國早在 1966 年，當時的西德政府便建立一個多元化的石油儲備系統，¹³以因應未來的石油短缺。

1973 年 10 月 17 日，第一次石油危機爆發，敘利亞和埃及的坦克車駛入以色列占領的地區，原因是以阿拉伯國家為主的石油輸出國組織（Organization of the Petroleum Exporting Counties，簡稱 OPEC）實施石油禁運政策，為了阻止西方國家支持以色列。當時的德國仍極度依賴石油並占了全部工業能源的消耗將近 40%，¹⁴這對德國來說是無疑是顆震撼彈。

1973-74 年，國際能源總署（International Energy Agency，簡稱 IEA）成立，其初始作用是負責協調與應對石油供應緊急情況的措施，包括維持能源價格的穩定及確保能源的供應安全，近年來則納入提高能源安全、經濟發展與環境保護。¹⁵在第一次石油危機爆發後，IEA 成員國開始建立該國的石油儲備機制，能源安全問題備受關注。就長期而言，在能源政策上，追求能源多元化與分散風險外，

¹¹ 侯雋，〈補貼縮減石化能源回歸 德國新能源風光不在〉，《中國網》，2013 年 7 月 13 日，<<http://big5.china.com.cn/gate/big5/finance.china.com.cn/industry/energy/xnyhb/20130716/1641501.shtml>>，檢索日期：102 年 9 月 7 日。

¹² 陳海嵩，〈德國能源問題即能源政策探析〉，《德國研究》，第 1 期第 24 卷，2009 年，9-16 頁。

¹³ 戎昌海，〈德國石油儲備的多元特色〉，《新華網》，2004 年 7 月 22 日，<http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/news.xinhuanet.com/world/2004-07/22/content_1626435.htm>，檢索日期：102 年 11 月 18 日。

¹⁴ 卡特琳·瑪台依，〈第一次石油危機三十周年祭〉，《德國之音》，2003 年 10 月 17 日，<http://www.dw.de/%E7%AC%AC%E4%B8%80%E6%AC%A1%E7%9F%B3%E6%B2%B9%E5%8D%B1%E6%9C%BA%E4%B8%89%E5%8D%81%E5%91%A8%E5%B9%B4%E7%A5%AD/a-1000635_102/11/10>，檢索日期：102 年 11 月 10 日。

¹⁵ International Energy Agency, "What we do," <<http://www.iea.org/aboutus/whatwedo/>>, 檢索日期：102 年 11 月 10 日。

更加強自產的供給；短期而言，則因應危機並重視安全儲備問題，降低因能源供給短缺所造成的衝擊。¹⁶

德國在經過七〇年代兩次石油危機後，當時以 Willy · Brandt 為首的社民黨十分清楚地說「德國不可能放棄石油進口，德國也將繼續依賴能源進口」。¹⁷於是，德國採取了以下相關政策應付對能源的需求：

(一) 實行能源結構多樣化

德國政府為確保能源的供應安全，開始逐步調整能源政策，包括：

1. 確保能源來源的多樣性，並且提高能源的使用效率。¹⁸
2. 大力開發可再生能源與技術，鼓勵開發太陽能等可再生能源。¹⁹
3. 建立多元化的能源進口渠道，以此減少與分散風險，逐步降低對中東地區及 OPEC 成員國的石油進口依賴。²⁰
4. 建立完善的石油戰略儲備與應急機制，避免再次發生如石油危機等事件發生。²¹

(二) 石油儲備機制 (German National Petroleum Stocking Agency, EBV)

在石油危機發生與 IEA 的成立後，各國開始制訂石油儲備機制 (Oil Storage System)。根據 IEA 所規定的，IEA 的成員國均有義務儲備及承擔前一年相當於九十天的石油進口量。²²隨後，德國跟進 IEA 的規定，調整其在 1966 年的石油儲備機制，並在 1978 年建立自己的儲備體系—Erdölbevorratungsverband (German National Petroleum Stocking Agency, 簡稱 EBV)。

根據德國的石油持股法 (Oil Stockholding Law) 規定，其要求 EBV 握有與九十天淨出口量的產品 (如：汽油、中間餾分油與燃料油)，這九十天的煉油廠產量和主要石油進口量是以前一年來計算的。²³當石油在供應中斷的情形下，

¹⁶ 王京明，〈美伊戰爭對我國能源供需的影響〉，《國際經濟情勢週報》，第 1480 期，頁 1-15。

¹⁷ 卡特琳·瑪台依，前引文。

¹⁸ 戎昌海，前引文。

¹⁹ 同上註。

²⁰ 陳海嵩，〈德國能源問題即能源政策探析〉，《德國研究》，第 1 期第 24 卷，2009 年，頁 9-16。

²¹ 同上註。

²² International Energy Agency, "Oil stocks, Novenver 10, 2013, <<http://www.iea.org/topics/oil/oilstocks/>>, 檢索日期：101 年 11 月 12 日。

²³ International Energy Agency, "Closing Oil stocks Levels in Days of Net Imports," <http://www.iea.org/explanationstocks.asp?country_name=Germany>, 檢索日期：102 年 11 月 12

EBV 規定必須持續在一定基礎水平上對原油與石油製品做九十天的儲備；²⁴當發生危機時，所有 EBV 的擁有者與委託股均可充分利用與迅速地將石油分配給消費者或煉油廠。²⁵

在國家安穩時，德國將石油儲備至一定水平之上，只有在石油嚴重中斷供應或危急到國家安全穩定時，EBV 才可動用儲備油。除此之外，EBV 有五個儲備區，分別分布在德國境內，並規定每個儲備區的最低儲備量須相當於十五天的供應量。因此，EBV 這套儲備法不僅讓德國的能源安全更穩定，也深受歐盟與 IEA 的肯定，認為德國的石油儲備機制具有經濟性與高效能等優點。²⁶

第二節 核能之發展

一、核能安全與困境

1954 年 6 月 27 日，蘇聯建造出全球第一座核電廠，在經過四十八年的運轉，由於其設備老舊，基於經濟與安全的考量，這第一座核電廠於 2002 年 4 月 30 日關閉，現在則改建成了博物館與科技館。²⁷根據德國之聲的對核能史的專題報導“Nuclear power in Germany: a chronology”，²⁸其將德國的核能發展歷程做了簡要的說明。而筆者將在以下的敘述中，依據此報導將德國的核能發展做詳細且重點的整理。

德國於 1957 年有了第一座核能反應裝置—Atomc Egg，1959 年促進核能發展的《原子能法》（Atomic Energy Act）生效，而第一座核電廠則於 1961 年開始上線並運作。在經過 1973 年的石油危機後，德國為了使能源供應及來源穩定，進而引導核能的推動，開始廣建核電廠。但德國的核能發展並非因其廉價的電力

日。

²⁴ German National Petroleum Stocking Agency, “Logistics and Stocks,” <<http://www.ebv-oil.org/cmse/cms2.asp?sid=60&nid=&cof=60>>, 檢索日期：102 年 11 月 10 日。

²⁵ International Energy Agency, “Closing Oil stocks Levels in Days of Net Imports,” op. cit.

²⁶ 洪桂彬、詹益亮，〈各國能源安全儲量概況〉，《瓦斯季刊》，73 期，2005 年，頁 1-16，<[http://www.rocga.org.tw/webftp/index.php?action=download&dir=%BE%FA%A6~%A5%CB%B4%B5%A9u%A5Z%2F94%A6~%2F73%B4%C12005%](http://www.rocga.org.tw/webftp/index.php?action=download&dir=%BE%FA%A6~%A5%CB%B4%B5%A9u%A5Z%2F94%A6~%2F73%B4%C12005%>)>, 檢索日期：102 年 11 月 9 日。

²⁷ Russia, “The World’s First Nuclear Power Plant,” *English Russia*, July 7, 2009, <<http://englishrussia.com/2009/07/07/the-worlds-first-nuclear-power-plant/>>, 檢索日期：102 年 11 月 10 日。

²⁸ DW staff, “Nuclear power in Germany: a chronology,” *DW. DE*, October 9, 2009, <<http://www.dw.de/nuclear-power-in-germany-a-chronology/a-2306337-1>>, 檢索日期：102 年 11 月 19 日。

而受到人民的歡迎，德國第一個的反核示威運動團體發生在 1971 年 Wyhl 新建立的核電廠預定地，反核人士們進行了規模大且持續四年的抗議活動。而這座核電廠從未被建成，並於 1975 年成為了核電廠保留區。

值得注意的是，在此之前，全球尚未發生任何嚴重的核災事故，但德國人民仍反對建立核電廠。由此顯示，德國人民早已有關於環保與能源安全的概念，因此，大小規模不一的反核示威運動從不間斷的出現在德國境內。尤其在 1979 年 3 月 28 日，位於美國三里島（Three Mile Island）的核電廠反應爐心熔毀，²⁹造成德國國內反核人士的驟增，緊接著是一連串的反核抗議事件。在 1980 年初，德國原計畫在 Wackersdorf 建造核能燃料加工廠，但是，在經過美國三里島事件後，Wackersdorf 的燃料加工廠遭到人民的反對是可想而知的，而這項投資超過十億的計畫在 1988 年被迫放棄。³⁰另外，1981 年 2 月 28 日，是德國史上規模最大的反核示威運動，約有十萬人民的反核人士反對德國政府在 Hamburg 北海的西海岸上建立新核電廠，但該核電廠仍成功的於 1986 年 10 月開始運作，預計在 2021 年關閉。³¹

1986 年 4 月 26 日，蘇聯發生車諾比核災，這災難不僅震驚全球，更讓德國開始重視核能的發展，進而建立了環境部，³²緊接著是德國政府持續很久的政治爭辯，以及與核電業者進行漫長的談判。1998 年大選，偏左的社民黨（Social Democrats, SPD）取得最多席次，並與綠黨（Green Party）合組聯合政府，時稱「紅綠共治」，開始逐步推動廢核政策。³³1999 年 2 月，以斯羅德（Gerhard Schröder）為首的紅綠政府，開始起草《核能法》。³⁴2000 年 6 月，斯羅德政府與核能業者達成一致共識，簽署了《關於逐步退出核能利用的協議》（簡稱《退出協議》），

²⁹ Three Mile Island, “What Went Wrong?”

<http://www.threemileisland.org/science/what_went_wrong/>, 檢索日期：102 年 11 月 19 日。

³⁰ William Sweet, “GERMANY CANCELS WACKERSDORF, HTGR REACTOR PROJECT,”

Physics Today, Vol. 42, Issue 10, October, 1989, p117,

<<http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=78a114ae-37c7-4370-b871-eb0cc21d6dc6%40sessionmgr4004&vid=2&hid=4101>>, 檢索日期：102 年 11 月 10 日。

³¹ E. ON SE, “Brokdorf nuclear power plant,”

<<http://www.eon.com/en/about-us/structure/asset-finder/brokdorf.html>>, 檢索日期：102 年 11 月 11 日。

³² Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, “How the Ministry Works,” <<http://www.bmu.de/en/bmu/tasks/>>, 檢索日期：102 年 11 月 19 日。

³³ 梁天瑞，〈掀開德國廢核真相〉，《國家政策研究基金會》，2013 年 6 月 20 日，

<<http://www.npf.org.tw/post/2/12387>>, 檢索日期：102 年 11 月 14 日。

³⁴ DW staff, “German nuclear energy history: a timeline,” DW. DE, May 30, 2011,

<<http://www.dw.de/german-nuclear-energy-history-a-timeline/a-15117199-1>>, 檢索日期：102 年 11 月 14 日。

計劃於 2021 年逐步關閉境內所有的核電廠。³⁵2002 年，《退出協議》被納入《有序停止經營性發電中核能利用法》，同時也對《原子能法》進行相應的修改。³⁶

由這些年當中，直至 2006 年，儲存和運送核廢桶（Cask for Storage and Transport of radioactive Material，簡稱 CASTOR）的問題不斷的飽受爭議並且遭受抗議。³⁷這些核廢料其實是來自德國的發電廠，被運往法國進行處理，在處理完畢後，CASTOR 會從法國的 La Hague 運回到德國的 Glaskokillen 核廢料基地儲存，由於核廢料儲存在地下鹽礦中，距地表僅八百公尺，³⁸人民無不擔心放射線外露與危及性命安全的問題。

直至 2007 年，根據《退出協議》，德國境內已經有四座核電廠被關閉。然而，在漢堡附近有兩座核電廠分受到爭議，分別是 Krümmel 與 Brunsbüttel。這兩座核電廠在六月底發生短路停機事件，而該兩座核電廠的經營者未在第一時間向外界公布實情並提出說明，而飽受社會輿論的攻擊，德國的分公司也因而被評斷在此一事故中之危機處理能力明顯不足。³⁹由其是 Brunsbüttel 的經營者，雖然稱無發現放射線增加的跡象，然而，這是技術事故又再次點燃核能安全的爭論。於是，根據 DW 的“Nuclear power in Germany: a chronology”報導指出，Brunsbüttel 因技術事故後，前後被關閉三次，最後下網，而 Krümmel 則持續運作。

另外，2008 年 6 月，因為 Philippsburg-1 核電站內部漏電而關閉，但這卻沒有任何證據說明其有釋出放射線。2009 年 7 月，德國現代化核電廠之一的 Emsland 反應爐歷經因技術失敗的問題而自動關閉，同時該月月初，Krümmel 的反應爐也關閉，並進行有兩年的維修後重啟。雖然以上的核能安全事件均未引發嚴重的輻射線外漏，但是核能的爭議卻是不斷升高。因此，德國環境部部長下令宣布全國核電廠的電力系統必須被檢驗，更成為 2009 年 9 月 27 日的聯邦議院選舉焦點。

對德國來說，核能是填補國內電力不足最快速、廉價的來源；反之，核能使

³⁵ Ibid.

³⁶ 李升，〈德國退出核能利用的法律框架〉，《華北電立大學學報》（社會科學版），第一期，2011 年 2 月，頁 47。

³⁷ TES, “Contains for Radioactive Material,” December 23, 2010, <http://www.tes.bam.de/en/umschliessungen/behaelter_radioaktive_stoffe/behaelterpruefungen/index.htm>, 檢索日期：102 年 11 月 14 日。

³⁸ 李鴻典，〈抗議核廢料輸入 德國千人臥軌占鐵路爆衝突〉，《今日新聞》，2011 年 11 月 30 日，<<http://www.nownews.com/n/2011/11/30/454102>>, 檢索日期：103 年 1 月 22 日。

³⁹ 經濟部國際貿易局，〈德國核電廠事故後續報導〉，《經濟部國際貿易局經貿資訊網》，2007 年 7 月 26 日，<<http://ekm92.trade.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeID=47&pid=287641>>, 檢索日期：103 年 1 月 22 日。

用的風險主要有四個方面，分別是核電站的經營、放射線核廢料的處置、核廢料的再加工以及濫用的可能性。⁴⁰即使德國是甚謹慎的國家，但仍有漏電、技術事故與核廢料等小型核事故產生，德國也不是因發生核事故才有反核示威運動，而是在此之前德國早已有反核團體的出現。

德國在 2011 年 3 月 11 日，日本福島發生核災事故後，反核的情緒已達最高峰。在歷經美國三里島與蘇聯車諾比核災事故後，使得德國人民原本對於「和平利用核能」(Peaceful use of nuclear energy)⁴¹的疑慮已失去信心。之後，梅克爾政府暫時將境內七座最老的核電站關閉，並開始對反應爐進行安全調查。2011 年 5 月，梅克爾政府做出了於 2022 年關閉所有核電廠，其中八座老電廠會永久關閉；其它六座於 2021 年之前關閉，另三座現代化核電廠會直至 2022 才關閉。

42

二、核能政策之演變

德國核能的發展歷程中，始終伴隨著反核示威運動，而核能的政策演變，也經過多次反覆的調整，從廢核、用核、再棄核。最後，梅克爾政府決定於 2022 年關閉所有核電廠，這決定不僅震驚全世界，德國也將成為全球第一個廢核的國家。以下，筆者就德國政府從廢除核能、延長核能、再次放棄核能的三個階段中，說明德國政府是如何運用政策來決定核能之走向。

首先，筆者欲先說明德國至 1989 年以後，未再興建任何有經營性的核反應堆，退出核能成為其既定之中長期政治目標，而 1956 至 2004 年期間，德國共興建一百一十處做為科學研究與發電之核反應堆。⁴³因此，德國最早之經營性核電廠於 1961 年被建造，1989 年則建造最後一座經營性之核電廠。

1959 年生效之《和平利用核能與防治其危害法》(The Peaceful Use of Nuclear Energy and Atomic Energy Act)，簡稱《原子能法》，是德國核能立法之淵源，其

⁴⁰ 沈百鑫，〈退出核能，進入可更新的能源時代—德國能源轉型之法律應對〉，《綠葉》，2011 年，10 期，頁 76。

⁴¹ UN, *General Assembly*, A/RES/32/50, December 8, 1977, <<http://www.un-documents.net/a32r50.htm>>, 檢索日期：103 年 1 月 21 日。

⁴² DW staff, "German nuclear energy history: a timeline," *op. cit.*

⁴³ 李升，〈德國退出核能利用的法律框架〉，《華北電大專學學報（社會科學版）》，2011 年 2 月，第 2 期，頁 46-49。

主要的追求目標是：⁴⁴

1. 有秩序地逐步淘汰具有商業性之核能發電。
2. 為保護生命財產安全，阻止輻射外洩與核能所造成之威脅。
3. 德國聯邦政府在核能領域中有保護輻射外洩之義務。

除了以上的三個目標之外，還必須在德國完全退出核能利用之前，保證核能的正常營運。⁴⁵這段期間中，德國處於和平利用核能之階段外，也因二戰結束，德國及於擺脫落後的經濟狀況，進而忽視環境保護的問題，使得環境汙染非常嚴重。隨之，德國綠黨成立，「綠色運動」首次出現在十九世紀七〇年代，而 1998 年至 2002 年，綠黨做為執政黨，與社民黨組成聯合政府。⁴⁶以下，筆者將介紹德國各政黨之間所實施之核能政策。

（一）廢除核能

2000 年，紅綠政府和核電站營運商簽署《核能協議》，為每個核電營運站規定所謂的「剩餘電量」，訂定核電站最多還能在生產的電量。根據核電站的平均發電量可估算出最後一座核電站大至於 2021 年關閉。⁴⁷因此，德國將退出核能的時間表訂在 2021 年，開啟了德國第一階段之廢核政策。

早在 1998 年大選開始，社民黨與綠黨組成聯合政府並達成協議，將逐步淘汰核能、與核電企業談判，於 2000 年 6 月 14 日，政府與核電企業簽署了《退出協議》，確定到 2022 年關閉德國境內所有的核電站。⁴⁸其主要內容是：“聯邦政府與供電企業達成諒解，同意對現有的核電站，給予未來的使用期限。同時，在確保高度安全與遵守核能立法要求的前提下，政府保證核電站在剩餘時間內的營運與核廢料處理不受干擾。雙方須盡力，使本協議內容得以持久的實行。聯邦政府將以此協議做為基礎，將《原子能法》做修訂。雙方一致認為，此協議及其實

⁴⁴ Nea, *Nuclear Law Bulletin: Supplement to No. 70*, (OECD Publication: France, 2002), p5, <http://books.google.com.tw/books?id=xt7_fKN2nAAC&pg=PA5&dq=Atomic+Energy+Act+german&hl=zh-TW&sa=X&ei=I7vKUorHBcyErAfumICwAw&ved=0CDAQ6AEwAA#v=onepage&q=Atomic%20Energy%20Act%20german&f=false>, 檢索日期：103 年 1 月 22 日。

⁴⁵ 李升，前引文，頁 46-49。

⁴⁶ 劉仕敏，〈大眾文藝〉，《德國綠黨刮起的環保旋風》，2005 年，第 15 期，頁 27。

⁴⁷ 孫寧鴻，〈德國實現能源轉型的措施與挑戰〉，《中國能源》，2012 年 3 月，第 3 卷第 4 期，頁 11-14。

⁴⁸ World Nuclear Association, “Nuclear Power in Germany,” updated November, 2013, <<http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-G-N/Germany/>>, 檢索日期：103 年 1 月 12 日。

施不得導致雙方之間的賠償請求權。”⁴⁹

2002 年，《退出協議》被納入《有序停止經營性發電中核能利用法》（The Orderly Procedure for Ending the Use of Nuclear Energy for Commercial Generation of Electricity），同時對《原子能法》進行修改。⁵⁰而《2002 年原子能法增修條文》是以 2000 年當時政府與核電企業達成共識的基礎上進行修訂，主要規定了以下幾點：⁵¹

1. 明確規定禁止新建核電站。
2. 對於已經存在的核電站規定了自營運起平均三十二年的營運期限。
3. 規定自 2000 年 1 月 1 日起，允許最多能生產 2.62 百萬千兆瓦，由於舊設施可以轉讓剩餘電量給新設施，所以沒有確定的具體退出時間表。
4. 第一次在法律上規定了需要對核電站定期進行安全評估的義務。
5. 對於放射性核廢料的再加工只能在最終儲存地進行，自 2005 年 7 月起禁止向再加工地點運輸。
6. 對核電站的安全保證金的上限提高十倍，增至二十五億歐元。

根據《2002 年原子能法增修條文》的規定，德國已經在 2003 年與 2005 年分別關閉 Stade 與 Obrigheim 兩座最古老的核電廠，⁵²同時也會在 2010 年再次決定所有核電站的壽命。

（二）延長核能

2005 年，德國政黨輪替，由梅克爾領導的基督教民主聯盟（Christian Democratic Union, CDU，簡稱基民盟）勝選，梅克爾自競選時即表態支持核能，而基民盟各黨也一致支持核能。選後，基民盟與社民黨共組大聯合政府。由於社民黨是反核一方，因此雙方對於核能的廢存仍有歧見，但為求政治穩定，雙方均採取擱置爭議。⁵³此時，政府並未改變原先的核能政策，仍是依照《退出協議》的內容，在 2022 年將會關閉所有的核電站。

2009 年的大選，新的聯合政府出現，基民盟與自民黨（Free Democratic Party,

⁴⁹ 李升，前引文，頁 47。

⁵⁰ 同上註。

⁵¹ 沈百鑫，前引文，頁 77。

⁵² Word Nuclear Association, op.cit.

⁵³ 梁天瑞，前引文。

FDP) 組建中間偏右的聯合政府，時稱「黑黃政府」。至此，新政府的上任，將意味著核能政策的急轉彎。做為執政黨的梅克爾及所屬的基民盟一直都是支持核能的一方，不久後，梅克爾決定恢復核能，發表能源政策白皮書，將核能定義為「邁向新能源世代的過渡性必要選項」。⁵⁴

黑黃政府於新《聯合協議》中提到：⁵⁵ “可再生能源能夠令人信賴的取代核能之前，核電將做為過渡性的技術存在，否則我們無法實現氣候保護目標，無法保證電力價格水平的適度，對外國的能源依賴程度也無法減輕。因此，我們計劃，在嚴格遵守德國與國際的安全標準的前提下，延長核電站的營運期限。《原子能法》中關於禁止興建核電站之條款的效力不因此改變。政府將盡快出台延長核電站營運期限的具體條件。主要涉及到核電站的營運期限、安全程度、補償金額與時間、對可再生能源研究的應用性等。”

梅克爾雖未在剛上任的前四年調整核能政策，但她仍是支持核能的一方。為此，梅克爾在需確保能源可持續供應的情形下，將核電做為過渡性的技術存在，由於不再興建任何核電廠，則必須延長核電營運的壽命，以保證替代核能的可再生能源技術更加成熟。因此，2010年9月5日，黑黃政府與四大能源企業成功達成延長核電營運協議，原則上七座於1980年前建造的核電廠再延長營運八年，約可至2020年退出；其於十座核電廠再延長營運十四年，⁵⁶估計可於2035年退出。

此時的德國正在進行能源轉型，但是延長核電營運意謂著將阻礙能源轉型的發展，使得這延長核電營運的協議備受批評。儘管如此，德國仍於2010年9月28日發布《能源方案》，確立到2050年實現「能源轉型」之發展目標，並且明確地將核電做為可再生能源技術發展成熟之前的過渡技術，並將仍在營運的十七座核電站平均延長了十二年。⁵⁷

2010年10月，德國通過《2010原子能法增修條文》，允許現有的核電廠延長營運壽限，1980年以前營運的七座機組可延長八年；1980年之後營運的十座機組可延長十四年。⁵⁸此項協議將原本紅綠政府計畫於2022年關閉所有核電站之計畫延後，黑黃政府將於2035年關閉境內最後一座電廠。

⁵⁴ 同上註。

⁵⁵ 李升，前引文，頁49。

⁵⁶ 沈百鑫，前引文，頁78。

⁵⁷ 孫寧鴻，前引文，頁11-12。

⁵⁸ 梁天瑞，前引文。

(三) 再次棄核

2011 年 3 月 11 日，日本福島大地震進而導致核電廠發生事故、爐心熔毀，雖然此核災事故並非人為，卻讓人們清楚地知道核能真正危險之處是在於其不可掌控性。我們無法預測核能何時爆炸，也無法減少輻射線對環境、人類安全的危害，核廢料儲存地也是個問題。在德國，不僅引起人民上街抗議、要求無核家園，政府也開始對核能政策產生疑慮。

2011 年 3 月 14 日，梅克爾針對日本福島核災做出回應，立即宣布有效期限三個月之《核電延役暫停終止》(Moratorium)，在這段期間將對現有的核電廠進行嚴格的安全檢驗。⁵⁹同時，德國境內七座最老舊的核電廠被要求立刻停機，而原本又因技術問題已經停機的 Krümmel 仍保持關閉。⁶⁰3 月 22 日，梅克爾設立了「安全能源供給」倫理道德委員會，主要任務是審核核能的技術和倫理道德維護，為社會就退出核能達成共識做好準備，以及提出過渡到可再生能源的建議。

61

面對日本突如其來的福島核災，德國政府不僅立即關閉七座 1980 年以前營運的核電廠，並且於 2011 年 4 月初擬定了最終關閉核電站的時間路線圖；4 月 6 日提出「加快能源轉變的原則文件」；在 5 月 27 日的環境部長會議中達成共識，決定不再重啟已下網的七座核電廠，將之永久關閉。⁶²5 月 30 日，德國則做出了分階段廢除核能之決議，將 1980 年以前興建的七座核電廠以及 Krümmel 等八座核電廠將永遠下線；1980 年以後興建的其中六座會在 2021 年下線；其餘最新的三座於 2022 年下線。⁶³至此，德國境內已有八座核電廠停止營運，剩餘的九座核電廠也將在其營運壽限期滿後立即停止營運。

於是，2011 年 6 月 30 日，德國政府正式決定分階段廢除核能之決議，並廢止《2010 原子能法增修條文》，將其恢復至 2002 年之增修條文，於同年 8 月 6

⁵⁹ The Federal Government, "Federal and state government to review nuclear power plants," March 15, 2011,

<http://www.bundeskanzlerin.de/ContentArchiv/EN/Archiv17/Artikel/_2011/03/2011-03-16-bund-1-aender-kkw-pruefungen_en.html>, 檢索日期：103 年 1 月 22 日。

⁶⁰ Stephen Evans, "Germany: Nuclear power plants to close by 2022," *BBC New*, May 30, 2011, <<http://www.bbc.co.uk/news/world-europe-13592208>>, 檢索日期：103 年 1 月 22 日。

⁶¹ 鄭春榮，〈德國政府棄核、延核、在棄和評述〉，《德國研究》，2011 年，第 2 期，頁 1。

⁶² 戴啟秀，〈日本核危機對德國政治格局和能源供應方式的影響〉，《德國研究》，2011 年，第 2 期第 26 卷，頁 6。

⁶³ Stephen Evans, "Germany: Nuclear power plants to close by 2022," *BBC New*, May 30, 2011, <<http://www.bbc.co.uk/news/world-europe-13592208>>.

日生效。⁶⁴值得注意的是，此次德國的能源轉型決定與廢除核能之決議，與當年紅綠政府所提出的退出核能時間表一樣，德國境內所有的核電廠須於 2022 年關閉。於此同時，德國做出最終的核能階段，廢除核能將與能源轉型、再生能源普及化同步進行，向無核家園前進。



⁶⁴ World Nuclear Association, *op.cit.*

表 2-1：德國核電廠之比較及退役時間表

Nuclear power plant	Year taken online	Maximum output capacity	Operator	Owner	Gross power generation 2010	Shut-off date under amended Atomic Energy Act
Biblis A	1975	1 167MV	RWE	RWE	5 042GWh	2011
Neckarwestheim 1	1976	785MV	EnBW	EnBW	2 208GWh	2011
Biblis B	1977	1 240MV	RWE	RWE	10 306GWh	2011
Brunsbüttel	1977	771MV	Vattenfall	67% Vattenfall, 33% E.ON		2011
Isar 1	1979	878MV	E.ON	E.ON	6 543GWh	2011
Unterweser	1979	1 345MV	E.ON	E.ON	11 239GWh	2011
Philippsburg 1	1980	890MV	EnBW	EnBW	6 791GWh	2011
Krümmel	1984	1 346MV	Vattenfall	50% Vattenfall, 50% E.ON		2015
Grafenrheinfeld	1982	1 275MV	E.ON	E.ON	7 938GWh	2017
Gundremmingen B	1984	1 284MV	RWE	75% RWE, 25% E.ON	9 954GWh	2019
Philippsburg 2	1985	1 402MV	EnBW	83.3% E.ON, 16.7% SWB	11 797GWh	2021
Gundremmingen C	1985	1 283MV	RWE	75% RWE, 25% E.ON	10 936GWh	2021
Grohnde	1985	1 360MV	E.ON	75% RWE, 25% E.ON	11 417GWh	2021
Brokdorf	1986	1 410MV	E.ON	EnBW	11 945GWh	2021
Isar 2	1988	1 410MV	E.ON	80% E.ON, 20% Vattenfall	12 007GWh	2022
Emsland	1988	1 329MV	RWE	75% E.ON, 25% SWM	11 560GWh	2022
Neckarwestheim 2	1989	1 310MV	EnBW	87.5% RWE, 12.5% E.ON	10 874GWh	2022

資料來源：作者自行整理，數據引自：International Energy Agency, “Energy Policies of IEA Countries Germany 2013 Review,” January, 2014,

<<http://www.iea.org/W/bookshop/add.aspx?id=448>>, p147, 檢索日期：103年3月24日。

第三節 小結

在說明德國能源產業之發展趨勢，以及分析政府對能源政策之轉變後，筆者將德國的能源應用約略分為四的階段，分別為煤炭、石油、核能與可再生能源。本章節已對煤炭、石油以及核能進行分析，至於可再生能源，筆者將於下一章節進行介紹。

人類使在用能源的歷史中，經過多次的演變，由煤炭、石油、核能到可再生能源。十九世紀工業革命，煤炭是世界強權恢復國力與發展經濟之重要能源，對德國而言，煤炭更是創造德國經濟奇蹟不可或缺之能源。德國境內缺乏能源，但其煤炭之儲存量相當豐富，是世界上儲存量最大之國家之一，其煤炭的開採量可達兩千三百億噸，相當於全球一半之儲存量。

德國於二次世界大戰後成為戰敗國，而德國為快速推動經濟發展，首先投入煤炭之開發，不僅造就其經濟奇蹟，也使煤炭成為德國不可或缺之經濟能源。首先，1997年聯邦政府以法律和條約的形式為基礎，制訂出至2005年第一階段之長期性的煤炭政策。但在這期間，政府的補貼卻逐漸減少，德國為了持續對煤炭開採，於2004年制訂出至2012年第二階段的煤炭政策，主要是將煤炭開採之補助金額提高，使原本不具競爭力的煤炭產業得以發展。但是，礙於煤炭開採之成本實在居高不下，使得煤炭曾於1950年代陷入危機。至此，德國開始轉移對煤炭之重視。其一，減少對煤炭的開採量，轉而著重在提高煤炭的發電效率；其二，則是減少對煤炭的開採補貼。

對德國來說，煤炭一直是國家發展戰略的要素，也是政治議題。德國政府以法律和條約的形式，制訂出1997年至2005年前的長期性煤炭政策，內容包括補貼、開採量以及就業人數。之後，政府在2005年削減金額，而2006年至2008年又將金額提高，如此不穩定的煤炭金額補貼政策，雖然政府以高於國際市價之金額補貼，仍不敵國際市場的競爭，最後，因能源政策之轉型與不再具競爭力，而進入衰退期。

近年來，德國的環保意識不斷攀升，對於溫室效應、降低二氧化碳排放量與積極發展可再生能源等議題中，德國始終位於全球第一。但德國是一個能源缺乏的國家，對於持續開採煤炭的與否一直具有爭議，最後，德國因煤炭再無利益可圖，聯邦政府做出將於2018年關閉剩餘仍在運轉的燃煤發電廠的決定。

然而，煤炭目前仍無法完全退出德國能源市場，原因是德國正處於能源轉型之階段，再生能源尚無法完全取代傳統能源。因此，德國政府改變原有的煤炭政策，於 2012 年啟用了最新、高效能的燃煤發電廠，目的是取代老舊電廠，有效降低二氧化碳排量，並須為能源的轉型做出貢獻，成為再生能可完全取代傳統能源，以因應再生能源無法運作時之備用發電的過渡能源。

目前，德國將煤炭定位為做為在能源轉型中的「基本負荷」，煤炭正處於傳統能源轉換至可再生能源中的過渡期。在確保德國可再生能源可提供穩定的電力之前，煤炭始終在德國經濟中占有一席之地。

德國除擁有豐富的煤炭資源外，其餘三分之二的初級能源皆須仰賴進口，在這當中，德國的石油進口量佔世界石油進口總量的 5.5%，所需的原油 95% 以上來自國外。由此可知，德國相當依賴石油，並將石油做為國家經濟發展的重要因素之一。因此，早在西德政府時期便建立了一個多元化的石油儲備系統，以因應未來的石油短缺。德國曾於 1950 年代陷入煤炭危機，石油因此間接取代了煤炭。而對德國來說，石油不只是能源，更是帶動國家經濟發展重要之因素，原因在於德國必須仰賴進口取得能源。

世界在 1970 年代爆發了兩次石油危機，這無疑是重創德國之經濟與能源安全，於是，IEA 成立並要求各國建立自己的石油儲備機制。當時的社民黨提出相關政策應付對能源的需求，分別實施能源結構多樣化與石油儲備機制。根據以上兩種措施：

- 第一，可確保未來能源供應的安全。
- 第二，建立多元化的能源進口渠道。
- 第三，鼓勵並大力開發可再生能源。
- 第四，更完善石油儲備與應急機制。

其中，EBV 規定德國境內的五個儲備區的最低儲備量須相當於十五天的供應量以及必須持續在一定基礎水平上，對原油與石油製品做九十天的儲備。這套應變機制不僅讓德國的能源安全更安穩，也深受歐盟與 IEA 的肯定，認為德國的石油儲備機制具有經濟性與高效能等優點。

核能發電是世界最重要的發明之一，它是國家強盛的代表，也是經濟發展的推手。德國在歷經兩次石油危機後，為了使能源供應及來源更加穩定，開始引進

核能技術與興建核能發電廠，德國第一座核電廠於 1961 年開始上線並運作。但德國人民並未因其廉價的電力而得到支持，反而持續遭受到人民的反抗，規模不一的反核示威運動不斷出現。其中，最具代表的反核事件非 1971 年的 Wyhl 反核示威運動不可。

當年，弗萊堡的居民組成聯合陣線，抗議在 Wyhl 興建核電廠，而這座核電廠始終未被建成，在 1975 年則成為核電廠保留區。從此，弗萊堡便成為環境保護運動的發源地，德國綠黨也隨之成立。這不僅對弗萊堡的政治、經濟、社會與文化產生深遠的影響，之後，也對整個太陽能領域發揮極大的領導作用。另外，綠黨在德國政黨中對核能做出重要的分水嶺，其不僅影響到核能的發展，也對之後的政黨有制衡的作用。分別就以下做說明：

1. 第一階段：廢棄核能

德國的核能政策歷經三個階段，廢核、延核、再棄核。最後，梅克爾政府決定將於 2022 年關閉所有的核電廠，全面實施能源轉型，大力開發太陽能等可再生能源。在第一階段核能利用的過程中，1979 年 3 月 28 日，美國三里島的核電廠發生反應爐心熔毀，這事件直接影響到德國當時正在新建的核能燃料加工廠。1986 年 4 月 26 日，蘇聯發生史上最嚴重的核災事故，進而使德國開始重視核能的發展，並建立環境部。

1998 年，紅綠聯合政府於大選期間開啟第一階段的廢核政策，政府與核能業者達成共識，簽署《退出協議》，計劃在 2021 年逐步關閉境內所有的核電廠。當時，政府以《退出協議》為基礎，修訂《原子能法》。2002 年，《退出協議》被納入《有序經營性發電中核能利用法》，並同時對《原子能法》進行修改。根據《2002 年原子能法增修條文》的規定，德國在 2005 年前，已關閉境內兩座核能發電廠。

2. 第二階段：延長核能

2005 年，德國政黨輪替，由梅克爾領導的基民盟勝選，並與社民黨共組大聯合政府政府，此時的核能政策仍依《退出協議》的內容，2022 年將會關閉所有的核電站。然而，2009 年大選，基民盟與自民黨組合聯合政府，稱「黑黃政府」，由於雙方均支持使用核能，於是，開始第二階段的延長核能政策。

核能成為「邁向新能源世代的過渡性必要選項」，為了實現氣候保護的目標、

提供適當的電力價格與降低對國外能源進口，核能是做為可再生能源過渡性的存在。於是，黑黃政府與能源企業達成延長核電營運協議，將七座於 1980 年前建造的核電廠再延長營運八年，其於十座核電廠則延長營運十四年，因此，所有核所有核電廠估計於 2035 年前全部關閉。

3. 第三階段：再次棄核

2011 年 3 月 11 日，日本福島發生嚴重的核災事故，導致其爐心熔毀。此事件的爆發，讓德國人民又再次走向街頭，抗議使用核能，要求無核家園。梅克爾首先立即宣布有效期限三個月之《核電延役暫停終止》，將七座最老舊的核電廠停機，並進行嚴格的安全檢驗。面對日本突如其來的核災事故，德國政府決定正式分階段的廢除核能，並廢止《2010 原子能法增修條文》，將其恢復至 2002 年之增修條文。

在最後的再次廢核階段中，德國成為第一個宣布不再使用核能的國家。德國將全力同步進行能源轉型與可再生能源普及化，向無核家園前進。而最值得注意的是，黑黃政府最終做出核能除役的時間表與紅綠政府所提出的退出核能時間表是一樣的，即德國境內所有的核電廠皆須於 2022 年關閉。

德國在能源轉換的階段中，能源轉型一直都是德國政府的核心所在。對於能源的安全與困境以及能源政策之演變，均是各政黨間相互角逐的籌碼。至目前為止，最能有效發電的能源－核能，在德國可說是調整幅度最大之能源。從一開始紅綠政府所主張的廢核政策、大聯合政府的延長核能壽限，最後黑黃政府再次棄核當中，德國又回到紅綠政府原先安排好的廢核時間表，將於 2022 年關閉德國境內所有的核電廠（詳見表 2-2）。

表 2-2：德國核能政策之演變

年代	階段	事件
1955-1967	The speculative phase	1. 德國第一座核能反應裝置 Atomic Egg 啟用。 2. 《原子能法》生效。
1967-1975	The breakthrough phase	1970 年石油危機，為了能源供應安全，開始擴建核電廠。
1975-1986	The stagnation phase	1. 1979 年，美國三里島的核電廠反應爐心熔毀。 2. 1981 年，德國出現規模最大的反核示威運動。 3. 1986 年，蘇聯發生車諾比核災事故。
1986-1988	The decline phase	社民黨與綠黨組成聯合政府，稱紅綠政府，開始逐步推動廢核政策。
1988-2009	The political phase	1. 1999 年起草《核能法》。 2. 2000 年，紅綠政府與核電業者達成共識，簽署《退出協議》。 3. 2002 年，《退出協議》被納入《有序停止經營性發電中核能利用法》，同時也對《原子能法》進行相應的修改。 4. 2005 年，大聯合政府執政，仍延續《退出協議》之內容。
2009-2011	The revival phase	1. 黑黃政府上台，並與核能業者達成延核協議，將核電廠平均延長 12 年。 2. 通過《2010 原子能法增修條文》。
2011-至今	The final phase	1. 2011 年，日本福島核災事故。 2. 梅克爾宣布《核電延役暫停終止》，並進行核能安檢。 3. 廢止《2010 原子能法增修條文》，恢復至 2002 年之增修條文。 4. 所有核電廠營運壽限期滿後立即停止營運。

資料來源：作者自行整理，數據引自：Tobias Henze, *Nuclear power in Germany - History and future prospects*, (Munich: GRIN Publishing GmbH, 2012), p 16- 52,
<<http://www.grin.com/en/e-book/208945/nuclear-power-in-germany-history-and-future-prospects>>, 檢索日期：103 年 1 月 22 日。

核能在德國的歷史當中，從未受過歡迎，但核能可有效降低二氧化碳之排放卻是不爭的事實。德國從和平使用核能、因技術發生的核事故到核災的不可掌控中，不管技術多先進、進行過多少安檢，卻始終無法避免無災的事故發生。因此，

德國決定不再使用核能，並開始進行分階段的核能除役，結束這十幾年來的能源政治爭辯，將著重於能源轉型之計畫。



第三章 德國太陽能策的推動及發展

在全球傳統能源逐漸減少以及環境不斷變遷的環境下，可再生能源成為最有潛力之能源。在德國，由於其國內能源不足，必須大量仰賴進口。因此，早在二十世紀起，德國便開始調整能源結構，確保未來能源穩定的供給，慢慢的將能源發展重心轉向可再生能源－太陽能。本章將以德國政府使用立法之方式，引導可再生能源發展的政策以及演變過程，並探討太陽能政策所扮演之角色與發展重心。

第一節 太陽能政策之推動

德國自七〇年代起便開始以立法為導向，逐步建立太陽能之相關條例，德國政府以法律規範太陽能，使立法成為發展可再生能源之根本。1974 年德國頒布了第一部《有關能源概念之能源發展框架項目》(Energy Research Framework Programme 1974-1977)，¹其不但要建立一個有效的基礎架構，還須為這部門負起高標準之能源技術。因此，此框架曾做出多次的修訂，而最後一次修訂為 1996 年之《能源發展與科技項目》(4th Energy Research and Energy Technology Programme)。

在確立太陽能未來發展之藍圖後，德國政府於 1989 年頒布《可再生能源電力強制收購》的觀念做為發展可再生能源等之開端。²《可再生能源電力強制收購》不只保證收購所有可再生能源所產生之電力，並對業者提供金額補貼，以確保可再生能源這新市場之開發。為了使太陽能得以普及化，德國政府開始將資源投入於太陽能之中，其總共分為兩個階段。於 1990 年開始實施第一階段的「千屋計劃」(1000 Roofs)，於是 1990 年至 1995 年裝置太陽能電板高達兩千兩百五十戶。³德國政府著眼於可觀之成效，緊接著於 1999 年推出為期六年的第二階段

¹ Federal Ministry of Economics and Labour Communication and Internet Division/LP4, *Innovation and New Energy Technologies* (Berlin: Federal Ministry of Economics and Labour Communication and Internet Division, 2005), p22.

² 楊建寧,〈科技發展政策報導〉,《德國能源政策及減碳措施之借鏡－簡介整合能源及氣候計畫》, 2008 年 7 月, 第 4 期, 頁 40,

<[http://thinktank.stpi.narl.org.tw/Chinese/Science_Report/2008/\(SR9707003\)%E5%BE%B7%E5%9C%8B%E8%83%BD%E6%BA%90%E6%94%BF%E7%AD%96%E5%8F%8A%E6%B8%9B%E7%A2%B3%E6%8E%AA%E6%96%BD%E4%B9%8B%E5%80%9F%E9%8F%A1.pdf.pdf](http://thinktank.stpi.narl.org.tw/Chinese/Science_Report/2008/(SR9707003)%E5%BE%B7%E5%9C%8B%E8%83%BD%E6%BA%90%E6%94%BF%E7%AD%96%E5%8F%8A%E6%B8%9B%E7%A2%B3%E6%8E%AA%E6%96%BD%E4%B9%8B%E5%80%9F%E9%8F%A1.pdf.pdf)>, 檢索日期：103 年 2 月 3 日。

³ 行政院經濟建設委員會,〈再生能源與其相關產業之發展策略研究〉,《台灣二十一世紀議程協會》, 第 PG 91060627 號, 91 年 11 月, 頁 2-11,

的「十萬戶屋頂計畫」。此時，裝置太陽能電板已有六千戶，再經過德國人民的努力與支持後，並於 2003 年成功的達成「十萬戶屋頂計畫」，⁴使這項比預期的提早三年完成。

1990 年 12 月 7 日，德國政府制訂《再生能源電力供給公共網絡法》，簡稱《電力輸送法》(Gesetz über die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien in das öffentliche Netz-Stromeinspeisungsgesetz，下簡稱 StrEG)，於 1991 年 1 月 1 日開始生效，並在 1994 年與 1998 年進行兩次修訂，最後於 1999 年失效。⁵其宗旨主要是將美國首創的固定電價機制引入德國，StrEG 的主要內容為：電網營運商不僅有義務接納新能源和可再生能源電力併網，還需要按固定電價收購新能源和可再生能源所產生的電力。⁶因此，StrEG 提出《獎勵金補貼》及《可再生能源電力收購》之觀念，將可再生能源等所產生之電力，強制整合至現行供電網絡中，以保障業者可取得發展可再生能源之獲利。⁷至此，德國與太陽能源相關的體系以及法規開始進入軌道，並朝穩定之方向發展。

自 StrEG 生效後以及千屋計劃的配合下，德國的太陽能源發電機制已成功的在國內發揮效果。1998 年紅綠聯合執政後推動了《能源經濟法》(Energiewirtschaftsgesetz，簡稱 EnWG)，主要是將電力市場自由化。⁸而在紅綠聯合政府執政期間，聯邦環境部推出的「十萬戶屋頂計畫」與法規、計劃相輔相成，不僅成功的帶動德國太陽能之投資，以及確保國內產業投資的獲利。⁹

StrEG 經過十年的發展後已無法再有效的執行各可再生能源。於是，2000 年 2 月 25 日，政府提出了《可再生能源優先法》(Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien)，即《可再生能源法》(Erneuerbare Energien Gesetz，簡稱 EEG) 取代 StrEG，並於 4 月 1 日起生效，主要是用以提供固定電價並確保各可再生能源之長遠發展。¹⁰EEG 不僅銜接 StrEG 的工作，也是德國可再生能源最重

http://www.google.com.tw/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=3&cad=rja&ved=0CDoQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.ndc.gov.tw%2Fdn.aspx%3Fuid%3D4437&ei=qFULU6jeOY2flQX644HQCg&usq=AFQjCNE_rb8p9TzkwQPewoMI0wg1goTE1Q&sig2=GCXFULRmbKpViRQ9E2dwxA&bvm=bv.61725948,d.dGI，檢索日期：103 年 2 月 11 日。

⁴ 同上註。

⁵ 何建坤，《國外可再生能源法律譯編》(北京：人民法院出版社，2004 年)，頁 132-133。

⁶ 同上註。

⁷ 蔡岳勳、魯裕申，〈政策法制與能源產業推動之探討－以德國再生能源法為中心〉，《武漢大學學報(工商版)》，第 45 卷第 6 期，2012 年，頁 685。

⁸ 同上註。

⁹ 行政院經濟建設委員會，前引文，頁 2-20。

¹⁰ 同上註，頁 2-4。

要的立法。

EEG 分別規定了法律的目的與適用範圍，主要有四個方面：¹¹

1. 電網購買可再生能源所發電的義務和購電補償之一般原則。
2. 購買不同可再生能源發電的補償價格。
3. 對各種可再生能源發電設施的補償期和發電量計算細則。
4. 可再生能源併網成本的負擔原則（即由誰承擔）。

EEG 最重要的一點是，政府根據發電的實際成本，為每一種可再生能源發電技術確立了每千瓦時的特定支付金額，¹²並且提出《保證收購價格》（*Fed-in Tariffs*，簡稱 FIT），刺激了可再生能源的產出，也降低生產者投資的風險。¹³

為了促進太陽能等可再生能源電力市場的發展，歐洲聯盟於 2001 年 9 月 27 日頒布 2001/77/EC，*Electricity Directive*，規定德國至 2010 年，可再生能源發電量須占發電量的 12.5%，而 2020 年則須提高至 20%。該法規除了要提高各可再生能源發電的使用效率之外，其另一個重要的目的為保護自然環境生態，並且持續穩定的發展可再生能源。¹⁴

2002年2月25日是德國電力發展的里程碑，聯邦會議以三百二十八票對兩百一十七票通過地方電力公司必須根據EEG的規定，以每度十二點一到九十九分尼的電力價格¹⁵，將由「綠色」方式所生產的電力買回。¹⁶德國經濟技術部更是規劃了「可再生能源出口倡議」（*Renewable Energy Export Initiative*），並於2003起生效。其目的為幫助德國企業，特別是中小企業如何進入國際市場、擴大可再生能源技術和產品的出口，並對全球氣候做出保護。

2004年7月21日，聯邦政府通過2004年之《可再生能源法修正案》（*Act on Granting Priority to Renewable Energy Sources*，簡稱EEG 2004），規定輸電網的具體義務以及明確強制入網的具體標準。¹⁷EEG 2004主要是根據不同的可再生能源

¹¹ 王楠、王越，〈管窺德國可再生能源政策〉，《中國石油企業》，第 10 期，2009 年，頁 36-37。

¹² 同上註。

¹³ 李自成，〈德國可再生能源產業的現狀與模式〉，《太陽能》，第 10 期，2009 年，頁 54。

¹⁴ *European Renewable Energy Council, Renewable Electricity*, <<http://www.erec.org/policy/sectoral-policy/electricity.html>>, 檢索日期：103 年 2 月 6 日。

¹⁵ 1 分尼為 0.01 塊馬克，約合新台幣 0.15 元。

¹⁶ 行政院經濟建設委員會，前引文，頁 2-21。

¹⁷ *Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, The main features of the Act on granting priority to renewable energy sources*,

類型、資源與裝置規模，分別規定了不同的電價水平。除此之外，也將科技因素考慮進去，制訂了不同的可再生能源之固定電價的下降時間表。¹⁸

至此，德國依據EEG 2004發展太陽能等可再生能源。但由於近年來，德國積極地發展太陽能，使得太陽能迅速的蓬勃發展。很快的，EEG 2004再也不適用先前太陽能發展的情況。於是，2008年6月6日，德國各政黨經過多年的爭辯後，德國聯邦議院終於通過了《可再生能源法修正案》。¹⁹此修正案於2008年修訂後，於2009年1月1日生效，取代了EEG 2004，並稱為EEG 2009。EEG 2009主要依據不同的可再生能源、發展成本及效益，修正對各可再生能源之保證收購價格與補貼金額。

除此之外，2008年8月7日，德國還頒布《可再生能源供熱法》(Renewable heat)，也於2009年1月1日起生效。此法的主要內容為：²⁰

1. 規定可再生能源供熱用能的發展目標，即到2020年，可再生能源在供熱用能的比例上不可少於14%。
2. 對可再生能源提出供熱的要求，規定今後所有新建築物都必須有使用可再生能源供熱的義務。如果選擇不使用可再生能源供熱，則必須採取其他能夠減少溫室氣體排放的措施。
3. 對可再生能源出台財政支持措施，德國政府於2009至2012年間，每年撥出五億歐元用於支持可再生能源的供熱。

2009年初，德國環境、自然保護與核安全部制訂了《能源戰略路線圖2020》，目的是為未來十年的可再生能源做出規劃，並訂定出至2020年太陽能電量占全國電量的30%，²¹並且在2015年前，實現太陽能發電與傳統發電成本相當的電價水平。²²如此一來，不僅保證對太陽能的永續發展，更可確保太陽能日後可取代傳統能源之地位。

2010年，德國政府通過了一連續有關各可再生能源之法案後，除了再次修

<http://www.pvupscale.org/IMG/pdf/D4_2_DE_annex_A-1_eeg_main_features_en.pdf>，檢索日期：103年2月11日。

¹⁸ 浙江省能源局調研組，〈德國、丹麥、英國可再生能源發展對浙江的啟示〉，《浙江經濟》，第5期，2011年，頁37。

¹⁹ 李自成，前引文，頁56。

²⁰ 慎先進、王海琴，〈德國可再生能源法及其借鏡意義〉，《經濟研究導刊》，第35期，2012年，頁154，<<http://lib.cnki.net/cjfd/JJYD201235068.html>>。

²¹ 王乾坤、周原冰、宋衛東、方形，前引文，頁52。

²² 同上註。

訂 EEG，根據〈德國：堅定邁向可再生能源之路〉一文表示，德國將內容做出更嚴格的補充與修訂外，另出台了「國家可再生能源行動計劃」(The National Renewable Energy Action Plan)。此計畫設定了到 2020 年底對可再生能源消費量占德國消費總量 18% 的約束性指標，包括現有和未來促進可再生能源利用的措施、手段與政策細節，並規定了各可再生能源的具體發展目標。²³

2010 年 9 月 28 日，在〈德國《能源戰略 2050》要點及對我國可再生能源發展的啟示〉中談及，德國聯邦經濟與技術部頒布了《能源戰略 2050—清潔、可靠和經濟的能源系統》報告(簡稱《能源戰略 2050》)，提出德國至本世紀中葉的能源發展路線圖。德國為了實現至 2050 年溫室氣體減排 80% 以上的目標，以及確保本國安全、清潔與經濟的能源供應，《能源戰略 2050》明確了以發展太陽能等可再生能源為核心，制定太陽能的智能電網未來能源戰略圖。²⁴同時，德國政府也另發佈其面向 2050 年的能源總體發展戰略，即《能源規劃環境有好、可靠與廉價的能源供應》，其主要內容為：太陽能將是德國未來能源消費供應的主體，隨著經濟與技術不斷的進步，太陽能時代即將到來，屆時，太陽能之價格將變得更加廉價和可接受。於是，德國政府規劃至 2020 年，太陽能將占全國電量的 30%；2030 年為 50%；2050 年則占 80%。²⁵

在日本發生 311 核災事故之前，德國可以說是相當滿意先前太陽能的發展；但在日本 311 核災事故之後，德國政府了解到，必須再加速對太陽能的發展，並且使日後所有之電力來源朝向太陽能等可再生能源。因此，目前德國最棘手的問題為更新電網的問題。德國政府於 2011 年 7 月 28 日通過了《加速電網擴建法》，為了讓電網的建設能適應太陽能的發展，以及合法、透明、高效與不破壞環境地擴建高壓電線，包括遠距離高壓電網的建設，德國政府在充分考慮經濟和技術性的前提下，開始推動智能電網以及其配套措施之建設。²⁶智能電網是德國能源轉型重要的組成部分，名為 E-Energy。這是項艱困的挑戰，德國仍在前往成功的道路。智能電網的成功，不僅可為德國帶來可靠的常規電網，並進一步的限制電價的上漲。²⁷

日本 311 核災事故的發生，使德國決定廢除核能，成為不再使用核能發電的

²³ 中國新能源網，〈德國：堅定邁向可再生能源之路〉，《現代物業》，第 10 卷第 4 期，2011 年，26-27 頁。

²⁴ 曹石業、王乾乾，〈德國《能源戰略 2050》要點及對我國可再生能源發展的啟示〉，頁 19-22。

²⁵ 中國新能源網，前引文，26-27 頁。

²⁶ 孫寧鴻，前引文，頁 13。

²⁷ 德國聯邦和技術部，前引文，頁 1-12。

國家。於是，2011年8月4日，德國政府頒布《可再生能源法 2012 修訂案》（簡稱 EEG 2012），再度對 EEG 做出修訂，EEG 2012 更加提高了太陽能的市場競爭力與併網率。²⁸這項修訂代表著德國日後對太陽能等可再生能源發展的指標，其不只針對因決定廢除核能後將面臨的危機做出回應，也將目前意識到可再生能源轉型發展的困境做出嚴格的修改。

以上，為德國政府最主要的太陽能源政策。德國太陽能源發展的基礎為立法；立法則為發展太陽能源的根本。德國政府以立法為手段，一步一步地往更為精細的立法前進，成功的造就今日太陽能源之發展，並成為全球使用太陽能比例最高之國家（詳見圖 3-1、圖 3-2）。以下章節中，筆者將針主要立法內容做出詳細的介紹，說明德國政府除了推動立法之外，各立法內容有何其特別之處，使之成為德國能源轉型不可或缺之立法要素。

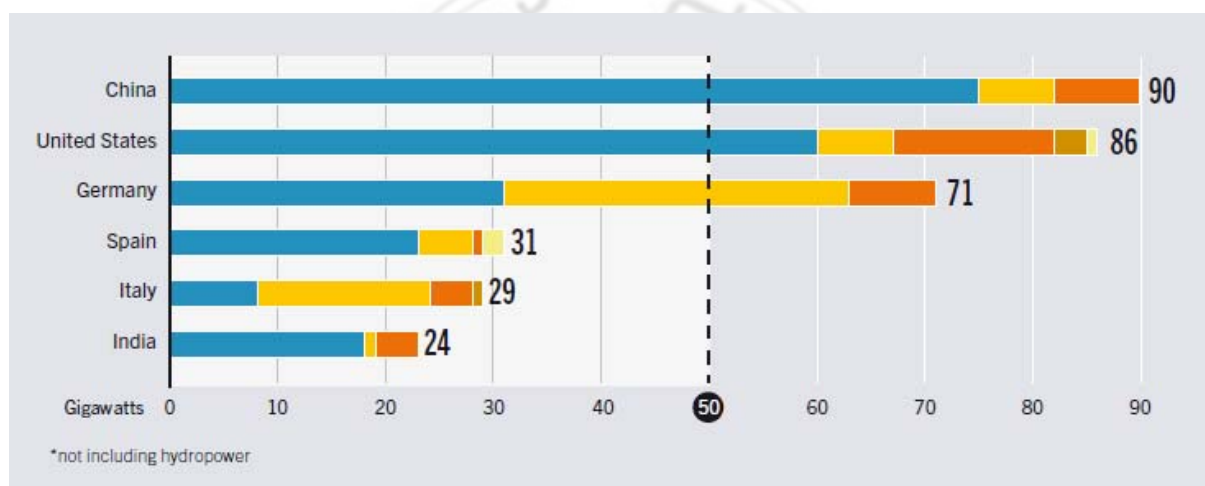


圖 3-1：全球可再生能源發電容量前六名之國家

²⁸ 孫寧鴻，前引文，頁 12-13。

FIGURE 12. SOLAR PV GLOBAL CAPACITY, SHARES OF TOP 10 COUNTRIES, 2012

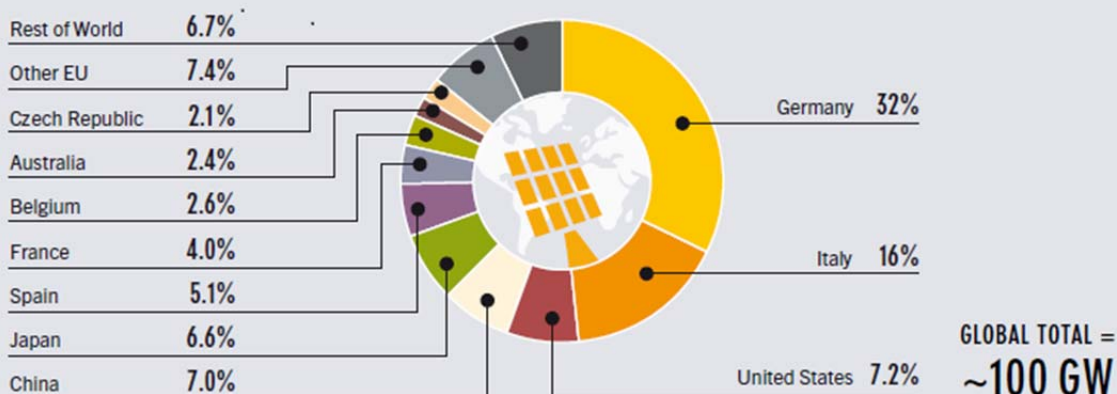


圖 3-2：太陽能發電前十名之國家

資料來源：REN21, *RENEWABLE 2013 GLOBAL STATUS REPORT*, p22、41,

<http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2013/GSR2013_lowres.pdf>,

檢索日期：103 年 7 月 1 日。

第二節 太陽能源政策之內容

根據第一節初步介紹德國發展太陽能源的立法演變後，在此章節當中，筆者主要是進一步說明與太陽能源相關政策之內容，其中，包括推動太陽能源之誘因與相關措施。德國政府曾對太陽能源政策做出多次修訂，除了評估其發展的可能性之外，也訂定出發展太陽能源之目標。

一、《電力輸送法修正案》(Stromeinspeisungsgesetz, 以下簡稱 StrEG)

《電力輸送法修正案》於 1991 年頒布，實行至 1999 年，為《可再生能源法》之前身。其提出了兩個最重要的法令，即《獎勵金補貼》與《可再生能源電力強制收購》之觀念。

1. 《獎勵金補貼》

早在 1985 年，德國的可再生能源就已取得政府之支持。當時，德國政府出台了《聯邦支持可再生能源法》，為新能源的發展提供了政策框架、融資、獎勵以及補貼措施。德國政府以鼓勵的方式，提出了以下五點給予太陽能等可再生能

源的支持與補貼：²⁹

- (1) 政府長期支持戰略方向上的項目科研和直接投資。
- (2) 給予企業直接補貼。
- (3) 給予從事新能源的企業低息貸款。
- (4) 進行減稅，例如：減低企業和個人所得稅。
- (5) 鼓勵出口和購電補償法出台。

2. 《可再生能源電力強制收購》

《可再生能源電力強制收購》意指電力公司必須強制購買由太陽能等可再生能源所產生的電力。為了消除未來的不確定性與降低可再生能源公司的營運風險，國家公用電網須優先給予新能源電力併網，並且保證收購其所有電量二十年。³⁰ 如此一來，以確保可再生能源的發展經濟效益，奠定日後可再生能源之發展。

二、可再生能源法 (Erneuerbare Energien Gesetz, Renewable Energy Act, 簡稱 EEG)

根據蔡岳勳、魯裕申的《政策法制與能源產業推動之探討－以德國再生能源法為中心》³¹以及羅濤的《德國新能源和可再生能源立法模式及其對我國的啟示》，³²其將 EEG 自 2000 年至 2009 年間所修訂的內容及原因做出了詳細的介紹。因此，筆者將參考其內文，將 EEG 做出明確且扼要的陳述。

1. 2000 年之《可再生能源法》

1998 年，德國推行《能源經濟法》(Energiewirtschaftsgesetz, 簡稱 EnWG)，將電力市場自由化，但這使得市場競爭機制價格持續降低，連帶造成可再生能源收購價格的降低，亦影響了投資可再生能源者的利潤與投資意願，導致太陽能發展停滯，無法立即進入大規模市場。³³這是由於 StrEG 是將美國首創的固定電價

²⁹ 李自成，前引文，頁 53-57。

³⁰ 同上註。

³¹ 蔡岳勳、魯裕申，前引文，頁 684-691。

³² 羅濤，〈德國新能源和可再生能源立法模式及其對我國的啟示〉，《中外能源》，第 1 期第 15 卷，2010 年，頁 34-45。

³³ 劉佩恆，《德國推行可再生能源政策與產業發展之研究》，(台北：淡江大學歐洲研究所)，2011

制引入德國，且規範不大，其內容尚未成熟。根據以上的原因，德國於 2000 年出台了 EEG 取代了 StrEG，提供固定電價以確保太陽能發電等可再生能源之長遠法展。³⁴

EEG 2000 將原本 StrEG 的六條擴充至十二條，並且開始給予固定電價機制生根於德國。EEG 2000 其核心內容為：³⁵

- (1) 精確定價：為不同類型的新能源和可再生能源電力訂定精確之電價。
- (2) 長期支持：即新投產的新能源和可再生能源電站在投產後之二十年內均享有固定電價。
- (3) 建立全國共同分擔機制：即購成本由全國各大電網營運商共同分擔，最終轉嫁於全國消費者。

2. 2004 年之《可再生能源法》

隨著 EEG 2000 的實行後，為了因應國際能源之發展以及歐洲聯盟於 2001 年 9 月 27 日所頒布之 2001/77/EC，Electricity Directive，德國政府於 2004 年 7 月 21 日通過 EEG 2004 修正案，同年 8 月 1 日生效。此次的修定之核心為：³⁶

- (1) 在保護大氣與自然環境生態的條件下，推動能源供應之永續發展，以減少國家能源供應之成本。
- (2) 透過長期外部之影響，保護自然環境，減少石化燃料之供應壓力。
- (3) 進一步促進可再生能源開發的技術發展。

EEG 2004 是 EEG 開始邁向成熟的標誌，其主要體現在：³⁷

- (1) 體系嚴謹：與 EEG 2000 相比，EEG 2004 體制與編排較為嚴謹。
- (2) 篇幅加長：根據電力定價以及貫徹歐盟之《可再生能源電力指令》（RES-E），將 EEG 2000 原本之十二條再擴充至二十一條。

年，58-59 頁。

³⁴ 行政院經濟建設委員會，前引文，頁 2-4

³⁵ 何建坤，前引文，頁 125-131。

³⁶ BMU, “Act Revising The Legislation On Renewable Energy Sources In The Electricity Sector Of 21 July 2004,” <http://www.wind-works.org/cms/fileadmin/user_upload/Files/Models/EEG-New-English-final.pdf>, 檢索日期：102 年 10 月 18 日。

³⁷ 聯邦法律公報，《關於重新調整電力領域可再生能源法的法律》，2004 年 7 月 21 日，頁 1-17，<<http://wenku.baidu.com/view/b0541e2ded630b1c59eeb5ba.html>>，檢索日期：102 年 11 月 14 日。

- (3) 電力定價機制開始細緻化：電力定價依據裝機容量，進行更為嚴格之分野。

3. 2009年之《可再生能源法》

德國可再生能源份額於2007年就已超出EEG 2004年所訂定之12.5%目標。因此，2008年6月6日，德國各政黨經過多年的爭辯後，德國聯邦議院終於通過了《可再生能源法修正案》，2009年1月1日生效，取代了EEG 2004。而此次修訂的核心與方向仍未改變，其主軸仍為維持能源供應之永續發展，保護氣候與自然環境。與EEG 2004唯一不同在於，將可再生能源發電之目標更增為2020年可再生能源供應比重應增加20%至30%間。其彰顯出德國對未來可再生能源之發展有信心，並且不斷打破自訂目標及追求自我。

EEG 2009此時已發展相當成熟，更加充實法條內容與完整之制度架構，成為一部邏輯嚴密、體系完整之法律。EEG 2009除了內文篇幅明顯比EEG 2004較長，其主要體現在：

- (1) 本法案增加了四十五條法條，總計六十六條並外加五項附錄。³⁸
- (2) 全面更新：其更新內容一方面是執行歐盟之《可再生能源電力指令》；一方面是德國在歐盟的推動下，已經完成電力市場自由化。因此，德國新能源和可再生能源已處於一個全新的電力體制，而EEG 2009則必須予以體現。
- (3) 電力定價精緻科學化：其主要重點為發電量分野。首先，按照裝機容量分野，再按照裝機時間分野，最後按發電量分野，其中發電量分野最為細緻。³⁹

4. 2012年之《可再生能源法》

EEG 2012為最近一次所做之修訂，其內容架構基本上與EEG 2009大同小異，目的同為維持能源供應之永續發展，保護氣候與自然環境。至此，德國的能源轉型與可再生能源之利用可以說是達到高峰期。但由於德國做出退出核能利用之決定，因此，如何使可再生能源完全併入電網，並且提供穩定之能源供給是德國目前所面臨最大之問題。

³⁸ 該法將 66 條法條分為 8 章，包括：總則、接入與輸電配電、優惠措施、補償機制、法律規章、具透明度之驗證、政府監管規範、實驗報告和過渡性條文以及詳細計算之附件等。

³⁹ 岳勳、魯裕申，前引文，頁 684-691。

EEG 2012此次所修訂的重點在於：

- (1) 體系更為嚴謹、篇幅更長。
- (2) 設立了可再生能源須占電力來源之比例：2020年，可再生能源須占35%；2030年，可再生能源須占50%；2040年，可再生能源須占65%；2050年，可再生能源須占80%。⁴⁰
- (3) 強化電網管理技術：為確保可再生能源發電設備所產生之電力皆有輸送電路可併聯至市網，電網營運商有義務將其電網與裝置連接起來，同時也考量市場機制，給予輸、配電業者自主空間，達到電力輸送的最佳運作模式。

三、《保證收購價格》（Fed-in Tariffs, FIT）

EEG 2000的基本政策方針是將太陽能優先以固定費率入網。即電網營運商必須以法律規定的固定匯率，收購太陽能生產者之電力。同時，生產者再根據全部入網之太陽能與傳統能源成本狀況，確定釐定電價。⁴¹

《保證收購價格》是促進太陽能產業最有效的手段，其可刺激太陽能之產出，也降低生產者的風險。這是以價格為基礎的新能源產業政策，明確地說明購買太陽能等可再生能源所支付的價格。為了消除未來的不確定性，以及降低可再生能源公司的運作風險，國家公用電網優先給予太陽能等可再生能源電力併網與得到一定的服務支持。其規定公用電網必須連續購買二十年由太陽能生產之所有電量，並依據每年的保證收購價格進行一定比例之遞減。⁴²

2000年以來，德國太陽能等可再生能源在發電結構中所佔之比例不斷提高，這不僅影響到電網安全的穩定，電網營運商已不能有效執行太陽能等可再生能源發電全額接受之規定。⁴³因此，EEG2004與EEG2009均規定了，如果發電設施在電網超載時不能減少其發電量，營運商則可以不履行太陽能等可再生能源電力優先併網之義務。同時，可再生能源發電商為了將發電設施併入電網，可與電網營

⁴⁰ BMU, *Act on granting priority to renewable energy sources*, 1 January, 2012, p7, <http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/english/pdf/application/pdf/eeg_2012_en_bf.pdf>, 檢索日期：102年10月18日。

⁴¹ 溫婧，〈德國可再生能源發展政策環境、主要成就及其啟示〉，《新能源產業》，第11期，2011年，頁5。

⁴² 李自成，前引文，頁54。

⁴³ 王乾坤等，前引文，頁51。

運商達成不優先收購之義務。

其中，EEG雖規定了電網營運商必須優先購買由太陽能等可再生能源所產生的電力之義務。但是，在EEG 2000中規定，「與技術和經濟上，最有利之電網連接點所相連接的費用須由電網營運商承擔」。因此，可再生能源發電具有接網費用承擔機制。⁴⁴自德國全力發展可再生能源之後，德國政府積極的翻新、擴建新電網，目的是使可再生能源普及化與更穩定。為此，EEG 2004與EEG 2009均增加了“安裝確定輸入和接收電力所需的測量設備，其產生的必要費用須由發電商承擔”的規定。

第三節 小結

德國政府自1980年以來，不斷地頒布與修訂多項可促進太陽能發展之政策，德國太陽能的發展並不是政府之間的產物，而是在立法、政府的支持、企業以及人民的配合下完成的。完善之立法制度、有利益可圖之補貼政策與使用太陽能等可再生能源之決心，這些強而有利之原因促使德國得以全力支持發展太陽能，並在2011年投入歷年最高之綠能產業資金。⁴⁵更進而使其於2011年，宣布將在2022年全面退出核能發電，改以太陽能等可再生能源為電力之主要來源。

德國的EEG為發展太陽能等可再生能源之核心，並且主導了太陽能等可再生能源之發展。在經過多次修改後，其可再生能源之法規體系成為世界之模範。除了EEG以外，德國也依據以下措施完成可再生能源之目標：

1. 不斷完善法規體系及內容，明定可再生能源之目標。
2. 根據現有之技術與條件，適時的調整可再生能源。
3. 重視科技創新與技術開發。
4. 制訂各種激勵政策，提高可再生能源利用率。
5. 鼓勵不同地區發展不同之可再生能源政策。
6. 引導公眾參與，擴展可再生能源安裝率。

以上六點明確點出可再生能源之發展方向。而德國之太陽能發展分為以下階段：

⁴⁴ 同上註。

⁴⁵ 楊卓翰，前引文，頁 102-120。

表4-1：德國太陽能政策之演變

年代	階段	政策
1970-1985	Pioneering Phase	1974年，德國頒布第一部有關能源概念之能源發展框架項目。
1986-1991	Stagnation of Industry Engagement, R&D	1. 1989年，頒布《電力強制入網法》，為發展太陽能之開端。 2. 1990年，《電力輸送法》(StrEG)，其提出《獎勵金補貼》及《可再生能源電力收購》之觀念。
1991-1994	Large-scale Testing	第一階段之「千屋計劃」。
1994-1998	Uncertainty and Slowdown	無
1999-2003	Breakthrough	1. 1999年，第二階段之「十萬戶屋頂計畫」。 2. 2000年，《可再生能源法》(EEG 2000)。
2004-至今	Development Boom	1. 2004年，《可再生能源法修正案》(EEG 2004)。 2. 2009年，《可再生能源法修正案》(EEG 2009)。 3. 2010年，《能源戰略2050》，即訂定溫室減排目標以及確保本國安全、清潔與經濟的能源供應 4. 2011年，《加速電網擴建法》，建立智能的電網(E-Energy)。 5. 2011年，《可再生能源法修正案》(EEG 2012)。

資料來源：作者自行整理，數據引自：Bruns, E., Ohiborst, D., Wenzel, B., Koppel, J., *Renewable Energies in Germany's Electricity Market A Biography of the Innovation Process*, (Berlin: Universitätsverlag der TU, 2011),
<http://books.google.com.tw/books?id=ZY0OwfdYsvQC&printsec=frontcover&dq=Renewable+Energies+in+Germany's+Electricity+Market+A+Biography+of+the+Innovation+Process&hl=zh-TW&sa=X&ei=j9miU8njEYvQkAWFhYCABQ&ved=0CBwQ6AEwAA#v=onepage&q=Renewable%20Energies%20in%20Germany's%20Electricity%20Market%20A%20Biography%20of%20the%20Innovation%20Process&f=false>, pp. 161-224，檢索日期：103年3月19日。

根據最新的報告指出，直至 2012 年底為止，德國的太陽能發電容量增加了 7.6GW（詳見圖 3-3）。除太陽能政策之改變外，德國自七〇年代起，便開始以立法為導向，逐步建立可再生能源之相關條例，並以法律來規範可再生能源，使立法成為發展可再生能源之根本。其中，最主要三個主軸分別是《電力輸送法修正案》（StrEG）、《保證收購價格》（FIT）與《可再生能源法》（EEG）。

Country	Total End-2011	Added 2012	Total End-2012
	(GW)		
Germany	24.8	7.6	32.4
Italy	12.8	3.6	16.4
United States	3.9	3.3	7.2
China	3.5	3.5	7.0
Japan	4.9	1.7	6.6
Spain	4.9	0.2	5.1

圖 3-3：全球可再生能源發電容量前六名之國家的太陽能發電增加容量

資料來源：REN21, *RENEWABLE 2013 GLOBAL STATUS REPORT*, p97.

1. 《電力輸送法修正案》

為《可再生能源法》的前身，於 1991 年頒布，實行至 1999 年。《電力輸送法修正案》的核心概念即《獎勵金補貼》與《可再生能源電力強制收購》。政府提供各種鼓勵政策、低息貸款或直接補貼，以支持太陽能等可再生能源的發展。另外，政府為了降低可再生能源公司的營運風險以及未來的不確定性，規定國家公用電網必須優先給予新能源電力併網，並且保證收購所有由太陽能所產生之電力二十年。

2. 《保證收購價格》

《保證收購價格》是以價格為基礎的一項新能源產業政策，其明確說明購買太陽能等可再生能源所支付的價格。自 2000 年以來，太陽能等可再生能源在發電結構中所佔之比例不斷提高，進而影響到電網安全的穩定，使電網營運商已不能有效執行太陽能等可再生能源發電全額接受之規定。

EEG 2000 規定，「與技術和經濟上，最有利之電網連接點所相連接的費用須由電網營運商承擔」。因此，為了維持電網安全，EEG 2004 與 EEG 2009 均規定發電設施在電網超載時，如不能減少其發電量，營運商則可不履行優先併網可再生能源電力之義務，而可再生能源發電商為了將發電設施併入電網，也可與電網營運商達成不優先收購之義務。

3. 《可再生能源法》

EEG 為德國發展太陽能等可再生能源與主導之核心，明確點出各可再生能源之發展方向。EEG 在經過多次修改後，不斷的完善其法規體系及內容、調整可再生能源之各種鼓勵政策、重視科技創新與技術開發以及引導公眾的積極參與。以下，為各階段之《可再生能源法》修改內容：（詳見表 4-2）



表4-2：《可再生能源法》政策演變

時間	政策	修訂內容
2000年1月1日生效。	《可再生能源法》 (EEG 2000)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將StrEG的六條擴充至十二條。 2. 精確定價。 3. 長期支持：《保證收購價格》(FIT)。 4. 建立全國共同分擔機制。
2004年7月21日通過修正案，於8月1日生效。	《可再生能源法修正案》 (EEG 2004)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 目的為保護大氣與自然環境生態，提供能源永續之發展。 2. 體系嚴謹。 3. 篇幅加長：將EEG 2000之十二條再擴充至二十一條。 4. 電力定價機制開始細緻化。
2008年6月6日通過修正案，於2009年1月1日生效。	《可再生能源法修正案》 (EEG 2009)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 其主軸仍為保護氣候與自然環境，維持能源供應之永續發展。 2. 體系已成熟。 3. 篇幅加長：增加四十五條，總計六十六條並外加五項附錄。 4. 全面更新：執行歐盟之《可再生能源電力指令》，即完成電力市場自由化。 5. 電力定價精緻科學化。
2011年8月4日通過修正案，於2012年4月1日生效。	《可再生能源法修正案》 (EEG 2012)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 目的同為維持能源供應之永續發展，保護氣候與自然環境。 2. 體系更為嚴謹、篇幅更長。 3. 設立可再生能源日後占電力來源之比例與目標。 4. 強化電網管理技術：尤其是擴建新電網與併網技術。

資料來源：* 作者自行整理。

第四章 個案探討：弗萊堡發展太陽能之經驗

德國弗萊堡座落於黑森林西南方，人口面積不多，相較於德國其他大城市，弗萊堡只能算是個小城市。但是，弗萊堡卻擁有德國日照時數最長的城市，其一年平均的日照時數約一千八百小時，非常適合發展太陽能。弗萊堡不僅是綠色能源之發源地，在太陽能領域中更是佼佼者。弗萊堡為了使廢核、推廣可再生能源與經濟持續成長三者成為可能，其擁有有別於德國政府之發展政策，因而造就其「太陽能之都」。



圖 4-1 德國弗萊堡地理位置

資料來源：

https://www.google.com.tw/search?q=freiburg%20map&bav=on.2.or.&biw=1093&bih=465&bvm=pv.xjs.s.zh_TW.OrS5U5jzwng.O&wrapid=tlif140436891563911&um=1&ie=UTF-8&hl=zh-TW&tbm=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=4_e0U7axMoP7kgW0_4GYAw#imgdii=>，檢索日期：103 年 7 月 4 日。

第一節 弗萊堡在太陽能之方面的發展

弗萊堡之所以成為綠色城市之先趨，主要追溯到 1970 年代的環保運動與反核浪潮的興起，弗萊堡早在 1970 年代初期就已經有反核意識之概念。當時的聯邦政府計劃在弗萊堡附近的 Wyhl 興建核電廠，但遭到弗萊堡居民的反抗。1986 年蘇聯的車諾比核災事故後，弗萊堡市議會投票通過新能源政策，決定開發新技

術以取得可再生能源，替代長期依賴的石化及核能。¹這項決定開啟弗萊堡發展太陽能之里程碑，並自 1990 年起陸續制訂出可再生能源政策。除此之外，環保運動也造就德國綠黨之誕生。

弗萊堡具有非常強的環保意識，對環境保護也相當有責任感。而是什麼契機使弗萊堡在能源與環保兩塊成為全球「永續之都」的榜樣？第一，1970 年代初的石油危機，使弗萊堡意識到全球石油有限，環保意識高漲；第二，弗萊堡反核成功後，居民們開始尋找適合發展之替代能源，即太陽能；第三，居民們願意嘗試分散式的可再生能源供應方式，讓太陽能政策得以有計畫的實施。

法規為弗萊堡發展一切太陽能之基礎，弗萊堡政府制定出良好的政策。弗萊堡政府以高於平均 90% 之價格收購太陽能，所有的居民只要願意在自家屋頂上裝設太陽能，即可擁有十年或二十年不等的 3% 到 4% 低息貸款補助設備與施工成本，更保證二十年內收購太陽能的優惠電價措施。²這項政策成功驅使居民的參與和投資，太陽能因此得到迅速的發展，弗萊堡居民的電力不但可達到自給自足，也可把多餘的電力賣給政府，再併到城市電網供地區使用。

經濟的可持續發展是弗萊堡的核心宗旨。弗萊堡因其特殊的政治、社會與人文等多重因素，吸引全球最大的國際太陽能協會設立總部（ISES）、歐洲最大的太陽能研究中心（ISE）以及上百家太陽能科研產業進駐，成功創造出可持續性的經濟產業。不僅如此，專業性旅遊、專家議會與博覽更已經成為例行活動，各類的環境經濟與環境研究持續造就弗萊堡仍具有無限潛力的綠色市場。

第二節 弗萊堡推動「綠色環保」之都的政策作為

弗萊堡至 1970 年代 Wyhl 反核事件後，便開始展開太陽能的發展。弗萊堡人口面積不多，卻擁有德國日照時數最長、一年平均約一千八百小時的日照時數，加上弗萊堡政府推出許多激勵之政策，使居民安裝太陽能的比率極高，因而帶動地方發展各種太陽能產業，成為「太陽能之都」。以下就弗萊堡所提出之相關太陽能政策與環保政策等，筆者將作出整理與分析。

¹ 徐仁全，前引文。

² Bernd Eusemann, Freiburg. Breisgau. Umweltschutzamt, *Freiburg Solar Energy Guide*, (Freiburg im Breisgau: City of Freiburg im Breisgau, Environmental Protection Agency, 2000), <<http://books.google.com.tw/books?id=MngGPwAACAAJ&dq=Freiburg+Solar+Energy+Guide&hl=zh-TW&sa=X&ei=ituiU9HyCI7c8AWTqoDQAQ&ved=0CBwQ6AEwAA>>, pp1-68, 檢索日期：103 年 5 月 14 日。

一、太陽能政策及法規

根據弗萊堡太陽能導覽手冊（Freiburg Solar Energy Guide）中，³弗萊堡發展成太陽能之都主要有三個階段：

- 第一，1970 年代初的石油危機，使全球意識到石油之有限。
- 第二，在弗萊堡反核成功後，居民們開始尋找適合發展之替代能源。
- 第三，居民們願意嘗試分散式的可再生能源供應方式。

其中，弗萊堡能夠迅速的打造出「太陽能之都」的主要原因在於法規的制定，法規對弗萊堡可說是發展可再生能源之一切。弗萊堡除了以高於平均的市價收購外，只要居民願意在自家屋頂上裝設太陽能，即可擁有十年或二十年不等的 3% 到 4% 低息貸款補助設備與施工成本，更保證二十年內收購太陽能的優惠電價措施。

1986 年，弗萊堡市議會通過能源供給方案（Energieversorgungskonzept），其要求發展可再生能源並放棄核能的使用，自此，弗萊堡便開始提昌使用與發展太陽能，1991 年，弗萊堡即規定電力公司有義務收購當地所有運用可再生能源所產生之電力，並且以高於平均 90% 之價格收購。⁴這項利益極高之政策，讓弗萊堡裝設太陽能發電與運用之比率迅速攀升，使得弗萊堡於 1992 年即獲得全德國環保與永續城市之稱。不僅如此，弗萊堡更吸引了全球最大的國際太陽能協會在此設立總部，歐洲最大的太陽能研究中心也座落於此。

2000 年，德國通過《可再生能源法》後規定將發電與輸送分開，在弗萊堡，所產出的電能透過公共電網，以每千瓦／小時零點五歐元賣給電廠，再分送至用戶。⁵如此一來，無論是夏天或冬天，對於小型私人太陽能發電戶來說相當有利，不必擔心電力短缺或是生產過剩之問題。

弗萊堡居民們裝置太陽能後，可以達到自給自足外，也可把多餘的電力賣給政府，再併到城市供電系統供地區使用。居民們利用此種措施從中獲取利益，每

³ *op.cit.*

⁴ 劉明德、徐玉珍，前引文，頁 138。

⁵ 翁鳳英，〈發現陽光城市－德國弗萊堡〉，《經濟部能源局》，2005 年 12 月，
<<http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=200512&Page=28>>，檢索日期：
103 年 6 月 15 日。

年靠屋頂上的太陽能發電能賺取六千歐元。⁶雖然這種以太陽能發電的節能屋造價不菲，但以長遠來看，經濟效益將會提升且節能效果極高。因此，從各個方面來看，弗萊堡領先於全世界之重要原因，依據 ISE 公關經理施奈德（Karin Schneider）之說法，「充足的陽光只是基本條件，更重要的是，弗萊堡居民願意捨棄、石化能源之勇氣，這才是弗萊堡領先之原因」。

二、氣候與環境保護政策

根據統計，於 1992 年至 2007 年間，全球人口雖然增長了 10%，但是，弗萊堡市的碳排放量卻下將了 14%，更預計至 2030 年將下降至 40%。⁷這項數據意謂著弗萊堡實施的氣候與環境保護政策領先於全球，使之成為當之無愧的「永續之城」，更成為在太陽能領域應用上的巨人。身為全球綠色城市之典範，除了政府利用各種誘因政策，鼓勵居民使用太陽能，以及居民也願意嘗試之外，弗萊堡居民們對於環保節能的觀念相當有原則，這也是弗萊堡之所以能領先於全世界，成為太陽能之都的核心。

當年的 Wyhl 反核事件，造就今日弗萊堡走向「太陽能之都」，這一切均從反核開。弗萊堡自古以來，對於氣候與環境的變遷有著極高的敏感性，單就反核事件來看，弗萊堡從不對核能妥協。這座被黑森林以及綠色電力包圍的城市，以它強而有力的綠色經濟與和諧發展的環境保護做結合，吸引世界各地相繼效仿之城市典範。

為了降低二氧化碳之排放量，弗萊堡市民們可說是徹底執行節能減碳措施，例如：許多人以徒步代替交通工具、共用冰箱及洗衣機，甚至還有禁止車輛進入之環保社區。⁸弗萊堡除了利用太陽能設施、刺激「綠能產業發展」之外，「節能減碳習慣的建立」也相當重要，並建立起以「慢生活」為考量之「低碳社區」。⁹以生活做起的節能模式受到弗萊堡居民們的支持，這不僅從社區做起，更能帶動全體弗萊堡市民們的團結，一起全力維護生態環境與降低二氧化碳排放量。

其中，最值得注意的是，建築師 Rolf Disch 對弗萊堡所帶來的影響。弗萊堡

⁶ 敖軍，〈走進德國最綠小鎮－弗萊堡瓦邦社區〉，《金融博覽》，第 1 期，2010 年，頁 35。

⁷ 同上註。

⁸ 高雄市政府環境保護局，〈開發多元能源 全天候太陽能發電廠〉，2013 年 7 月 5 日，
<<http://ghg.ksepb.gov.tw/newsshow.asp?myid=680>>，檢索日期：103 年 5 月 13 日。

⁹ 經濟部能源局，〈我國將打造一低碳示範社區〉，2009 年 8 月，《能源報導》，
<<http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=200908&Page=1>>。

有著名的太陽能建築、太陽能工廠、太陽能社區及太陽能研究機構，而他更為弗萊堡設計出「正能源屋」(Plusenergiehaus)。除此之外，Rolf Disch 也以自己的家為例，將建築設計成可追日旋轉的太陽能建築－Heliotrop，其堪稱是太陽能建築的經典之作，並於 1995 年獲得德國年度建築大獎。Heliotrop 更成為近十幾年來世界各國環保團體、能源業者與建築業者朝聖的熱門地點。而 Rolf Disch 所設計出的太陽中有三大目標：¹⁰

1. 100%使用可再生能源。
2. 可中和二氧化碳的產生。
3. 能降低能源消耗，產生比使用需求更有餘的能源。

如此一來，房屋可達到自給自足，確保所有之能源均來自太陽能，對於氣候與環境保護政策也有所貢獻。不但能節約能源、降低二氧化碳的排放量，也可進一步避免能源供需不穩的問題。

三、經濟與城市的可持續發展

弗萊堡以綠色經濟聞名、創造出若干綠色就業職位以及吸引世界各研究單位在此服務。除此之外，弗萊堡在歐盟和巴登·符登堡州政府的支持下，根據 *Green City Freiburg* 中指出，¹¹弗萊堡市經濟－旅遊－會展促進署 (Freiburg Wirtschaft Touristik und Messe, FWTM) 跨行業整合了從事環境和太陽能產業的企業和機構，搭建了合作平台，致力於研究開發創新型產品和為本地區產品服務，尋求未來市場定位。這些企業的工作重心是節能設計和建設、太陽能和其他可再生能源之利用、環境技術以及可持續的交通規劃。這些以綠色為發展前提的產業，儼然已成為弗萊堡的支柱。

為了經濟產業的規劃，弗萊堡政府以具遠見的規劃與積極的市民參與相互配合，打造出許多各自具有特色的太陽能環保社區。其中，以沃邦 (Vauban) 社區

¹⁰ 陳嘉懿，〈弗萊堡與建築師 Rolf Disch 的正能源設計案〉，《智慧化居住空間》，2011 年 10 月 28 日，

<http://www.ils.org.tw/result_searched.aspx?keywords=%e5%bc%97%e8%90%8a%e5%a0%a1&types=31c3210c-f2b1-456d-9a74-375c4c3e2e19,450ba38a-f9bd-4592-8984-db0a4f3bcc24,26d69722-5ef2-4bb9-8a81-1b906bde7d11,c3152c6-34ae-4d09-a4c9-578212f4f86b,9f5e3c50-9e4c-4064-902d-be4f1e4a8411,f21be738-3ba2-4136-88d4-b95ae4cb1081,a8e002c6-204e-4e6f-83da-8a1847a19a86>，檢索日期：103 年 6 月 13 日。

¹¹ Freiburg Wirtschaft Touristik und Messe GmbH & Co KG, "Green City Freiburg," 2010, p5, 檢索日期：103 年 6 月 13 日。

最為出名。沃邦是一個富有吸引力、適宜小家庭居住的社區，沃邦以主動性強、環保意識濃厚著稱，而區內的房屋多集體建造，以環保、節能為宗旨。目前，這種以低耗能、能源自給自足、利用太陽能等可再生能源，已成為德國建房之準則。

如何維護與傳承經濟與城市的可持續發展？弗萊堡就以學校為首要教育對象，從孩子們先做起。在學校，學生們發揮自己的想像力和創造力，為學校的環保設施集資，例如：如何避免垃圾的產生、節省能源及水資源等，這些作為均得到弗萊堡政府財力和物力的支持。教育的發達和知識的累積是弗萊堡綠色經濟的發展基礎。¹²弗萊堡隨處可見的太陽能面板，在教育機構場所中可說是基本配備，將教育、產業與永續發展做結合，是教育學生最好的科學教材。

積極主動的居民也造就弗萊堡城市的可持續發展。其具有遠見的規劃與居民參與，打造出現代的「低碳社區」－沃邦社區，裝有太陽能的智能住宅與智能電網相互結合，藉由學校的教育和知識的累積，成功的將城市土地、氣候與能源革新做出規劃，都是弗萊堡綠色經濟的發展基礎。

四、「弗萊堡太陽能經濟特區」(SolarRegion Freiburg)

當弗萊堡通過「弗萊堡太陽能經濟特區」項目，使得弗萊堡市在太陽能的應用上領先一大步。其除了開發生態能源外，眾多的研究機構、工商企業與廣大的市民以及市政府的同心同德，共同致力於弗萊堡的可持續性發展。無論是就業問題、市民參政、市場推銷還是旅遊、城建或研究與教育，太陽能處處都能對社會發揮其貢獻。¹³

其中，在弗萊堡數百個太陽能項目中，「弗萊堡太陽能經濟特區」最吸引人的項目從太陽能建築到使用光能的體育設施、從工業生產到無廢氣排放的酒店，甚至是校園裡也處處可見太陽能裝置。¹⁴因此，「弗萊堡太陽能經濟特區」最主要的功能相當於一個展示特區，負責介紹市區內的太陽能公共建設以及發展成效、典範等項目，以供人參觀。

¹² 賈璐婧，前引文。

¹³ 弗萊堡德中友協，〈弗萊堡太陽能經濟特區〉，《弗萊堡德中友協》，
<http://www.cffr.de/ceditor/index.php?id=A-6-F-cn.c1120.cXa&s=29615;20445;25919;31574;24343;33713;22561;22826;38451;33021;32463;27982;29305;21306;_65288;solarregion_freiburg65289;>，檢索日期：103年6月15日。

¹⁴ 同上註。

第三節、小結

弗萊堡擁有「太陽能之都」、「永續之都」以及「綠色之都」之美譽，無論在太陽能的應用、環境生態的保護或者節能減碳方面，均遙遙領先於全球。弗萊堡太陽能產業能夠發展之如此快速，主要源自於1970年代的Wyhl反核興建事件喚起弗萊堡居民內在的環保意識與危機感，這便開起弗萊堡走向太陽能應用之佼佼者。弗萊堡能夠成功的因素：

其一，主要是地方政府與執行力。諸多獎勵政策、環境與氣候保護政策以及公共建設等，多建立在這些高效能之政策上完成。弗萊堡政府透過立法、示範、規劃與教育，循序進漸的將所有成功因素鏈成一條線，使之所有政策均能發揮與達成。

其二，居民的支持與投入。這些由政府所制定之政策之所以可持續性發展，最主要是得到居民們的大力支持與擁護。積極且主動的居民為弗萊堡創造無限的商機和就業機會。

其三，強大的太陽能科技產業。弗萊堡吸引全球最大的國際太陽能協會、歐洲最大的太陽能研究中心以及上百家太陽能企業進駐。於是，弗萊堡進一步成立經濟－旅遊－會展促進署。這些科技團隊、研發機構與產業為弗萊堡形成一座完美的產業聚落。

第五章 結論與建議

本章筆者將依據前四章，檢討研究過程，簡單的說明本篇論文欲研究之重點。再者，提出研究發現，以及做出簡單之描述與回復，敘述為何弗萊堡值得台灣未來發展太陽能之借鏡。最後，做出研究貢獻，將所做之研究過程與重要發現做出結論，並且提出相關之建議，以供未來政府參考之依據。

第一節 弗萊堡發展經驗對台灣之借鏡

就台灣的環境背景而言，台灣與德國有相似之處，即天然資源缺乏，能源必須仰賴進口。近年來，全球環保意識抬頭，傳統能源價格也不斷攀高，使可再生能源能勢必成為未來發展之趨勢。台灣地處亞熱帶，日照時數相當充足，非常適合發展太陽能。而隨著太陽能科技的不斷進步，以及德國弗萊堡之借鏡，相信太陽能會是台灣發展最有潛力之能源。筆者將藉由德國弗萊堡成功之發展經驗，給予台灣相關有利之政策發展方向。

根據聯合國環境規畫署(United Nations Environment Programme, 簡稱UNEP)於2014年4月8日發布的報告指出，去年全球再生能源的投資金額下降14%，主要原因是太陽能價格下跌以及部分國家的可再生能源補貼政策欠缺穩定，使得各方投資減少。¹雖然如此，仍不能改變全球氣候變遷以及能源減少的趨勢。因此，台灣仍應以地利之優勢，盡全力的開發可再生能源，學習德國弗萊堡之經驗，打造另一個太陽能國之奇蹟。

太陽能是備受矚目的可再生能源，台灣如何利用自身的優越條件與地理局勢發展？根據弗萊堡發展之經驗，台灣必須從根本做起。除了必須推廣與加強人民對使用可再生能源之觀念外，更需要加強政府所實行之每一項政策。因此，就政策而言，台灣目前已有許多太陽能相關之政策，例如：「十萬戶屋頂」計劃，然而，政府不夠積極、目標不甚明顯以及宣傳不達民心。台灣仍有一段很長的路要走。以下，筆者將就問題進行分析。

¹ UNEP Collaborating Centre Frankfurt School of Finance & Management, “GLOBAL TRENDS IN RENEWABLE ENERGY INVESTMENT 2014”, <http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/attachments/14008nef_visual_12_key_findings.pdf> pp11-15, 檢索日期：103年5月7日。

一、政府妥善運用政策發揮獎勵、誘導及補助功效

台灣日照充足，也擁有成熟的半導體與研發技術，就各方而言，台灣非常適合發展太陽能，然而，台灣太陽能發展的狀況卻非常緩慢。從德國的可再生能源政策與弗萊堡發展的經驗來看，政府固然是重要的角色，但是，地方政府才是扮演最關鍵的地位。

首先，政府必須吸引民眾願意裝設與使用太陽能。將目標放長遠，從教育民眾開始，宣傳使用可再生能源的好處與對未來所帶來的優點。因此提出何種基本的獎勵補助等政策工具相當重要，政府必須根據三個基本條件，做出適當政策補貼，分別為下：²

1. 經濟實力：獎勵補助政策工具涉及國家的經濟實力強大與否，政策強度過高，會拖累國家的經濟發展；政策強度若過低，無法發揮政策利益。因此，政府必須嚴格評估國家本身的實力，實施可觀並長久之補貼政策。
2. 社會成熟度：獎勵補助政策工具涉及社會財力重分配。如果社會成熟度不足或社會公益觀念低落，容易引起個人財力分配措施的爭議，甚至是政治鬥爭。公民必須具備一定的素質，如此推行相關政策才能發揮出既有的期望，公民甚至可以結合地方特色，以此發揮其最大利益。
3. 科技成熟度：獎勵補助政策工具是藉由新能源來降低能源進口，同時也希望發展新能源產業、創造經濟活力，如果國家科技領先度不足而實施獎勵補助政策工具，恐造成獎勵補助國外廠商的情形。如今，太陽能發電已越趨成熟，而本國之半導體產業也相當強大，在科技方面，本國已具備相當大的優勢。

以上三個基本條件具備後，此時的地方政府責任將會大於政府。由於政府所提出之政策只適用於大範圍與大方向，並不能代表絕對適用於各地方。因此，地方政府必須因地制宜，選擇適合該地方發展的太陽能政策。

² 黃秉鈞，〈台灣如何利用太陽能發電〉，《科學人》，第 72 期，2008 年 2 月，
<<http://sa.ylib.com/MagCont.aspx?Unit=featurearticles&id=1146>>，檢索日期：103 年 4 月 15 日。

二、地方政府之角色

台灣各地區人文、風情均不盡相同，各地之產業發展也有所差異。如何裝置太陽能並且受益於所有人，以目前太陽能推廣的程度而言，有其一定之難度。北台灣大樓林立，可裝置太陽能之屋頂面積較少；南台灣多為低層樓，可使用之土地面積相對多。因此，地方政府須因地制宜，根據地方特點與優勢制訂出有效率之政策。

1. 規劃與立法：

第一，都市計畫應朝向低層樓建築與分散式小鄉鎮發展，以增加裝設面積；第二，規劃土地利用時，將太陽能資源豐富的中南部地區列為重要替代能源之產地，並且將土地充分利用。³根據弗萊堡之經驗，我國除了以中南部為發展太陽能重點外，北台灣也可積極的利用各公共建築物、交通轉運站與學校，做為裝設太陽能之選項。

就立法而言，根據政府所制定之政策為基礎，依地方的氣候、人文風情與素養，另外增修有利於地方之法條。由於佛萊堡本身對於環保已具有高度之概念，因此，在推行各可再生能源條例時，佛萊堡居民們均相當配合與支持。為此，地方政府首先需要評估居民們對環保概念之深淺，再因地制宜訂定出適合該地發展之條例，並且可獲得居民們之迴響。如此一來，政府無論推行何種政策使居民們能感受到力大於弊、獲得支持，這意味著此政策有可持續並推廣之可能，這就是一項好政策。

2. 創新與示範：

台灣太陽能資源豐富，未來，將可取代大部份之能源需求，是相當具有展潛力之可再生能源。但是，礙於台灣地狹人稠、工業密集，且能源多半仰賴進口。為此，如何使用非常有限之土地面積以及發揮其最大效用，使之成為未來主要之能源來源？

根據弗萊堡之經驗，目前，弗萊堡已聚集若干研究太陽能之研究機構，而這些機構均著重在開發太陽能並且創新。因此，就本國而言，第一，必須積極的進

³ 同上註。

行技術研發，使太陽能能夠與建築物結合，形成所謂的智能住宅(Smart Home)，盡可能的增加太陽能之吸收面積以及提高發電效率。⁴第二，效仿德國之E-Energy計劃，除了積極新建智能電網(Smart Grid)，將所生產之太陽能併入網外，智能電網還須與智能住宅結合在一起，使發電業者、用電業者與儲存系統可以相互配合。⁵如此一來，無論是在供給方面或是使用效率，均能發揮裝設太陽能之最主要目的，同時可創造綠色家園、降低二氧化碳排放量與可信賴之能源轉型。

最後，由於能源還無法百分之百取自可再生能源，可再生能源發電併網具有不穩定之風險。日後，如其占總發電量之比重越大，所導致之波動幅度也就越大，因此，科技團隊必須研發新型儲能系統，高效能的儲能系統是能源轉型的關鍵。⁶在陰天或者是能源過剩時，新儲能系統能將剩餘之能源保留且供下一次電力使用。

弗萊堡大學建築系、太陽能建築業大師的Rolf Disch，於1995年，為弗萊堡設計一座可隨著太陽位置旋轉的太陽能充電設施。之後，Rolf Disch又再設立一座外觀似一艘船舶，同樣結合太陽能充電器材，名為「太陽能船」(Sonnenschiff)。⁷自此，「太陽能船」便成為弗萊堡使用太陽能最具代表之地標。根據弗萊堡之經驗，各地方政府可設立目標，社區們必須各自打造具有特色之地標，這不僅可以凝聚居民之向心力，也能更進一步打造出若干個「沃邦社區」。

三、國民教育

根據弗萊堡之理念，教育的發達和知識的累積是弗萊堡綠色經濟的發展基礎。因此，教育為一切之根本，國民必須有對未來能源短缺之危機意識，當人民感受到對使用可再生能源之迫切性後，可再生能源之發展便能夠快速成長，效益明顯看得見。

能源教育如何從學校做起？根據弗萊堡之經驗，政府必須將示範帶進校園，使學生們無時無刻都能感受、接觸到太陽能。在我國，依據新北市市長朱立倫表示，綠能教育非常重要，去年，新北市政府已建置了二十四所綠能校園，將閒置

⁴ 同上註。

⁵ 德國聯邦經濟和技術部，前引文，頁 1-12。

⁶ 同上註，頁 2。

⁷ 陳文樹，前引文，頁 32-33。

頂樓設置太陽能。⁸綠能校園計畫不但能有效利用太陽能，也可幫助學校落實節能減碳，更將節能減碳融入生活中。

政府除了建立研究機構外，更可進一步在大學裡設立太陽能研究等科系，讓學生們創新與研發。再者，太陽能研究等科系與建築景觀科系相互合作，可為國家設計出更上一階層之智能住宅與太陽能公共地標。所謂的能源教育，就是要使學生們有感而發，無論是在教學或實務上，都需要學生們能夠主動、積極的更新可再生能源之應用，使教育不再只是教育，更能成為人民該有的基本觀念。

第二節 未來研究之相關建議

近年來，全球氣候變遷，使得生態環境與人類的生活改變。為了因應氣候的改變，世界各國均相繼推出節能、減碳與發展可再生能源之政策措施，以避免因氣候所導致之災難，期望能夠有效降低二氧化碳排放量，提升並有效可再生能源。

科技的發展與環境的變遷，人類的生活品質提升了，但生活環境卻在無形中遭受威脅。近年來，氣候異常並伴隨著許多天災，這些大自然的反撲意味著人類不能再繼續迫害生態環境以及無上限的製造空氣汙染、使用傳統能源。根據聯合國政府氣候變遷專門委員會（IPCC）於 2014 年 4 月 12 日結束了在德國柏林的會議，由第三工作組（Working Group III）所提出的《IPCC 第五次評估報告》（IPCC AR5）中，向世界警告，如果人類繼續使用高排碳量之燃料，地表平均溫度在 2100 年時將比目前升高攝氏三點七度至四點八度之間，若要防止地表繼續增溫，關鍵在於可再生能源。⁹

可再生能源是未來發展的趨勢，是能源轉型的重要關鍵以及永續未來的經濟要素。台灣不論就經濟、科技或環境而言，都相當適合發展太陽能。目前，台灣的太陽能推廣政策及環境明顯不佳，安裝比率與使用效率仍不高。有弗萊堡的成功經驗做為借鏡固然重要，但是，政府與地方政府必須扮演更積極的角色，推出激勵的政策、帶動人民的參與和有效率的執行率。

⁸ 謝文瑄，〈公有房舍屋頂設太陽能發電 打造綠能校園、市場〉，《中國時報》，2014 年 4 月 9 日，<<https://tw.news.yahoo.com/公有房舍屋頂設太陽能發電-打造綠能校園-市場-220058754.htm>>，檢索日期：103 年 5 月 7 日。

⁹ World Group III, “Climate Change 2014: Mitigation of climate change,” April 12, 2014, <<http://mitigation2014.org/>>, 檢索日期：103 年 5 月 7 日。

弗萊堡的成功經驗值得台灣借鏡其原因有三，就資源而言，台灣與德國同屬資源仰賴進口的國家，為了因應能源危機，必須積極地尋找可替代之可再生能源；就氣候而言，台灣日照時數遠比弗萊堡的一千八百小時平均多出四百小時，非常適合發展太陽能；最後，就科技而言，台灣的科技產業也相當進步，在太陽能技術上非常具有優勢。

以目前太陽能發展情勢，台灣必須要改變太陽能推廣的環境與方向，除了利用獎勵補助政策工具來吸引民眾外，更需要長期且明確的政策做配合。

1. 必須優先發展可再生能源，逐漸捨棄傳統能源，創造無核家園。
2. 在能源轉型的過程中，為國家設定目標，將產業結構更新，逐步提升能源自給率。
3. 提出適當的規劃與立法，設定一套躉購廢率機制與優惠、補助措施，所民眾有所受益。
4. 建立強大的研究團隊、專業的太陽能科系以及與相關技術進行技術合作，吸引太陽能研究單位或太陽能產業進駐，打造台灣的太陽能產業落，並創造商機與就業機會。

更重要的是，政府的政策必須得到民眾的支持與鼓勵。所有的政策如果不能得到民眾的支持，是無法持之以恆、永續發展的。根據弗萊堡的經驗來看，其並非一蹴可及，而是在這幾十年當中，政府的政策不斷的得到居民的支持。因此，民眾的支持程度將會決定未來發展可再生能源產業之走向。筆者期許民眾不只是只有環保意識，而是大力支持、推廣與應用可再生能源所產生之電力。

當前，政府應改變發展策略，將政策的明確性做出來，政府的目標是什麼，應該要大力宣導使人民了解到政府的野心，再來談如何提升太陽能安裝率與提升能源自給率。台灣能源不足，必須仰賴國外進口，能源轉型是台灣迫切的選擇，能源轉型與產業轉型都是必要的。政府必須明確選擇以何種方式發展重點產業，如何優先發展太陽能以及制定完善的政策誘導工具。

政府可先與德國進行研究與技術合作，再進一步吸引各國的太陽能研究機構與產業進駐，逐步打造台灣的太陽能產業聚落。接著，教育民眾如何從自身做起，人人都是綠色環保小尖兵，社區更可以自己的方式，規劃出不同的太陽能發展方式，以達到人人皆可享受到綠色能源並且受益。「規劃與立法、創新與示範」，是發展可再生能源重要的觀念，期望政府未來能夠成功創造出高質量的政策、高經

濟的產業以及高素質的國民教育，而筆者所提出之相關建議，也以期許能成為政府未來參考之依據。



參考文獻

中文

(一) 官方文件

李一能，2010年6月22日。〈從德國弗萊堡案例環保產業40年打造“綠色太陽能之都”〉，《中國2010年上海世博會官方網站》，
<<http://www.expo2010.cn/a/20100622/000040.htm>>。

(二) 專書

何建坤，2004年。《國外可再生能源法律編譯》。北京：人民法院出版社。

葉志誠，2000年。《社會科學概論》，台北市：揚智文化。

(三) 期刊論文

中國新能源網，2011年。〈德國：堅定邁向可再生能源之路〉，《現代物業》，第10卷第4期。26-27頁。

王京明。〈美伊戰爭對我國能源供需的影響〉，《國際經濟情勢週報》，第1480期。頁1-15。

王乾坤、周原冰、宋衛東、方形，2010年3月。〈德國再生能源發電政策法規體系及其啟示〉，《能源法律研究》，第22卷第3期。頁50-67。

王楠、王越，2009年。〈管窺德國可再生能源政策〉，《中國石油企業》，第10期。頁36-37。

李升，2011年2月。〈德國退出核能利用的法律框架〉，《華北電立大學學報》（社會科學版），第1期。頁46-49。

沈百鑫，2011年。〈退出核能，進入可更新的能源時代—德國能源轉型之法律應對〉，《綠葉》，10期。頁75-85。

岳勳、魯裕申，2012年。〈政策法制與能源產業推動之探討—以德國再生能源法為中心〉，《武漢大學學報（工商版）》，第45卷第6期。頁684-691。

洪桂彬、詹益亮，2005年。〈各國能源安全儲量概況〉，《瓦斯季刊》，73期。頁1-16，

<[http://www.rocga.org.tw/webftp/index.php?action=download&dir=%BE%FA%A6~%A5%CB%B4%B5%A9u%A5Z%2F94%A6~%2F73%B4%C12005%](http://www.rocga.org.tw/webftp/index.php?action=download&dir=%BE%FA%A6~%A5%CB%B4%B5%A9u%A5Z%2F94%A6~%2F73%B4%C12005%>)>

孫寧鴻，2012年3月。〈德國實現能源轉型的措施與挑戰〉，《中國能源》，第3卷第4期。頁11-14。

- 徐仁全，2007年5月。〈像太陽巨人取經－弗萊堡的成就 20萬鎮民做綠能巨人，太陽光電城再生能源希望〉，《遠見雜誌》，第251期。頁100-123，浙江省能源局調研組，2011年。〈德國、丹麥、英國可再生能源發展對浙江的啟示〉，《浙江經濟》，第5期。頁36-38。
- 敖軍，2010年。〈走進德國最綠小鎮－弗萊堡瓦邦社區〉，《金融博覽》，第1期。頁35。
- 陳海嵩，2009年。〈德國能源問題即能源政策探析〉，《德國研究》，第1期第24卷。9-16頁。
- 溫婧，2011年。〈德國可再生能源發展政策環境、主要成就及其啟示〉，《新能源產業》，第11期。頁4-8。
- 黃秉鈞，2008年2月。〈台灣如何利用太陽能發電〉，《科學人》，第72期，
<<http://sa.ylib.com/MagCont.aspx?Unit=featurearticles&id=1146>>。
- 慎先進、王海琴，〈德國可再生能源法及其借鏡意義〉，《經濟研究導刊》，第35期，2012年，頁154，<<http://lib.cnki.net/cjfd/JJYD201235068.html>>。
- 楊卓翰，〈綠色德國奇蹟〉，《今周刊》，2012年6月11日，頁102-120。
- 楊建寧，2008年7月。〈科技發展政策報導〉，《德國能源政策及減碳措施之借鏡－簡介整合能源及氣候計畫》，第4期，頁1-14，
<[http://thinktank.stpi.narl.org.tw/Chinese/Science_Report/2008/\(SR9707003\)%E5%BE%B7%E5%9C%8B%E8%83%BD%E6%BA%90%E6%94%BF%E7%AD%96%E5%8F%8A%E6%B8%9B%E7%A2%B3%E6%8E%AA%E6%96%BD%E4%B9%8B%E5%80%9F%E9%8F%A1.pdf.pdf](http://thinktank.stpi.narl.org.tw/Chinese/Science_Report/2008/(SR9707003)%E5%BE%B7%E5%9C%8B%E8%83%BD%E6%BA%90%E6%94%BF%E7%AD%96%E5%8F%8A%E6%B8%9B%E7%A2%B3%E6%8E%AA%E6%96%BD%E4%B9%8B%E5%80%9F%E9%8F%A1.pdf.pdf)>。
- 劉明德、徐玉珍，2012年9月。〈臺灣亟需有遠見的再生能源政策與做法－德國經驗的啟示〉，《公共行政學報》，第43期，頁127-150，
<<http://www.airitilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?DocID=15618080-201209-201212050023-201212050023-127-150>>。
- 德國聯邦經濟和技術部公共關係處，2012年1月。〈能源轉型〉，第1期，頁1-12，
<<http://www.china.diplo.de/Vertretung/china/zh/06-euk/0-hbs.html>>。
- 蔡岳勳、魯裕申，2012年。〈政策法制與能源產業推動之探討－以德國再生能源法為中心〉，《武漢大學學報（工商版）》，第45卷第6期。頁684-691。
- 鄭春榮，2011年。〈德國政府棄核、延核、在棄和評述〉，《德國研究》，第2期。頁1。
- 戴啟秀，2011年。〈日本核危機對德國政治格局和能源供應方式的影響〉，《德國研究》，第2期第26卷。頁4-10。
- 聯邦法律公報，2004年7月21日。《關於重新調整電力領域可再生能源法的法律》，頁1-17，
<<http://wenku.baidu.com/view/b0541e2ded630b1c59eeb5ba.html>>。
- 羅濤，2010年。〈德國新能源和可再生能源立法模式及其對我國的啟示〉，《中外能源》，第1期第15卷。頁34-45。

(四) 學位論文

- 劉仕敏，2005 年。〈大眾文藝〉，《德國綠黨刮起的環保旋風》，第 15 期。頁 27。
劉佩恆，2011 年。《德國推行可再生能源政策與產業發展之研究》，(台北：淡江大學歐洲研究所)。1-170 頁。

(五) 網際網路

- 馮興元，2013 年 10 月 12 日。〈什麼是最好的產業政策〉，《南京審計院公共政策研究與分析中心》，<<http://ggzc.nau.edu.cn/s/51/t/35/21/3f/info8511.htm>>。
- 弗萊堡德中友協。〈弗萊堡太陽能經濟特區〉，《弗萊堡德中友協》，<http://www.cffr.de/ceditor/index.php?id=A-6-F-cn.c1120.cXa&s=29615;20445;25919;31574;24343;33713;22561;22826;38451;33021;32463;27982;29305;21306;_65288;solarregion_freiburg65289;>。
- 李鴻典，2011 年 11 月 30 日。〈抗議核廢料輸入 德國千人臥軌占鐵路爆衝突〉，《今日新聞》，<<http://www.nownews.com/n/2011/11/30/454102>>。
- 梁天瑞，2013 年 6 月 20 日。〈先開德國廢核真相〉，《國家政策研究基金會》，<<http://www.npf.org.tw/post/2/12387>>。
- 高雄市政府環境保護局，2013 年 7 月 5 日。〈開發多元能源 全天候太陽能發電廠〉，<<http://ghg.ksepb.gov.tw/newsshows.asp?myid=680>>。
- 賈璐婧，2010 年 8 月 19 日。〈德國福來堡太陽能研究應用領先世界水平〉，《中國經濟網》，<http://intl.ce.cn/specials/zxgjzh/201008/19/t20100819_21736779.shtml>。
- 國煤炭運銷門戶，2011 年 8 月 28 日。〈德國煤炭行業補貼政策回顧〉，《國際政策》，<<http://www.zgmyxmh.com/news/12564914.html>>。
- 卡特琳·瑪台依，2003 年 10 月 17 日。〈第一次石油危機三十周年祭〉，《德國之音》，<http://www.dw.de/%E7%AC%AC%E4%B8%80%E6%AC%A1%E7%9F%B3%E6%B2%B9%E5%8D%B1%E6%9C%BA%E4%B8%89%E5%8D%81%E5%91%A8%E5%B9%B4%E7%A5%AD/a-1000635_102/11/10>。
- 侯雋，2013 年 7 月 13 日。〈補貼縮減石化能源回歸 德國新能源風光不在〉，《中國網》，<<http://big5.china.com.cn/gate/big5/finance.china.com.cn/industry/energy/xnyhb/20130716/1641501.shtml>>。
- 行政院經濟建設委員會，91 年 11 月。〈再生能源與其相關產業之發展策略研究〉，《台灣二十一世紀議程協會》，第 PG 91060627 號。頁 2-11，<<http://www.google.com.tw/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=3&cad=rja&ved=0CDoQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.ndc.gov.tw%2Fdn.aspx%3Fuid%3D4437&ei=qFULU6jeOY2flQX644HQCg&usg=AFQjC>>。

NE_rb8p9TzwkQPewoMI0wg1goTE1Q&sig2=GCXFULRmbKpViRQ9E2dwx
A&bvm=bv.61725948,d.dGI>。

經濟部能源局，2009年8月。〈我國將打造一低碳示範社區〉，《能源報導》，
<<http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=200908&Page=1>>。

經濟部國際貿易局，2007年7月26日。〈德國核電廠事故後續報導〉，《經濟部國際貿易局經貿資訊網》，
<<http://ekm92.trade.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeID=47&pid=287641>>。

謝文瑄，2014年4月9日。〈公有房舍屋頂設太陽能發電 打造綠能校園、市場〉，《中國時報》，<<https://tw.news.yahoo.com/公有房舍屋頂設太陽能發電-打造綠能校園-市場-220058754.htm>>。

陳立中。〈德國的太陽能名城－弗萊堡，以及郵局應用太陽能的實況〉，《臺灣石油工會》，<<http://www.tpwu.org.tw/periodical/392/1701.htm>>。

陳文樹，2009年3月。〈德國使用太陽能最著名的市鎮〉，《台電月刊》，頁32-33，
<http://info.taipower.com.tw/TaipowerWeb/upload/files/29/TP555_p30-33.pdf>。

中華人民共和國駐德意志聯邦共和國大使館經濟商務參贊處，2011年4月6日。〈經濟概況〉，《德國概況》，
<<http://de.mofcom.gov.cn/article/ddgk/zwjingji/201104/20110407485042.shtml>>。

戎昌海，2004年7月22日。〈德國石油儲備的多元特色〉，《新華網》，
<http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/news.xinhuanet.com/world/2004-07/22/content_1626435.htm>。

曹石業、王乾乾。〈德國《能源戰略 2050》要點及對我國可再生能源發展的啟示〉。頁19-22。

楊曉莉，2005年4月27日。〈德國能源政策和石油戰略儲備機制〉，《中國工業可持續發展網》，
<<http://edu.drcnet.com.cn/eDRCnet.common.web/DocSummary.aspx?SearchRecordID=6277134&DocID=338944&leafid=64&chnid=23&querystring=%u5fb7%u56fd+%u6218%u7565&searchquerystring=%u5fb7%u56fd+%u6218%u7565&SearchItem=subject>>。

英文

(一) 官方文件

Agora Energiewende, 2013. *12 Insights on Germany's Energiewende*.

BMU, 2004/7/21. "Act Revising The Legislation On Renewable Energy Sources In The Electricity Sector Of 21 July 2004," <http://www.wind-works.org/cms/fileadmin/user_upload/Files/Models/EG-New-English-final.pdf>.

BMU, 2012/1/1. *Act on granting priority to renewable energy sources*, p1-88, <http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/english/pdf/application/pdf/eeg_2012_en_bf.pdf>.

City of the Freiburg Environment Protection Agency, 2007. "SolarRegion Freiburg," p. 2-4, <<http://www.kayamut.org.il/sites/default/files/FlyerFreiburg.pdf>>.

European Commission, 2010. "Europe 2020," <http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index_en.htm>.

European Renewable Energy Council, *Renewable Electricity*, <<http://www.erec.org/policy/sectoral-policy/electricity.html>>.

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, *The main features of the Act on granting priority to renewable energy sources*, <http://www.pvupscale.org/IMG/pdf/D4_2_DE_annex_A-1_eeg_main_features_en.pdf>.

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, "How the Ministry Works," <<http://www.bmu.de/en/bmu/tasks/>>.

Federal Ministry of Economics and Technology, 2012. "Germany's new energy policy," pp. 4-10, <<http://www.bmwi.de/English/Redaktion/Pdf/germanys-new-energy-policy,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=en,rwb=true.pdf>>.

Freiburg Wirtschaft Touristik und Messe GmbH and Co. KG, 2010. "Green City Freiburg," p. 4, <http://www.greencity.freiburg.de/servlet/PB/show/1199617_12/GreenCity.pdf>.

German National Petroleum Stocking Agency, "Logistics and Stocks," <<http://www.ebv-oil.org/cmse/cms2.asp?sid=60&nid=&cof=60>>.

International Energy Agency, "Closing Oil stocks Levels in Days of Net Imports," <http://www.iea.org/explanationstocks.asp?country_name=Germany>.

International Energy Agency, "Oil stocks," <<http://www.iea.org/topics/oil/oilstocks/>>.

International Energy Agency, "What we do," <<http://www.iea.org/aboutus/whatwedo/>>.

International Energy Agency, January 2014. "Energy Policies of IEA Countries

- Germany 2013 Review,” <<http://www.iea.org/W/bookshop/add.aspx?id=448>>.
- IPCC Working Group I, 2013. “Climate Change 2013: The Physical Science Basis,” pp. 1-36, <<http://www.climatechange2013.org/report/>>.
- REN21, 2013. *RENEWABLE 2013 GLOBAL STATUS REPORT*, pp. 1-178, <http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2013/GSR2013_lo wres.pdf>.
- State Freiburg im Breisgau, 2011. “Environment Policy in Freiburg,” pp. 26-48, <http://www.freiburg.de/pb/site/Freiburg/get/340683/Umweltpolitik_engl.pdf>.
- The Federal Government, 2011/5/15. “Federal and state government to review nuclear power plants,” <http://www.bundeskanzlerin.de/ContentArchiv/EN/Archiv17/Artikel/_2011/03/2011-03-16-bund-1>.
- UN, 1977/12/8. *General Assembly*, A/RES/32/50, <<http://www.un-documents.net/a32r50.htm>>.
- UNEP Collaborating Centre Frankfurt School of Finance & Management, 2014. “*GLOBAL TRENDS IN RENEWABLE ENERGY INVESTMENT*,” <http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/attachments/14008nef_visual_12_key_findings.pdf>.

(二) 專書

- Federal Ministry of Economics and Labour Communication and Internet Division/LP4, 2005. *Innovation and New Energy Technologies*. Berlin: Federal Ministry of Economics and Labour Communication and Internet Division.

(三) 網路專書

- Bernd Eusemann, Freiburg. Breisgau. Umweltschutzamt, 2000. *Freiburg Solar Energy Guide*. Freiburg im Breisgau: City of Freiburg im Breisgau, Environmental Protection Agency, <<http://books.google.com.tw/books?id=MngGPwAACAAJ&dq=Freiburg+Solar+Energy+Guide&hl=zh-TW&sa=X&ei=ituiU9HyCI7c8AWTqoDQAQ&ved=0CBwQ6AEwAA>>.
- Bruns, E., Ohiborst, D., Wenzel, B., Koppel, J., 2011. *Renewable Energies in Germany's Electricity Market A Biography of the Innovation Process*, Berlin: Universitätsverlag der TU, <<http://books.google.com.tw/books?id=ZY0OwfdYsvQC&printsec=frontcover&dq=Renewable+Energies+in+Germany's+Electricity+Market+A+Biography+of+the+Innovation+Process&hl=zh-TW&sa=X&ei=j9miU8njEYvQkAWFhYCABQ&ved=0CBwQ6AEwAA#v=onepage&q=Renewable%20Energies%20in%20Germany's%20Electricity%20Market%20A%20Biography%20of%20the%20Innovation%20Process&f=false>>.
- Tobias Henze, 2012. *Nuclear power in Germany - History and future prospects* Munich: GRIN Publishing GmbH,

<<http://www.grin.com/en/e-book/208945/nuclear-power-in-germany-history-and-future-prospects>>.

(四) 網際網路

Business Preview, 2012/8/17,

<<http://fossilfuel.energy-business-review.com/news/rwe-commissions-2200mw-coal-fired-plant-in-germany-170812>>.

DW staff, 2007/1/31. "The Rise and Fall of Germany's Coal Mining Industry," *DW DE*,

<<http://www.dw.de/the-rise-and-fall-of-germanys-coal-mining-industry/a-2331545>>.

DW staff, 2009/10/9. "Nuclear power in Germany: a chronology," *DW DE*,

<<http://www.dw.de/nuclear-power-in-germany-a-chronology/a-2306337-1>>.

DW staff, 2011/5/30. "German nuclear energy history: a timeline," *DW DE*,

<<http://www.dw.de/german-nuclear-energy-history-a-timeline/a-15117199-1>>.

E. ON SE, "Brokdorf nuclear power plant,"

<<http://www.eon.com/en/about-us/structure/asset-finder/brokdorf.html>>.

Mareike Aden and Pripyat, 2011/4/25. "The legacy of Chernobyl continues to shape victims' lives," *DW DE*,

<<http://www.dw.de/the-legacy-of-chernobyl-continues-to-shape-victims-lives/a-15028249>>.

Nea, 2002. *Nuclear Law Bulletin: Supplement to No. 70*. OECD Publication: France, p5,

<http://books.google.com.tw/books?id=xt7_fKN2nAAC&pg=PA5&dq=Atomic+Energy+Act+german&hl=zh-TW&sa=X&ei=I7vKUorHBcyErAfumICwAw&ved=0CDAQ6AEwAA#v=onepage&q=Atomic%20Energy%20Act%20german&f=false>.

Russia, 2009/7/7. "The World's First Nuclear Power Plant," *English Russia*,

<<http://englishrussia.com/2009/07/07/the-worlds-first-nuclear-power-plant/>>.

Stephen Evans, 2011/5/30. "Germany: Nuclear power plants to close by 2022," *BBC New*, <<http://www.bbc.co.uk/news/world-europe-13592208>>.

TES, 2010/12/23. "Contains for Radioactive Material,"

<http://www.tes.bam.de/en/umschliessungen/behaelter_radioaktive_stoffe/behaelterpruefungen/index.htm>.

Three Mile Island, "What Went Wrong?"

<http://www.threemileisland.org/science/what_went_wrong/>.

Weather-forecast. "Freiburg, Germany Location Guide,"

<<http://www.weather-forecast.com/locations/Freiburg>>.

William Sweet, 1989/10/10. "GERMANY CANCELS WACKERSDORF, HTGR REACTOR PROJECT," *Physics Today*, Vol. 42, p117,

<<http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=78a114ae-37c7-4370-b871-eb0cc21d6dc6%40sessionmgr4004&vid=2&hid=4101>>.

World Nuclear Association, updated 2013/11 "Nuclear Power in Germany,"

<<http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-G-N/Germany/>>.

World Group III, 2014/4/12. "Climate Change 2014: Mitigation of climate change,"<<http://mitigation2014.org/>>.

