

南華大學社會科學院國際事務與企業學系歐洲研究碩士班

碩士論文

Master Program in European Studies

Department of International Affairs and Business

College of Social Sciences

Nanhua University

Master Thesis

德國能源轉型與廢核政策之分析(2005-2022)

The Analysis of Energy Transition and Nuclear Abolishment
Policy in Germany (2005-2022)

鄭國彬

Kuo-Pin Cheng

指導教授：彭安麗 博士

Advisor: An-Li Peng, Ph.D.

中華民國 112 年 1 月

January 2023

南華大學

國際事務與企業學系歐洲研究碩士班

碩士學位論文

德國能源轉型與廢核政策之分析(2005~2022)
The Analysis of Energy Transition and Nuclear Abolishment
Policy in Germany(2005~2022)

研究生：鄭國彬

經考試合格特此證明

口試委員：劉華宗

陳希宜

彭文麗

指導教授：彭文麗

系主任(所長)：詹心怡

口試日期：中華民國112年01月03日

摘要

日本福島核災後德國核能政策急速翻轉，梅克爾決定 2022 年全面廢核，並由再生能源取代。本文就德國在梅克爾及蕭茲執政時期能源決策發展歷程加以探討，尤其是蕭茲面臨俄烏戰爭後，俄羅斯以能源作為武器威脅歐洲甚至全世界，蕭茲能否帶領歐洲對抗俄羅斯度過 2023 年，值得觀察研究。其次就德國風能及太陽能發展歷程決策說明，然後就廢核後產生的電費高漲影響及鉅額賠償，德國如何因應加以探討，最後德國政府決定廢除核能，卻適逢能源大國俄羅斯的斷氣威脅，能否挺得過完成廢核目標，值得繼續觀察。

關鍵字：德國廢核、德國再生能源、德國太陽能、德國風能



The Analysis of Energy Transition and Nuclear Abolishment

Policy in Germany(2005-2022)

Abstract

After the Fukushima nuclear disaster in Japan, Germany's nuclear energy policy was reversed rapidly. Merkel decided to completely abolish nuclear energy in 2022 and replace it with renewable energy. This article discusses the development process of Germany's energy decision-making during Merkel and Scholz's administration, especially after Scholz faced the Russia-Ukraine War, Russia used energy as a weapon to threaten Europe and even the whole world.

Can Scholz lead Europe against Russia? After the cold winter of 2022, it is worth observing and studying. Secondly, the decision-making process of the development of wind energy and solar energy in Germany is explained, and how Germany responds to the impact of high electricity costs and huge compensation after nuclear dismantling is discussed. The German government decided to abolish nuclear energy, but it coincided with the threat of cut-off energy from Russia, a major supplier energy country. Whether it can survive this cold winter is worth continuing to be observe.

Keyword: German nuclear abolishment, German renewable energy, German solar energy, German wind energy

目錄

摘要.....	i
Abstract.....	ii
目錄.....	iii
表目錄.....	iv
圖目錄.....	v
第一章 緒論	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 文獻回顧.....	7
第三節 研究方法與架構.....	10
第四節 章節安排與研究限制.....	12
第二章 德國能源政策發展沿革(2005-2022).....	13
第一節 梅克爾執政時期能源發展.....	13
第二節 蕭茲時期能源政策(2021-2022).....	34
第三章 德國能源轉型.....	41
第一節 加速推動再生能源.....	41
第二節 風力發電與太陽能政策發展.....	44
第三節 能源轉型三大挑戰.....	59
第四章 廢核挑戰.....	63
第一節 電價高漲.....	63
第二節 鉅額賠償.....	65
第三節 俄烏戰爭影響廢核時程.....	66
第五章 結論與建議.....	67
第一節 結論.....	67
第二節 建議.....	69
參考文獻.....	72

表目錄

表 2- 1 德國 2050 氣候行動計畫各部門排放目標	16
表 2- 2 (EEG 2017)各類再生能源的目標	21
表 2-3 (EEG 2023)配合相關修法.....	36
表 2- 4 (EEG 2021)與(EEG 2023)比較.....	37
表 2- 5 (EEG 2023)各類再生能源的目標	38



圖目錄

圖 1 研究架構圖..... 11



第一章 緒論

第一節 研究背景與動機

德國因廢除核能政策影響，核電占比有逐年減少趨勢，並且由再生能源取代(主要為風力、太陽能)，另外受俄烏戰爭影響，俄羅斯拿天然氣當武器，導致德國需到處尋買天然氣，也因天然氣價格高漲，造成能源危機。近期歐洲各國為了應對能源危機，紛紛搶進再生能源投資，這也使再生能源需求上升，而煤炭需求下降，顯示再生能源較傳統能源更具投資價值，由於再生能源的市佔率正在不斷上升之中，加上新冠疫情造成化石燃料下跌，連帶導致了油價下跌以及供需失衡，各國政府在振興經濟的同時，也帶動了一波再生能源發展。

德國經濟因受到能源危機打擊，據國際貨幣基金組織估計，危機將持續到 2022 冬天，這個冬天會很艱難，但 2023 年的冬天可能會更艱難。能源危機不會很快消失，能源價格將長期居高不下，通貨膨脹率高於幾十年來的最高水平。

一、有風險為何還要發展核能？

車諾比核災是德國反核運動一個重要的起點，日本福島核災更是核能政策翻轉關鍵。公民的力量和安全的疑慮，乃促使德國核能政策轉彎，2000 年代初期就已經決定要逐步淘汰核電，但是在 2010 年秋天，聯邦政府改變主意，修訂<原子能法>，將境內核能電廠平均服役 32 年並退役的規定，拉長役期變更為再延長 12 年。¹後來 2011 年日本福島核災發生，死傷慘重，過去核災的教訓歷歷在目，民眾心中不安大規模的反核示威，再次引發德國總理梅克爾(Angela merkel)核能政策大翻轉，徹底改變了原本的核能政策全面廢核，2011 年梅克爾受日本福島核災影響，公告全國 17 座核電廠中的其中七座(1980 年以前開始運

¹ 房思宏，〈德國廢核的真相與迷思（上）〉，環境資源中心，2012 年 07 月 12 日。https://e-info.org.tw/node/78443。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

轉)，以及發生意外前停止運轉的一座共八座，暫時停止運轉。爾後廢核計畫從 2036 年提前到 2022 年，德國的廢核決心實在令人佩服。²

在整個核能發電過程中，包括開採、提煉、濃縮、發電，以及燃料棒後續處理，都會產生不同的輻射污染。因此即便國際組織稱之為「低碳能源」或「潔淨能源」，但以風險控制層面而言，核燃料循環的整個過程都會製造對環境與人體具有危害的核廢料，其對人類文明的威脅可能不亞於過量的溫室氣體。³

1950 年代開始，歷史上已發生三次重大的核事故，首先是美國三哩島核事故，第二為蘇聯車諾比核災，最後亦是最嚴重的日本福島核災，以上這些實例證實，核電是一種高風險技術，即使人們致力於最高安全標準，任何安全級別都不能絕對保證免受自然災害和事故的影響，對人們造成的後果是災難性的，並在不確定的時期內給受災地區造成負擔，而且使用核能累積的核廢料給子孫後代帶來了嚴重的負擔。

日本福島核災對世界產生了巨大的經濟和政治影響，導致許多國家重新考慮其核能政策和計劃，這是不可爭事實。德國就是一個典型的例子，梅克爾原本支持核能延役的政策，一夕之間改為 2022 全面廢核，真是震撼。德國在 1998-2005 年的組成紅綠執政聯盟，於 2000 年就決定逐步淘汰德國的核電，且停止所有核電目標日期定在 2021 年。⁴哪知一切都被福島核災亂了章法，真是人算不如天算。日本福島核災或許在經濟和金融上重創日本，但卻刺激了德國和其他國家更積極地追求再生能源綠色經濟。⁵

² 劉書彬，〈德國梅克爾政府(2005-2013)的能源轉型經濟〉 台灣大學風險與社會政策研究中心，2015 年 3 月 24 日。https://rsprc.ntu.edu.tw/zh-tw/m01-3/research-archive.html?start。檢索日期: 2021 年 8 月 11 日。

³ 綠色和平氣候與能源專案小組，〈核能是什麼？核能發電的原理？〉，2021 年 4 月 26 日。https://www.greenpeace.org/taiwan/update/23935。檢索日期: 2021 年 10 月 10 日。

⁴ 房思宏，〈德國廢核的真相與迷思（上）〉，環境資源中心，2012 年 07 月 12 日。https://e-info.org.tw/node/78443。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

⁵ 〈車諾比核電廠事件與三哩島核電廠事故〉，《科學月刊》，2011 年第 495 期，頁 172-173。https://pansci.asia/archives/182。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

既然核能有著極度不穩定性的風險，為了要遠離風險自然理應全面廢核，以再生能源取代核能，不過德國廢核並非立即性，而是漸進式廢除，梅克爾任內一度要延長核能服役年限，若不是日本福島核災震撼，恐怕現在德國核能還在服役中。

就能源安全而言，核能雖然稱之為乾淨能源，但核能之極度不安全性，對人類文明的威脅可能不亞於過量的溫室氣體，但是為什麼世界各國仍然維持並發展核能呢？這是筆者研究動機之一。

二、廢核面臨挑戰

不過再生能源受氣候影響，其不穩定性，似乎無法完全取代化石燃料及核能，電價偏高、風力太陽能發電等替代能源不穩定、廢核後鉅額賠償等代價，會不會讓德國打退堂鼓，退回繼續使用核能、化石燃料的能源政策呢？自2020年以來，COVID-19疫情無預警地衝擊了全球政治、經濟等各面的發展，COVID-19大流行期間，燃料和電力需求大幅下降，能源投資也空前下降。在新冠疫情解封後，各國急須振興經濟時，會不會犧牲了再生能源投資，重啟核能呢？

德國電價高於其他歐洲國家，原因在於政府徵收能源稅，以及附加費等費用，德國的「能源轉型」，目前卻碰到最大的障礙應該是如何防止電費繼續上漲、如何維持穩定的再生能源電力供需系統，蕭茲總理（Olaf Scholz）已將僅從三座核電廠延役至2023年4月，4月後能否謹守承諾全面廢核？這亦是筆者研究動機之一。⁶

近期有一個值得注意的民調，調查發現，22%的參與者希望看到核能在發電中與再生能源受到相當重視，希望兩者同時兼顧，而31%的參與者表示德國仍應使用部分核能，但應提高再生能源佔比。28%的受訪者堅決反對核能，另有12%的受訪者沒有明確的意見。⁷這份民調告訴我們，酷寒冬天現實生活

⁶ <德國能源營運商：核電廠不可能再度延役、廢核已無回頭路>，經濟部國際貿易局，2022年12月17日。https://www.gov.tw/News5_Content.aspx?n=11&s=649685。檢索日期：2022年12月25日。

⁷ 江飛羽，<德國最新民意：多數人支持核電延役 反核只剩15%>，《中時新聞網》，2022年8

的殘酷恐淹沒了廢核非核家園理想。另外結果也顯示長期推動反核的綠黨，卻只 31% 綠黨選民支持 2022 年底核電廠如期關閉，另有高達 61% 的綠黨(Grüne Partei)選民，主張既有核電廠應延長營運數個月，以因應冬季可能面臨天然氣短缺的能源挑戰。這份民調顯示，即便常年反核的環保政黨「綠黨」也需向現實低頭，因為酷寒冬天，已經嚴重影響生存。也難怪有學者稱之為「能源危機」，依筆者看來像是德國的「生存危機」。因為能源危機導致的成本上升開始對德國家庭和企業造成影響，儘管在短期內努力延長燃煤電廠的運營，以幫助德國在面對能源危機時確保其電力供應。德國正在其北海和波羅的海沿岸建設基礎設施，以創紀錄的速度接收液化天然氣 (LNG)，但供應來源仍存在不確定性。因為能源價格上漲會抑制工業生產，而通貨膨脹意味著公民會減少購買，這場危機正日益演變成一場經濟和社會危機。為了減輕消費者的經濟負擔，德國將天然氣的增值稅 (VAT) 稅率暫時從 19% 降至 7%。減少增值稅是由政府聯合黨與保守派共同提議的，減稅將持續到 2024 年春季。⁸

為因應俄羅斯斷氣及節省天然氣用量預防冬季能源短缺，德國政府 2022 年七月份已經批准重新啟動或延長運營已列為淘汰目標的十多座煤電廠，顯然採取以煤電補充天然氣不足措施，以應對俄烏戰爭所帶來的能源短缺危機。

三、德、法核能政策差異

法國啟動大型核能計劃的決定可以追溯到 1973 年，當時稱之為石油危機的中東事件，當時法國的大部分電力都來自石油，法國擁有自然能源資源很少，既沒有石油，也沒有天然氣，煤炭資源也很貧乏。決策者看到了法國實現能源獨立的一條途徑就是核能，這是一種非常有效的能源，幾磅的鈾就足供應一個大城市運轉一年所需的全部燃料，怎能不讓人心動。所以接下來的 15 年裡，法國引進了 56 個核子反應爐，以滿足其能源需求，並向其他歐洲國家輸

月 8 日。 <https://www.chinatimes.com/realtimenews/20220808005173-260408?> 檢索日期:2022 年 10 月 25 日。

⁸ 馬丁·阿諾德，〈德國下調天然氣增值稅以緩解價格衝擊〉，《FT 中文網》，2022 年 8 月 19 日。 <https://big5.ftchinese.com/story/001097024?full=y&archive>。檢索日期: 2022 年 10 月 9 日。

送剩餘電力。由於核能發電使法國是成為世界上最大的電力淨出口國，每年從中獲得超過 30 億歐元的收益。⁹

許多人以為德國選擇汰除核能，與日本福島災難有關，甚至常常被批評倉促行事。儘管如此，德國對核能利用的爭論已經有一段時間了，只是日本核災後在廢核漫長道路上邁出一大步，且是巨大的一步。德國的核能計劃始於 50 年代末，第一批核電廠於 1960 年代建成，啟用後短短幾年，反對核能發展的抗議活動就出現了。大約在 1975 年和 1987 年，德國工廠發生了一些小意外，其中一些事故污染了附近地區、輻射排放和對植物的傷害。此外，儘管當時許多人甚至在這些事故發生之前就擔心核能電廠的安全，1986 年蘇聯車諾比核電廠爆炸嚴重加劇了人們對核能的恐懼。¹⁰

由於反對核能發展的強烈阻力，德國的核能體系搖擺不定多年。兩個核反應爐於 1991 年建成，但卻未能保持開放使用狀態。1980 年，德國組成委員會開始討論核能轉變的想法。從一開始就反對核能利用的綠黨大約在同一時間突然出現，並立即在德國政府問題中佔據了一席之地。該組織於 1983 年首次贏得委員會席次，並於 1998 年與施洛德一起合作，宣傳德國將擺脫核能，轉向投資再生能源。不諱言，法國總統馬克宏（Emmanuel Macron）曾表示，法國將在 2035 年之前將漸進式停止運轉 14 座核電廠，且會維持降低核能發電比例到 50% 的目標。法國要在 2022 年之前關閉所有燃煤電廠。法國原定 2025 年要達成的目標，因各種現實考量，延後十年到 2035，決定把核電占比從七成減少到五成，再生能源到 2030 年，要提高到 40%。¹¹

德國總理梅克爾，2005 年上任時就以「氣候總理」姿態，承襲施洛德 (Schroeder) 廢核腳步，逐步刪減核電為主要施政目標。經由再生能源法修訂及配套措施，逐步實現非核家源目標。2011 年日本福島核能災變後，刪減核電速度

⁹ 曾依璇，〈法國能源政策主軸-減核時程延到 2035 年〉，《中央通訊社》，2018 年 11 月 27 日。
<https://www.cna.com.tw/news/firstnews/201811270322.aspx>。檢索日期:2022 年 10 月 24 日。

¹⁰ 〈車諾比核電廠事件與三哩島核電廠事故〉，《科學月刊》，2011 年 3 月 17 日。
<https://pansci.asia/archives/182>。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

¹¹ 曾依璇，〈法國能源政策主軸-減核時程延到 2035 年〉，《中央通訊社》，2018 年 11 月 27 日。
<https://www.cna.com.tw/news/firstnews/201811270322.aspx> 檢索日期:2022 年 10 月 24 日。

更加快，針對上述動機筆者將探討問題有:1.俄烏戰爭是否會影響德國廢核時程?2.氣候不穩定是否影響再生能源推動?3.對電商鉅額賠償是否影響廢核決心?



第二節 文獻回顧

莊璦慈(2009 年)於《德國梅克爾政府之氣候保護政策》文中，就德國以歐盟會員國身分，參與跨國性氣候治理的多邊協商以及梅克爾對氣候保護行動所採取的策略，除以各項減緩措施和適應措施作為因應氣候變遷的衝擊外，更以再生能源的發展，作為減緩能源污染與鞏固能源安全的目的。另以經濟全球化作為背景論述德國對抗氣候變遷的緣由，探討德國政府對氣候保護的反應與實踐，包含梅克爾政府的國家與國際氣候保護行動，及在野黨綠黨對此議題的政治立場與監督成果。此外，伴隨歐盟區域氣候政策的發展項目，檢視德國參與多邊協商的表現。最後，根據現行政策與措施評估梅克爾對氣候保護的貢獻。¹²

劉明德與徐玉珍(2012 年)於《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，敘述德國的可再生能源發展歷程，其引述 Agora-Energiewende 發行的《12 Insights on Germany's Energiewende》文件，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。¹³

林育立(2017 年)於《歐洲的心臟：德國如何改變自己》，這本書主要分成能源轉型和轉型正義兩部分，特別提到梅克爾從政 20 多年來一路到四任總理，堪稱長壽型總理，她的一生反映了德國的變化。她如何帶領國家走向自信，讓德國從分裂陰影走出來，並對一些價值有所堅持。

德國能源轉型有一點可以自豪，就是擁有自主的能源科技，除了可以自己蓋核電廠外，風力發電廠太陽能裝置，也難不倒。德國反核運動在 2011 年福島核災後，成功讓 2022 年達成「全面非核」（核電退場）。因此許多團體把注意力放在減碳，希望老舊燃煤電廠及煤礦關閉，政府補貼給電力公司，請他們提早關閉 6~8 座舊電廠。¹⁴

¹² 莊璦慈，2009 年，〈德國梅克爾政府之氣候保護政策〉，淡江大學歐洲研究所論文。

¹³ 劉明德、徐玉珍，〈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》，2012 年 9 月。<http://ritilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?> 檢索日期: 2021 年 10 月 10 日。

¹⁴ 林育立，《歐洲的心臟：德國如何改變自己》，台北:衛城出版社，2017 年 12 月，頁 135--149。

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，再生能源對德國來說，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。¹⁵

樹安德(2016年)於《從德國的角度來看臺灣 21 世紀的電力能源安全政策》文中希望可以從德國的做法提供此新思考方式做為台灣參考，其認為，歐洲能源轉變領導者地位的德國，對於臺灣未來的電力能源安全可以提供不少策略與貢獻，指出台灣官方戰略的盲點。判斷路線的優劣以後，作者使用德國戰略的部分做法改善台灣之電力能源安全路線，最終通過至 2050 年的場景分析比較原本計劃與新戰略的發展區別，希望可以提供改善台灣的電力能源安全發展的參考。¹⁶

中國大陸的崛起，在有戰略性的南海地區的軍事設施建設及在初級能源需求上的增長，臺灣為電力系統提供足夠燃料資源的能力格外艱難。另外，基於化石燃料的容量有限，開發中國家的需求增長，能源進口對臺灣經濟的負擔將為愈來愈大。為了避免此現象對於臺灣富裕及生存的威脅，台灣確實需要新的思考，從德國的角度借鏡，來看臺灣電力能源建立有效率的政策規範。¹⁷

三好範英在《德國風險：反思德國浪漫主義的政治實踐》書中提及，2000年6月，在社會民主黨（Sozialdemokratische Partei Deutschlands）與綠黨的聯合下，施洛德政府與電力產業界在廢核政策的基本方針上取得共識。2002年，基於雙方的共識，立法通過不再建設新的核電廠，而已在營運的核電廠，則設定32年的平均運轉期，2022年之前要讓所有核電廠除役。

施洛德是在各個核電廠之間尋求彼此通融剩餘的運轉時間，也就是某一座核電廠的運轉時間可以轉移到另外一座核電廠，這樣核電廠就有可能在預設的

¹⁵ 高宜凡，〈未來的電哪裡來〉，《遠見雜誌》，2013年8月30日，頁204-230。
<https://www.gvm.com.tw/article/18313>。檢索日期：2021年10月9日。

¹⁶ 樹安德，2016年，《從德國的角度來看臺灣 21 世紀的電力能源安全政策》，國立政治大學碩士論文。

¹⁷ 同上註。

2022 年之後還繼續存在。而梅克爾的決定則有本質上的不同，她確定了每一座核電廠關門的時間表。其實早在福島事故之前的 2010 年，就訂定了長期計畫，計畫中提及「延長核電廠運轉」的同時，也設定了自然能源電力的消費比重，預期達到 2020 年之前占 35%，2030 年之前占 50%，2050 年之前占 80%的目標，同時也考慮到全球暖化問題。¹⁸



¹⁸ 三好範英，《德國風險：反思德國浪漫主義的政治實踐》，台北:玉山社，2018 年 03 月。
<https://opinion.udn.com/opinion/story/11664/3043830>，檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

第三節 研究方法與架構

一、研究方法

分析法係指根據一定的研究目的或課題，透過蒐集有關資訊、調查報告、圖書、期刊與學術論文等文獻資料，再以系統、客觀的界定，全面且精準地鑑別和掌握所想要研究的議題現象，並且就上揭資料加以研究歸納、整理分析，以增進對於事實科學有所認識的一種方法。¹⁹「文獻」一詞的原意為典籍，為官方或民間收藏用來記錄群體或個人在政治、經濟、軍事、文化、科學或是宗教等方面活動的文字或其它載體的材料。²⁰

本文採文獻分析法，經由學者著作、論文、期刊、媒體報導，分析梅克爾、蕭茲執政時期，德國能源政策轉型沿革及廢核決策變化。主要目的在於了解德國能源政策在不同人不同政黨執政下政策變化沿革，對此，蒐集內容儘量就梅克爾及蕭茲任期內重要立法資料，經過分析後歸納統整，再分析影響政策的淵源、原因、背景及其所隱含的結構意義等。

有鑑於此，為了對文獻進行有效的檢驗，除了必須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與歐盟的官方文件，藉此達到本論文的可信度與可靠性；而二手資料以中、英文的相關探討專書、期刊及書報進行輔助，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。

¹⁹ 林萬青，2009年，〈遷台後中華民國紅十字會總會領導之研究〉，台灣師範大學政治學研究所碩士論文。

²⁰ 同上註。

二、研究架構

研究架構的部分，從德國全面推動再生能源分析開始，不過受俄烏戰爭影響，導致全球能源價格高漲，德國如何面對能源價格高漲，採取如何應對，尤其俄羅斯以能源作為武器威脅歐洲甚至全世界，德國如何帶領歐洲對抗俄羅斯，這是本文探討的現在式。當然還有氣候不穩定也足以影響風力及太陽能兩大再生能源供應，德國如何在能源發展歷程中克服氣候不穩定，是另一個探討重點。另外還有同樣是歐洲的大經濟體，但德法兩國的核能政策，卻是大不相同。擁核與反核的核能政策，究竟誰對誰錯，很值得我們觀察研究。

德國政府決定廢除核能，並以再生能源替代，卻適逢能源大國俄羅斯的斷氣，加上能源價格高漲、氣候不穩定因素，導致全面廢核時程延至 2023 年。

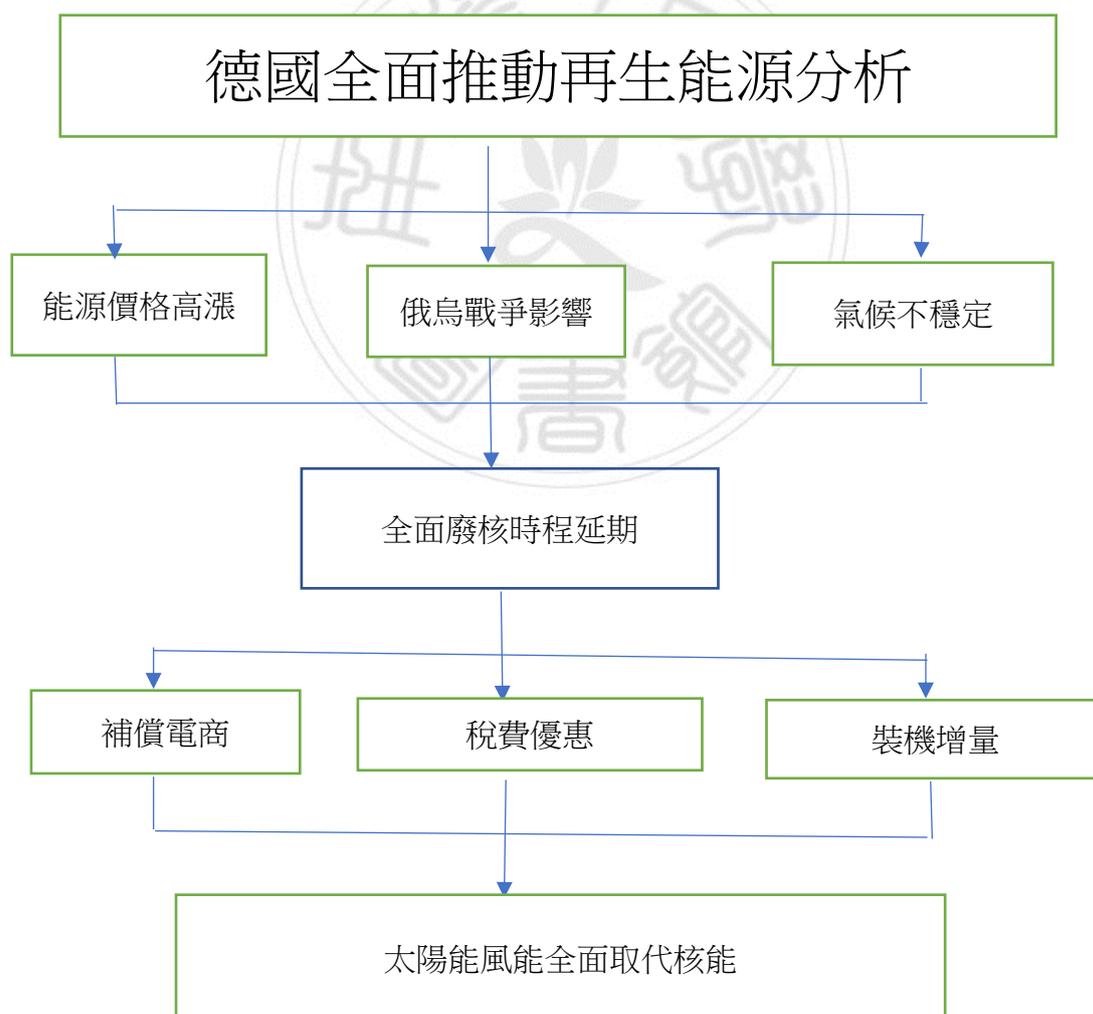


圖 1 研究架構圖

資料來源:筆者自行繪製

第四節 章節安排與研究限制

一、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；第二章為德國能源發展沿革，探討梅克爾執政時期(2005—2021)以及蕭茲執政時期(2021—2022)其能源政策變化；第三章為德國能源轉型，在全面廢核決定下，以太陽能、風能取代核能。第四章則為廢核挑戰，介紹廢核後面臨電價高漲以及鉅額賠償之因應之道。第五章為結論，說明德國如何突破能源危機以及推動再生能源建議。

二、研究限制

論文的研究限制在於無法親臨德國當地考察再生能源發展及廢核進展，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。因此，筆者所引用的參考文獻除了專書《歐洲的心臟-德國如何改變自己》外，大部分是網路上所蒐集好的文獻，為解決與補足本論文在此範圍中的理解力與完整性，筆者也利用期刊報章雜誌輔助配合，藉以達到互補的作用。

第二章 德國能源政策發展沿革(2005-2022)

第一節 梅克爾執政時期能源發展

依據過去的經驗，能源情勢發展影響因素眾多，包括地緣政治（如 1990 年波斯灣戰爭、2015 年俄羅斯切斷烏克蘭冬季天然氣供應、2022 年俄烏戰爭），全球經濟景氣與金融危機如 2008 年次貸危機、2010 年歐債危機，能源開採技術突破如頁岩氣、水平鑽井技術等，皆影響全球之能源供需與價格。每個國家因應能源供需及價格，適度調整國家能源政策在所難免，德國亦不例外。如何早日研擬全面因應對策，包括提高能源多元自主發展、確保能源系統的供應、維持能源價格的穩定及兼顧溫室氣體減量，這是每個國家面臨課題與挑戰。²¹

本文僅就梅克爾(2005-2021)及蕭茲(2021-2022)執政時期一些能源政策變化探討，試圖進一步了解德國能源政策發展脈絡。梅克爾執政初期，依循施洛德氣候政策，致力於再生能源(主要為風力、太陽能及生質能)發展，追求 2008-2012 年期間將其溫室氣體排放量比 1990 的基準年降低 21%，並達到於 2020、2050 年分別達到降低 40% 與 80-95% 的目標。整體而言「能源概念」提出後配合立法(再生能源法 Erneuerbare-Energien-Gesetz)及獎勵措施，逐步達成京都議定書目標，盡了國際社會的義務責任。大致來說，2019 年度德國再生能源占電力總裝置容量 60%，其中以太陽能發電新增量最多；另離岸風力發電增長率達 17~30% 以上，為德國各類再生能源中發展最為迅速的。²²

一、梅克爾執政前期能源政策(2005-2009)

梅克爾從 2005 年執政至 2021 年，總共 16 年。梅克爾執政初期算是蕭規曹隨，早期主要沿襲施洛德能源政策。梅克爾上任兩年後(2007)，德國媒體就開始稱她為「氣候總理」。可見得從她擔任德國環境部長到德國總理，一路來都以實現聯合國氣候目標為志業，有幾項氣候概念氣候行動計畫，都可以看出其對能源及氣候重視。

²¹ <以德國為例，再生能源市場政策的贏家與輸家>，《再生能源資訊網》，2019 年 11 月 4 日，<https://www.re.org.tw/knowledge/more.aspx?>。檢索日期: 2021 年 10 月 12 日。

²² 同上註。

氣候總理梅克爾其實 1994 年開始擔任德國環境部長，從那時起，她已成為再生能源和減排的領導者，在減少全球排放和減緩全球暖化方面，工業化強國德國發揮了帶頭作用。德國能源政策轉向，不諱言的直至 2011 年梅克爾政府以其為能源政策之整體計畫之名來提出，但事實上最早起源於 1998 年的紅綠政府的能源政策主旨，所以已經執行了多年，才有目前德國能源生產整體走勢增加模式。²³

根據京都議定書的規定：德國有義務於 2008-2012 年期間將其溫室氣體排放量比 1990 的基準年降低 21%，並追求於 2020、2050 年分別達到降低 40%與 80-95%的目標。藉由許多努力德國已經於 2008-2012 年達成原定減碳 21%的目標。2005-2012 年再生能源於最終能源使用的電力製造、暖氣熱能供應、生質燃料 (Biogenic motor fuels)消耗上的成長，分別由 10.1%升至 22.9%、6.0%升至 10.4%、6.9%升至 12.6%。這使得再生能源在最終能源使用上由 2005 年的 6.9%上升到 2012 年的 12.6%，新增幅度近 2 倍。比較其在最初能源消費的比例，亦由 5.3%成長至 2014 年的 11.3%，漲幅達 2 倍多，其中以電力的增長幅度最多。²⁴

所以光在梅克爾執政的 2005-2014 年期間再生能源發電占電力使用的比例，在 9 年間成長約 2.5 倍。以 2012 年為例，再生能源消耗的形式中，水力占 0.8%、風力占 1.8%、太陽能占 1.1%、生質能占 8.2%、其他再生能源約 0.5%。²⁵

核能強調清潔能源技術和封存技術，希望在減少能源消耗時，也促進排碳量減少。德國核能在 2005-2009 年黑紅政府期間，持續著前一任政府的核電除役政策；但在金融海嘯後，面對經濟挑戰，則另訂配套措施將核能定位為轉型到再生能源時代的過渡能源，因此核電廠平均延役 12 年，會在 2010 年底立法完成，以徵收和燃料稅的方式，作為綠色氣候與能源基金的部分來源，來籌措研發再生能源與其他相關節能措施的資金。在 2005-2009 年間德國梅克爾第一任期的能源政策，很明顯呼應了聯合國環境規劃署(United Nations Environment

²³ 莊瓊慈，2009 年，《德國梅克爾政府之氣候保護政策》，淡江大學歐洲研究所論文。

²⁴ <德國再生能源最新發展，反思我國能源政策>，《The New Lens 關鍵評論》，2017 年 12 月 15 日，<https://www.thenewslens.com/article/85211>。檢索日期: 2021 年 10 月 11 日。

²⁵ 劉書彬，<德國梅克爾政府(2005-2013)的能源轉型經濟> 台灣大學風險與社會政策研究中心，2015/03/24。<https://rsprc.ntu.edu.tw/zh-tw/m01-3/research-archive.html?start>。檢索日期: 2021 年 8 月 11 日。

Programme)推出的「全球綠色新政計畫」，這個新政計畫主要是推出整合能源與氣候計畫和綠色復甦計畫，以因應全球氣候變遷與全球金融海嘯。²⁶2020年歐洲受新冠疫情影響，經濟受創嚴重，德法兩國亦共同宣布推出總額高達5000億歐元的「歐洲復甦計畫」。這不僅是歐盟國家為對抗新冠疫情和振興經濟而採取的一個重磅舉措，更被視為歐洲團結一體重大突破。1998年德國國會選舉後組成的聯合政府將逐步淘汰核能作為其政策的一個特點。隨著2009年新政府上台，淘汰計畫卻被取消，但在2011年日本核災後重新引入淘汰計畫，立即關閉了8座核電廠。²⁷

地球資源有限，為減緩氣候暖化，再生能源(風力、太陽能)和核能的重要性與日俱增。德國能源供應大致上可將其分為三大類別：化石能源(燃煤、天然氣、石油等)、核能與再生能源。德國境內燃煤產量豐富，1998年9月社民黨與綠黨組成德國第一個環境生態政黨的左派聯合政府後，在其主導下2000年德國各界形成核能共識，就是「核電廠運轉32年後除役」，即2021年達成全面廢核目標，並為此修訂原子能法，這可說是核能政策轉向的開始。後來因地球化石能源不斷減少，加上氣候變遷加劇，全球開始高度重視溫室氣體減量的問題時，促成了2009年的黑黃聯邦政府，聯邦政府建築物進行現代化和絕熱化改造、將電力消耗降低25%。該計畫很明顯為德國因應21世紀全球環境變遷與發展需求而規劃的能源供給方案。²⁸

²⁶ 劉書彬，〈德國梅克爾政府(2005-2013)的能源轉型經濟〉 台灣大學風險與社會政策研究中心，2015年3月24日。<https://rsprc.ntu.edu.tw/zh-tw/m01-3/research-archive.html?start>。檢索日期: 2021年8月11日

²⁷ 房思宏，〈德國廢核的真相與迷思(上)〉，環境資源中心，2012年07月12日。<https://e-info.org.tw/node/78443>。檢索日期: 2021年10月9日。

²⁸ Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety, 2016, “Climate Action Plan 2050”。
http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_kurz_f_en_bf.pdf 檢索日期: 2021年10月9日。

表 2- 1 德國 2050 氣候行動計畫各部門排放目標

部門	1990 年	2016 年	2030 年
能源部門	466(百萬噸)	343(百萬噸)	175--183(百萬噸)
建築部門	209	130	70--72
運輸部門	163	166	95--98
工業部門	283	188	140--143
農業部門	88	72	58--61
其他	39	6	5
合計	1248	905	543--562

資料來源: 許雅音, <德國公布氣候行動計畫 2050 將擴大再生能源、汽電共生、電網、逐漸減少燃煤發電、提升電廠的能源效率>,《能源知識庫》, 2016 年 9 月 8 日。

二、梅克爾執政後期能源政策(2009-2021)

德國總理梅克爾在 2021 年 7 月在年度新聞記者會說, 她會加快腳步, 投入大量精力在氣候行動上。氣候總理加快氣候行動計畫, 全力衝刺再生能源, 實現聯合國碳中和目標, 是梅克爾這階段(2009-2021)重大使命。梅克爾算是長壽型總理, 從 2005 年執政至 2021 年, 總共 16 年。執政末期 2021 年推動「永續金融策略」(Sustainable Finance Strategy) 的計畫, 共列出 26 條獨立措施, 推動對氣候保護計畫的投資。德國聯邦政府希望透過計畫將德國發展成永續金融的領先地區。這項計畫與聯合國的永續發展目標一致, 旨在支持歐盟在 2050 年前實現碳中和。另外德國政府也為綠色計畫加強擔保和出口信用協助, 並將退休金和福利金的 90 億歐元(約新台幣 3069 億), 重新分配到綠色投資之中。2021 年還發行綠色債券, 強化新冠疫情綠色資源投資。²⁹

自梅克爾擔任總理以來, 德國承諾到 2022 年關閉所有核電站, 投資數千億歐元用於再生能源並出現作為應對氣候變化的努力的關鍵領導者。梅克爾女

²⁹ 海青青, <吸引綠色投資, 德國大力推動成為綠色金融中心>, 中央廣播電台, 2021 年 5 月 5 日。https://www.rti.org.tw/news/view/id/2098737。檢索日期:2022 年 10 月 25 日。

士是一位訓練有素的科學家和前環境部長，她在所有這些努力中發揮了關鍵作用，為自己贏得了氣候總理的美名。

不過還是有一些批評聲音指出，儘管德國為推動再生能源付出了鉅額成本和努力，但該國的二氧化碳排放量與十年前相比幾乎沒有太大變化，這也是環保人士長期以來一直抱怨的地方，德國強大的汽車業或其他高碳排行業試圖阻止或淡化環境立法。

梅克爾在不到 10 年時間，再生能源佔比已經衝到 50 %，其原設定中長期再生能源發展目標是 2020 年再生能源佔電力消費提高至 35%、2030 年佔電力消費提高至 50%、2040 年佔電力消費提高至 65%、2050 年佔電力消費提高至 80%³⁰，其能源政策受下列事件影響，茲說明如下：

(一)日本福島核災影響

2009 年，梅克爾任期間在 2011 年發生日本福島核災，這一個重大核災事件深深影響了梅克爾的核能政策，就連西門子（Siemens）這種國際級企業也被迫退出經營半世紀的核電事業，轉投入離岸風力發電的懷抱，可見福島核災對德國能源政策的衝擊與影響。

2011 年日本福島核能災變後，全球聞核生變，紛紛掀起反核聲浪，德國反核民意亦如以往排山倒海而來，幾十萬人走上街頭反核，在民意壓力下，德國政府才決定回復原訂 2022 年的廢核時程，到了 2022 年將全面廢核，核電確定將走入歷史。截至 2020 年為止太陽能加上風能比例超過 4 成，電力來源比重最大的是風力發電，占 27.2% 電力來源。³¹回顧 2010 年，德國電力有 22% 必須倚賴核能發電，其次才是再生能源，煤炭、天然氣、石油等化石燃料，更是德國發電量的最大宗，儘管再生能源的供電量逐年遞增，但核電的成本與代價，卻是日益沉重。2010 年 9 月，德國總理梅克爾還是宣布，要將核電廠的除役時間，延後 12 年。隔年 2011 年 3 月，日本發生福島核災，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

³⁰ 關棟鴻，〈德國國家能源政策評析報告(2022 年版)〉，工業技術研究院綠能與環境研究所，2022 年 12 月 14 日。https://km.twenergy.org.tw/Document/reference_more?id=204。檢索日期: 2022 年 12 月 20 日。

³¹ 徐家仁，〈法擬建新核電廠，德核電廠 2022 年底全數關閉〉，《中時新聞網》，2012 年 11 月 15 日。<https://news.pts.org.tw/article/554122#>。檢索日期: 2021 年 12 月 10 日。

2011 年 4 月初擬定了最終關閉核電站的時間路線圖；5 月 30 日，德國就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。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。³²

2011 年 6 月 30 日，德國政府正式決定分階段廢除核能之決議，並廢止再生能源法(EEG2010)，將其恢復至 2002 年之增修條文，於同年 8 月 6 日生效。³³這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，確定德國在 2022 年底全面廢核完成非核家園，成為第一個推動能源轉型的主要工業國家，若不是俄烏戰爭產生能源危機，或許德國早就完成非核家園目標。

(二)再生能源法(Renewable Energy Act)修法

強大的基礎設施是現代工業社會不可或缺的，能源是其支柱之一。因此，功能齊全且保護氣候和資源的能源供應變得越來越重要，面向未來，再生能源推動有幾個重要方向：³⁴

1. 推動環境可持續的能源政策創新戰略

再生能源是未來低碳能源供應的支柱，目標是到 2050 年將 100% 的再生能源用於發電，再生能源必須是領先技術，而傳統能源存續必須考量其是否能支持可再生能源的擴展，來衡量其存廢。再生能源的擴張是新綠色經濟，它們作為未來經濟因素的重要性越來越強烈。在過去的 20 年裡，尤其是風能和太陽能已經從利基市場躍升為創新產業，在德國，綠色產業發展成了產業價值創

³² 徐家仁，〈法擬建新核電廠，德核電廠 2022 年底全數關閉〉，《中時新聞網》，2012 年 11 月 15 日。<https://news.pts.org.tw/article/554122#>。檢索日期: 2021 年 12 月 10 日。

³³ 林育立，〈再生能源供電比過半，德國怎麼做到的？〉，《中央通訊社》，2020 年 10 月 28 日。<https://www.cna.com.tw/topic/newsworld/144/202010280003.aspx>。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

³⁴ 周桂蘭，〈2019 年全球再生能源現況報告〉，工業技術研究院綠能與環境研究所，2019 年 6 月 30 日。<https://km.twenergy.org.tw/document/reference>。檢索日期: 2022 年 10 月 9 日。

造鏈，國家通過《再生能源法》繼續為再生能源未來的發展提供穩定的發展路徑，是不可逆的路徑。

2.創新、高效的電網技術，而不是延長核電廠

傳統燃煤發電廠可能還需要使用幾十年，然而沒有必要在電網中保留這種老化的燃煤發電廠，更新和更高效的技術已經成熟，可以更有效地提供電力，同時還可減少對環境的危害，更可以透過新型高效燃煤和燃氣發電站以及擴大電網來實現傳統能源的現代化，因此延長核能電廠運作的決定，對實現綠能經濟的目標毫無幫助，且只是在保存舊有燃煤電廠，而不利於德國電廠的現代化。

3.提高能源效率具有巨大的潛力

無論是在環境政策還是就業政策方面，能源效率的顯著提高和轉向低碳能源生產是同一事物的兩個方面。如何能夠採取具體的政策措施，來實現設定的目標翻倍的效能呢?例如引入效能基金和擴大對與能源相關的建築改造的支持。提高能源效率也是實現可持續能源供應的經濟途徑，並將有助於保護工作場所。許多研究發現，對於所有企業而言，節能潛力佔能源成本的 10% 至 20%。³⁵

4.網絡和存儲技術投資

再生能源的進一步擴展將需要擴展現有的電網和存儲技術。因此，進一步發展電力供應系統和建設新的儲能裝置將是能源供應可持續結構調整的關鍵。範圍從新的高壓傳輸技術到分散式能源發電機組的饋電管理，再到電力消費者更靈活的測量和控制技術。電網和存儲單元的擴展是能源生產結構轉型的最大挑戰之一。³⁶

5.能源結構轉型必須伴隨以勞動力為導向的產業政策

能源生產的重組不僅是一項技術挑戰，也是一項挑戰，它還具有社會層面，再生能源帶來了經濟和就業政策機會，但是只要工人受到裁員或關閉的影

³⁵ 林國賓，〈德國-節約能源大作戰〉，《工商時報》，2022 08.14。

<https://www.ecct.org.tw/news/show?id> 檢索日期: 2022 年 10 月 11 日。

³⁶ 關棟鴻，〈德國國家能源政策評析報告(2022 年版)〉，工業技術研究院綠能與環境研究所，2022 年 12 月 14 日。檢索日期: 2022 年 12 月 20 日。

響，就必須通過社會集體協議和區域結構性政策來提供解決方案，以促進新就業的前景。能源結構轉型必須伴隨著聯邦政府和歐洲層面有效的以勞動力為導向的產業政策，旨在維持區域價值創造和能源生產就業。

「2050 年氣候行動計劃」是確定和充實不同行動領域的氣候行動戰略和措施的基礎也是指南，³⁷應該在商業部門和民間社會行動者的積極參與下探討如何充實它們。毫無疑問，政府將對任何具體措施的經濟、社會和環境影響進行評估和政治評估，這將確保德國商業部門保持其國際競爭能力，它還將為企業、私人家庭和消費者創造規劃確定性，並確保能夠靈活應對技術創新等，在 2050 年氣候行動計劃中，各政府部門目標能達成一致。³⁸

2007 年德國政府接著就開始調整對再生能源的支援，制定合理的發展目標、促進電力市場健全持續發展。EEG 2009(Erneuerbare-Energien-Gesetz 2009)建立起基於發電量的固定上網電價調減機制，同時首次提出市場化方面的條款。

2012 年，EEG 2012 的修訂，首次將再生能源電力的長期目標訂入了法律，有個明確目標可以強化動力，期望 2050 年之前使再生能源發電量佔比達到 80%。該法通過設定補貼上限、裝機容量上限等方式縮小補貼規模。為解決補貼成本快速提高等問題，EEG2014 進行重要變革：一是控制再生能源新增裝機速度，並加強配套設施建設，以提高能效；二是引入直接銷售機制，鼓勵可再生能源電力供應商直接參與市場化交易，並從電力系統運營商處獲取市場溢價；三是由長期固定電價收購制度，轉變為以市場為導向的競標制度，在給予風電開發商一定緩衝，繼續實施電價支援政策的同時，廢止現有的過度補貼和獎勵政策。³⁹

³⁷ Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety, 2016, “Climate Action Plan 2050”。

http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_kurzform_en_bf.pdf。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

³⁸ 關棟鴻，〈德國能源轉型與減量策略〉，工業技術研究院綠能與環境研究所。2021 年 12 月 12 日。

³⁹ 王彩霞、李梓仟、李瓊慧，〈德國可再生能源法修訂之路及啟示〉，《中國電力新聞網》，2016 年 9 月 24 日。<https://kknews.cc/finance/jam94l.html>。檢索日期: 2022 年 10 月 11 日。

表 2- 2 (EEG 2017)各類再生能源的目標

陸域風力	離岸風力	太陽光電
2017~2019 年，每年開放 2.8GW 進行競標	2021~2022 年其目標量為 每年 500MW	目標每年新增裝置容量 2.5GW
2020~2025 年，每年開放 2.9GW 進行競標	2023~2025 年提高為每年 700MW	針對裝置容量大於 750kW 的太陽光電，開 放進行競標
	2026~2030 年每年達到 840MW	

資料來源: 張瓊之, <德國新再生能源法(EEG 2017)>, 工業技術研究院綠能與環境研究所, 2017 年 7 月, https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference_more?

德國再生能源法(EEG)歷經多年修改(2004、2009、2012、2014、2016、2017、2021), 中長期再生能源發展目標 2010 年再生能源佔電力消費達 12.5%, 2020 年至少為 20%, 2030 年目標是佔電力消費達 50%, 2040 年達 65%, 2050 年達 80%。⁴⁰

事實上, 德國的能源轉型一直是關於電力而非能源的轉型, 有理由從電力部門開始能源改革。然而, 由於一開始的政治重點是關閉核電站, 而不是制定全面的能源轉型戰略, 這導致了意想不到的後果。儘管德國一直專注於電力部門, 但在實現供暖和交通部門的能源轉型方面卻做得很少, 它在提高能源效率方面的努力還不夠, 它並沒有降低對能源進口的依賴, 它鼓勵在投資回報率較低的次優地區部署可再生能源。

由於太陽能 and 風力發電的間歇性以及缺乏存儲解決方案, 波動影響著德國及其鄰國。儘管國內可再生能源發電量正在增加, 但德國在需求高峰期仍然需要進口電力。這些進口產品價格昂貴, 導致國內電價上漲。相反, 當電力需求低迷時, 德國必須避免國內電網超載, 並被迫以低於市場的價格向鄰國出口剩餘電力, 包括奧地利、捷克共和國、法國、波蘭和瑞士在內的鄰國對德國發電

⁴⁰ 關棟鴻, <德國能源政策發展與檢討機制>, 工業技術研究院綠能與環境研究所, 2019 年 10 月 3 日, <https://km.twenergy.org.tw/ReadFile/?p=Reference&n> 檢索日期: 2021 年 10 月 10 日。

量的波動並沒有過度熱情，它們會影響當地電網的穩定性，從而給鄰國的輸電系統運營商 (TSO) 和消費者帶來負擔和成本，法國一直依賴德國電力來滿足其冬季用電高峰，最初對德國關閉核電站的決定並不滿意。⁴¹

(三)核能政策之演變

德國核能的發展歷程中，始終一直伴隨反核示威運動，而核能的政策演變，經過多次反覆的調整，從廢核、延長廢核、全面廢核，最後梅克爾政府決定於 2022 年關閉所有核電廠，這個決定不僅震驚全世界，就連德國也再震驚下成了全球第一個廢核的國家。

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)，是德國核能立法之淵源，其主要的追求目標是：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。這段期間，德國處於和平利用核能之階段外，也因二戰結束，德國急於擺脫落後的經濟狀況，進而忽視環境保護的問題，使得環境污染非常嚴重。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。⁴²

以下就德國政府從廢除核能、延長核能、全面廢除核能的三個階段中，說明德國政府是如何運用政策與立法來決定核能之走向：

(一)廢除核能

德國廢核概念形成很早，2000 年 6 月，在社會民主黨 (SDP) 與綠黨的聯合下，施洛德政府與電力產業界在廢核政策的基本方針上取得共識。2002 年，基於雙方的共識，立法通過不再建設新的核電廠，而已在營運的核電廠，則設定 32 年的平均運轉期，2022 年之前要讓所有核電廠除役。⁴³2000 年，紅綠政府

⁴¹ 關棟鴻，〈德國國家能源政策評析報告(2022 年版)〉，工業技術研究院綠能與環境研究所，2022 年 12 月 14 日。檢索日期: 2022 年 12 月 20 日。

⁴² 賴怡君，2014 年，《德國太陽能政策發展歷程及現況研究-以弗萊堡為例》，南華大學歐洲研究所碩士論文。

⁴³ 于立平，〈能源時代-德國廢核之路〉，公共電視文化事業基金會，2013 年 10 月 21 日。

和核電站營運商簽署核能協議，為每個核電廠規定所謂的「剩餘電量」，訂定核電廠最多還能在生產的電量，根據核電廠的平均發電量可估算出最後一座核電廠大至於 2021 年關閉。⁴⁴

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。2000 年 6 月 14 日，政府與核電企業達成共識，確定 2022 年關閉德國境內所有的核電廠，其主要內容為供電企業同意將現有的核電廠，訂定未來的使用期限，同時在確保高度安全與遵守核能立法要求的前提下，政府保證核電廠在剩餘時間內的營運與核廢料處理不受干擾，雙方須盡力使本共識內容得以持久的實行，聯邦政府將以此共識作為基礎，修訂再生能源法，雙方一致認為此共識及其實施，爾後不得作為雙方賠償請求權之依據。⁴⁵

2002 年政府與核電企業達成的共識被納入《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），同時對再生能源法進行修改，而 EEG2002 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：⁴⁶

1. 明確規定禁止新建核電廠

對於已經存在的核電廠規定了自營運起平均三十二年的營運期限，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，第一次在法律上規定了需要對核電廠定期進行安全評估的義務，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。

2. 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

<https://ourisland.pts.org.tw/content/1070>，檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

⁴⁴ 賴怡君，2014 年，《德國太陽能政策發展歷程及現況研究-以弗萊堡為例》，南華大學歐洲研究所碩士論文。

⁴⁵ 同上註。

⁴⁶ 王彩霞、李梓仟、李瓊慧，〈德國可再生能源法修訂之路及啟示〉，《中國電力新聞網》，2016 年 9 月 24 日。<https://kknews.cc/finance/jam94l.html>。檢索日期: 2022 年 10 月 11 日。

根據 2002 年共識，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，同時也會在 2010 年再次決定所有核電站的壽命。⁴⁷

其實施洛德與梅克爾的核能決定有著極大的差異，施洛德的決定，是在各個核電廠之間尋求彼此通融剩餘的運轉時間，也就是某一座核電廠的運轉時間可以轉移到另外一座核電廠，這樣核電廠就有可能在預設的 2022 年之後還繼續存在，而梅克爾的決定則有本質上的不同，她確定了每一座核電廠關閉的時間表。

（二）延長核能

2005 年德國政黨輪替，梅克爾領導的基督教民主聯盟勝選，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(Christlich Demokratische Union Deutschlands)與社民黨共組大聯合政府，不過由於社民黨立場是反核，因此雙方對於核能的存廢還仍有歧見，但為求政治穩定，雙方都採取擱置爭議，此時德國政府並未改變原先的核能政策，還是依照 2002 年共識的內容計畫在 2022 年關閉所有的核電廠。

2009 年的大選，新的聯合政府出現，基民盟與自民黨（Free Democratic Party, FDP）組建中間偏右的聯合政府，時稱「黑黃政府」。這個新政府的核能政策顯然有點急轉彎。執政黨的梅克爾及所屬的基民盟一直都是支持核能的但不久後，梅克爾卻決定恢復核能，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」，這一決定遭到許多環保人士抗議。⁴⁸

黑黃政府於聯合協議中提到再生能源能夠安全的取代核能之前，核電將做為過渡性的技術存在，否則無法實現氣候保護目標，也無法保證電力價格的適度穩定，對外國的能源依賴程度也暫時無法減輕。因此黑黃政府計劃在嚴格遵守國際的安全標準的前提下，延長核電廠的營運期限，當然再生能源法中關於

⁴⁷ 李小燕，〈各國原子能法律法規體系及監管體制介紹〉，《原創力文檔》，2017 年 8 月 15 日。
<https://max.book118.com/html/2017/0815/128143387.shtm>。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

⁴⁸ 三好範英，《德國風險：反思德國浪漫主義的政治實踐》，台北:玉山社，2018 年 3 月。
<https://opinion.udn.com/opinion/story/11664/3043830>，檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

禁止興建核電廠之條款的效力不會因此改變，只是將盡快把延長核電廠營運期限的具體條件提出，其中還包括涉及到核電廠的營運期限、安全程度、補償金額與時間、對再生能源研究的應用性等等。⁴⁹

梅克爾雖未在剛上任的前四年調整核能政策，顯然可視之為支持核能的一方。梅克爾在確保能源可持續供應的情形下，將核能做為過渡性的技術存在，由於不再興建任何核電廠，就必須延長核電廠營運的壽命，來保證替代核能的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年關閉，其餘十座核電廠再延長營運十四年，估計可於2035年全數關閉。⁵⁰

德國此時正在進行能源轉型，延長核電營運意謂著將阻礙能源轉型的發展，所以核電廠延役營運的協議遭遇強烈批評，批評者認為梅克爾背離非核家園政策，延役核電廠的使用。其實在技術上由於採購、交付、安裝設備及濃縮鈾都需要時間，一旦決定延役，非核家園政策一定跳票。儘管如此，德國還是在2010年發布能源方案，包括：「能源管線擴建法」、「輸電網擴建加速法」、「聯邦需求計畫法」、「再生能源擴建法」及「發展並促進海上風力能源法」等⁵¹，確立到2050年能實現「能源轉型」之發展目標，並且明確地將核能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12年。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劃延後，黑黃政府將於2035年關閉境內最後一座電廠。

（三）全面廢核

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，還擬定了最終關閉核電廠的時程，實在令人佩服；德國階段性廢除核能之決議，將1980年以前興建的七座核電廠以及 Krümmel 等八座核電廠關閉；1980年以後興建的其中六座會在2021年關閉；其餘三座分別是西北

⁴⁹ 同上註。

⁵⁰ 同上註。

⁵¹ 王彩霞、李梓仟、李瓊慧，〈德國可再生能源法修訂之路及啟示〉，《中國電力新聞網》，2016年9月24日。<https://kknews.cc/finance/jam94l.html>。檢索日期：2022年10月11日。

部下薩克森邦的埃姆斯蘭（Emsland）、南部巴伐利亞邦的伊薩 2 號（Isar 2）及西南部巴登符騰堡邦的內卡維斯特海姆 2 號（Neckarwestheim 2）也將於 2022 年關閉。⁵²

不過始料未及俄烏戰爭引發能源危機，為避免 2022 年冬季可能的能源短缺問題，德國已將原訂於 2022 年底除役的三部核電機組，其中兩部保留 4 個月作為緊急備用，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，考慮 2022 年冬天的能源危機較為特殊，且德國南部電網的工程尚未完工、冬季南部風力發電效率較差，為了避免前述可能出現能源危機的不利情境，德國政府決定僅存三座核電廠延役至 2023 年 4 月。

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，最後黑黃政府再次廢核當中，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。

(四)德國 2030 氣候行動計畫

在 2019 年，德國成立了一個所謂的氣候內閣，所有主責的部長，需負責所屬該部的排碳量並且草擬一份官方的行動計畫，使德國至少能夠達到 2030 中期的氣候目標。這項氣候行動計畫是作為〈德國氣候行動法〉(Climate Action Act)的補強，乃全面性政策的部分內容，提供德國氣候政策一項全新的立基點，包含跨部門的碳定價機制與法律規範機制，力求確保減碳持續執行。⁵³

2030 氣候行動計畫的氣候目標意指「我們的生活方式及經濟模式的改變」，並強調支持轉型至使用乾淨能源與低碳排技術，將為「德國帶來巨大契機，使其成為一個具有商機、創新與工作機會的國家」⁵⁴。根據該計畫所進行的

⁵² 關棟鴻，〈德國能源政策發展與檢討機制〉，工業技術研究院綠能與環境研究所，2019 年 10 月 3 日，<https://km.twenergy.org.tw/ReadFile/?p=Reference&n> 檢索日期: 2021 年 10 月 10 日。

⁵³ Melissa Eddy，Germany Passes Climate-Protection Law to Ensure 2030 Goals，The New York Times，2019/11/15。 <https://www.nytimes.com/2019/11/15/world/europe/germany-climate-law.html>。檢索日期: 2021 年 10 月 11 日。

⁵⁴ 關棟鴻，〈德國發布 2030 行動計畫〉，《能源知識庫》，2019 年 10 月 21 日。
<https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference> 檢索日期: 2021 年 8 月 11 日。

投資，最終將可避免來自為了減緩與適應氣候變化而產生的更高成本，以及如果不符合歐盟法律規定的氣候目標，則需要從國外購買排碳配額，這是第一次，氣候行動計畫將先前的目標制定成法律，並且定義出具體的目標與措施，讓不同部門與負責的部長得以依法遵循，督導、評鑑與不斷調整將能確保其成功，這個氣候內閣將成為常設的機構，並負責持續檢測所有措施的有效性、效率與準確性，若某個部門在既定目標內，無法達到目標，那麼該負責的部長就有義務在三個月內提出「專案計畫報告」，使其發展重回軌道。⁵⁵

能源轉型不只是只有能源部門的去碳化，交通與建築部門以及農業部門皆需去碳化；在碳排降低時，森林與其他田野綠地仍需得到支持，工業部門需要進一步的去碳化，同時維持國際的競爭力，能源效率在此扮演重要角色，要達到既定目標，同時維持經濟強勢與降低消費者負擔，這是一項挑戰 2030 氣候行動計畫中的一項主要措施，是新的國家碳定價系統，其涵蓋交通與建築部門，這兩個部門至今並未納入現存的歐盟碳交易制度（EU Carbon Trading System），該制度目前只針對能源與重工業部門設定碳排量的限制範圍。⁵⁶

到 2030 年，歐洲希望將溫室氣體排放量與 1990 年相比至少減少 40%，並力爭到本世紀中葉實現溫室氣體中和。到 2030 年的歐洲減排目標產生了相應的國家目標。2050 年氣候行動計劃下的減排目標，該計劃也用於 2030 年氣候保護一籃子計劃。與 1990 年相比，德國到 2020 年的排放量可能只會減少 30% 到 35%，並且無法實現其自行設定的 40% 的目標。顯示了自 1990 年以來德國二氧化碳排放量的發展情況，以及根據 2050 年氣候行動計劃以百分比表示的最重要行業到 2030 年的國家目標。⁵⁷

從現在到 2030 年之間需要明確的減排百分比高於 2005 年以來實現的減排百分比，這構成了一個不應低估的挑戰。現有支持和激勵計劃旨在使

⁵⁵ 關棟鴻，〈德國發布 2030 行動計畫〉，《能源知識庫》，2019 年 10 月 21 日。
<https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference> 檢索日期: 2021 年 8 月 11 日。

⁵⁶ Melissa Eddy，Germany Passes Climate-Protection Law to Ensure 2030 Goals，The New York Times，2019/11/15，<https://www.nytimes.com/2019/11/15/world/europe/germany-climate-law.html>。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

⁵⁷ 關棟鴻，〈德國發布 2030 行動計畫〉，《能源知識庫》，2019 年 10 月 21 日。
<https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference> 檢索日期: 2021 年 8 月 11 日。

二氧化碳減排切實可行，根據聯邦政府的說法，這應該相當於啟動融資，能夠以經濟和社會可接受的方式減少二氧化碳排放，碳定價不會為國家產生任何額外收入，所有收入都將重新投資於氣候保護措施，或者在經濟上減輕公民負擔。公民和行業的經濟利益將通過降低電力成本、提高通勤津貼、減輕弱勢租戶、舊石油和天然氣供暖系統的更換保險費以及促進節能改造措施來實現。

為了每年確定 2030 年氣候目標的整體進展情況，最重要的是各個部門的進展情況。一個外部專家諮詢委員會將伴隨這一進程，「氣候內閣保護委員會」，即氣候內閣任期不受限制，其任務是每年審查所採取措施的有效性和進展情況。如果一個部門未能達到法定目標，負責的部長將在三個月內立即提交後續計劃。然後，氣候內閣將不得不相應地調整氣候保護計劃，並負責審查年度部門預算以進行必要的調整。氣候保護計劃訂於 2030 將政府內部的氣候保護制度化，並將氣候行動計劃 2050 的目標作為各部門減排的基礎。

目前，德國能源轉型的大部分費用是利用加諸在能源價格裡的稅收，並由電力消費者支付。這項稅收最終將會降低，所以德國政府也正計畫降低電費中其他與氣候政策相關的部分（像是電網使用費），以降低家戶與企業的電價。這些改變或許不會降低再生能源的財務支持，但再生能源將從碳定價機制所產生的收入而獲得資助，一般消費者與工業的融資與負擔能力，一直都是氣候行動計畫的最大挑戰。

能源價格是一項非常棘手且受到激烈辯論的議題，決策者必須在需求面、技術面可行性、重要性及政治可能性四方中取得平衡。然而在所有利益之間如何和解而不會發生任何衝突，這可能就是阻止防止全球迅速暖化而可能需要採取的行動。根據德國的歷史經驗顯示，在過去進行能源系統（廢核與廢煤、躉購費率、碳定價、排放交易等）的深刻變革是有必要，以用來對抗現有化石和核能建設之利益。

(五) 2050 年前達到氣候中和目標⁵⁸

⁵⁸ Climate Action Plan 2050, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and

2050年前成為全球第一個氣候中和大陸，是德國最大的挑戰與契機，為此歐盟執行委員會在2019年12月11日提出歐洲綠色協議(European Green Deal)，推行一系列的改革措施，目的在使歐洲公民與企業在轉型至永續低碳的受惠經濟，這些改革措施初步規劃成為重要關鍵政策，其涵蓋了大幅減少碳排、投資尖端研究與創新以及保育歐洲的自然環境。

在投資綠色科技、永續解決方案與新興企業的支持下，綠色協議將成為一項歐盟新的成長策略。普羅大眾與所有利害關係人的參與與承諾投入，對這項協議的成功至關重要。最重要的是，歐洲綠色協議將為實現公正與社會公平轉型至氣候中和而鋪路。該協議的運作方式，是在未來的巨變當中，沒有個人或地區會被忽略。

歐洲氣候外交官員們面臨到忙碌的2020年，尤其是在許多人認為馬德里的聯合國氣候變化綱要公約第25屆締約方大會(COP25)的結果令人大失所望之後，歐洲想要以身作則，特別是德國2020年下半年擔任歐盟理事會主席國之要職，「氣候與安全」是德國自2020年7月起擔任聯合國安理會主席期間的重點，德國設置了一項基金專款，幫助易受氣候變遷影響之國家，協助風險管理，其資助金額高達34億歐元。⁵⁹

德國與歐盟皆已簽署2015巴黎協定，共計196個國家地區。迄今，共有65個國家與一些國家地區（像是美國的加利福尼亞州），已經開始朝2050年前達到淨零溫室氣體排放的目標邁進。與工業化前作為基準相比，將全球暖化限制在1.5度內是許多科學家認為必須達到的基準—但這仍是一項需要掌控的挑戰。根據聯合國最新的排放差距報告顯示，世界將面臨的會是2.5度或甚至3.2度。⁶⁰

Nuclear Safety, 2016

http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_kurzf_en_bf.pdf。檢索日期: 2021年10月9日。

⁵⁹ 謝雯凱、張素美，〈歐盟正式通過綠色新政，揭示2050年要達到碳中和〉，《能源知識庫》，2020年1月13日。https://km.twenergy.org.tw/Data/db_more?。檢索日期: 2021年10月9日。

⁶⁰ 〈歐盟目標在2050年實現「氣候中和」〉，《永續新聞》，https://www.sale-greenlabel.com/cn/news/major_trend/detail/223#2021年5月21日。檢索日期: 2021年10月9日。

德國也承諾 2050 年前達到氣候中和的目標，為了達到這項目標，最終能源消耗至少 60%與總耗電量的 80%必須產自再生能源，隨著德國將在 2022 年底廢除核能，並且已經開始進行廢除燃煤，最晚至 2038 年，剩餘的能源需求將規劃由天然氣補足，根據統計顯示，2020 年德國可能無法達到溫室氣體減量 40% 的中期目標（相較 1990 年），至 2019 年底，德國的減量已經達到 35%。⁶¹

德國氣候內閣所有主責的部長，需負責所屬該部的排碳量並且草擬一份官方的行動計畫，使德國至少能夠達到 2030 中期的氣候目標，這項氣候行動計畫是作為德國〈氣候行動法〉的補強，為全面性政策的部分內容，這提供德國的氣候政策一項全新的立基點，包含跨部門的碳定價機制與法律規範機制，力求確保減碳持續執行，其中羅列了許多具體的政策措施，這些措施已經過各方激烈地討論後內容有增修調整，也制定成為法律。⁶²

(六)溫室氣體減量

德國第二大氣候挑戰是工業溫室氣體減量。根據新的氣候保護計畫，德國工業到 2030 年的溫室氣體排放量應比 2014 年減少 22%。氣候行動計畫稱減少這些二氧化碳排放的關鍵因素之一是提高效率。氣候行動計畫的目標之一是在 2030 年將汽車的溫室氣體排放量減少 40%。為了實現這一目標，德國環境部門敦促對汽車進行監管，以將其納入氣候行動計畫。到 2030 年，所有新車都必須幾乎完全由電動或氣候友好型發動機驅動，儘管大眾、奧迪、賓士和寶馬等所有德國製造商的產品線中都有電動汽車，但電動汽車在德國銷售的所有新車中只佔有極小比例。⁶³

在人口增加、能源需求持續增加下，傳統能源的使用已經使全球二氧化碳排放量快達到臨界值，過去 5-10 年來，氣候暖化已經使多數國家遭遇極端氣候的次數大幅增加，例如 2022 年美國加州野火、澳洲森林大火、中國暴雨所導致的嚴重水災等。儘管疫情衝擊降低了整體經濟動能，但歐盟方面並未因此而降

⁶¹ 同上註。

⁶² 同上註。

⁶³ 關棟鴻，〈德國發布 2030 行動計畫〉，《能源知識庫》，2019 年 10 月 21 日。

<https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference>。檢索日期: 2021 年 8 月 11 日。

低對溫室氣體排放的標準與執行，根據 EEG 規範，2030 年前的二氧化碳排放量已由先前的 40% 上修至 50-55% (與 1990 年水準相比)。⁶⁴

COVID-19 相關的封鎖措施雖使各國碳排放量短暫的下降，不過接下來解封後各政府相關的經濟振興政策中，會不會透過投資潔淨能源基礎設施，來重新塑造全球能源系統，有待觀察。

2020 年全球碳定價制度總收入高達 530 億美元，相較 2019 年成長 80 億美元，主要是由於歐盟碳價的漲幅。歐盟碳定價制度涵蓋了全境 39% 溫室氣體排放量，平均碳價落在 49.8 美元/tCO₂e，總收入高居第一達 225.48 億美元，⁶⁵ 儘管目前所涵蓋的參與國家及二氧化碳總排放量比重尚顯不足，但在全球主要區域國家政策不斷推動下，此種減碳模式將會逐步影響整個市場的每一項產業。

根據基準情境中，相較於 1990 年，德國溫室氣體排放量於 2030 年將減少 41.2%，並於 2035 年減少 44.1%。而氣候保護情境則預估 2030 年將減少 51%，並於 2035 年減少 59.6%。在發電結構上，相較於基準情境，氣候保護情境在 2030 年的燃煤發電大幅下降，其中褐煤與硬煤的發電量分別減少了 535 億度與 212 億度電，其電力缺口主要由天然氣(增加 182 億度)、陸域風力(增加 171 億度)、離岸風力(增加 203 億度)及太陽光電(增加 215 億度)來彌補。德國 2019 年的碳排來到有史以來的新低，較 1990 年已經減少 35.2%。德國政府原先是預估 2020 年才會達成這個目標，不過在天時地利人合等諸多有利條件下，提前一年辦到了。加上歐洲碳交易價格大幅上升，讓硬煤電廠的邊際發電成本超過燃氣電廠，褐煤電廠的邊際發電成本直逼燃氣電廠，因此出現了煤改氣的燃料轉換效應，同時也讓褐煤機組出現前所未見的彈性調度能力。以上的燃料轉換效應，讓德國電力部門的碳排，在 2019 年大幅下降。⁶⁶

梅克爾在 2011 年日本福島核災後加速關閉核電站的決定，再次打擊了降低德國電力生產碳強度的努力。她的舉動是對當時公眾恐懼情緒激增的自然反

⁶⁴ 同上註。

⁶⁵ <世界銀行：碳定價制度仍不足驅動世界淨零排放>，台灣永續能源發展基金會，2021 年 6 月 17 日。<https://taise.org.tw/post-view.php>。檢索日期: 2022 年 10 月 8 日。

⁶⁶ 關棟鴻，<德國國家能源政策評析報告(2022 年版)>，工業技術研究院綠能與環境研究所，2022 年 12 月 14 日。檢索日期: 2022 年 12 月 20 日。

應，但它從國家能源結構中去除了另一個重要的而且基本上不含二氧化碳的成分。

德國的可再生能源熱潮對降低該國的整體溫室氣體排放量作用不大。政策制定者最初希望新的太陽能公園和風電場能夠迫使燃煤發電站脫離電網，從而用最清潔的能源取代最髒的能源。相反發生的是可再生能源對燃氣站的擠壓，這些燃氣站比燃煤電廠更清潔，但運行成本也更高。

環保人士長期以來一直認為，迅速關閉燃煤和褐煤發電廠是德國實現 2030 年二氧化碳減排目標的唯一途徑，該目標比 2020 年的目標更為雄心勃勃。與 1990 年相比，德國需要在未來 11 年內將其二氧化碳總排放量減少 55%，每個經濟部門都有各自的目標。為達到 2030 年溫室氣體排放量較 1990 年減少 55%，以及 2050 年氣候中和的目標，德國聯邦政府自 2021 年起，一方面協助德國能源密集型工業降低二氧化碳排放量，另一方面並徵收供熱和交通燃料排放的二氧化碳價格，其相關措施如下列三點：⁶⁷

1. 聯邦環境保護部(Bundesumweltministerium)自 2021 年 1 月 1 日起推出「工業減碳」計劃，將提撥約 20 億歐元，到 2024 年輔導這些能源密集型產業透過創新技術，朝永久性降低溫室氣體目標發展。

(1) 密集型產業包括鋼鐵、水泥、石灰、化工和有色金屬等，因生產過程耗能量大，其排放的二氧化碳量，佔德國總溫室氣體排放量的 20%。

(2) 德國聯邦環境保護部長 Svenja Schulze 表示，德國計劃最遲在 2050 年達到氣候中和的目標。

2. 「工業減碳」計劃輔導範圍，為業者研發永久性減少二氧化碳排放量之創新製程與技術：

(1). 足以取代現有高能源消耗的創新低排放製程；

(2). 由化石燃料轉為以電力為基礎的創新製程；

(3). 整合及創新的的生產製程；

(4). 降低製程中排放二氧化碳量的替代性產品之研究、開發和測試，以及相關

⁶⁷ 關棟鴻，〈德國發布 2030 行動計畫〉，《能源知識庫》，2019 年 10 月 21 日。

<https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference>。檢索日期: 2021 年 8 月 11 日。

技術之投資。

3.為達氣候中和目標，德國聯邦政府此一「工業減碳」計劃，乃搭配同時執行的「2050年氣候保護計劃」、「2030年氣候保護計劃」及「國家氫氣策略」，快速擴展並建立現代化的智慧電網。

受俄烏衝突影響，煤炭正在德國捲土重來，德國不得不使用這種污染嚴重的燃料來應對能源危機。隨著俄歐關係急劇惡化，俄羅斯大幅削減了向歐盟輸送的天然氣。作為歐洲第一大經濟體，德國對俄羅斯天然氣的依賴程度尤甚。根據德國統計局（Destatis）的數據，2022年7月至9月期間，德國電網中來自燃煤電廠的電力超過了1/3，達到36.3%。在天然氣短缺的威脅下，歐洲一些國家重啟了已經關閉的燃煤電廠，國際能源署（IEA）在其年度煤炭市場報告中稱，只有德國大規模重新使用了燃煤電廠，重啟或推遲退役的煤電裝機容量達到了10GW。這使歐盟整體的煤炭發電量暴增，相對的2022年德國溫室氣體排放量應該是無法達標。⁶⁸



⁶⁸ 錢逢鳴，〈俄烏戰爭的能源危機？能源自保成國際趨勢〉，《聯合新聞網》，2022年5月5日。
<https://udn.com/news/story/6853/6287899>，檢索日期：2022年10月9日。

第二節 蕭茲時期能源政策(2021-2022)

擔任社會民主黨黨魁的蕭茲，2021年9月在大選中勝出，他與綠黨以及親商的自由民主黨合作組成三黨聯合政府，並在2021年12月就任德國總理。在他上台後幾個月，俄羅斯發動了對烏克蘭的侵略，這也立即成為蕭茲政府的最大挑戰。

烏克蘭戰爭迫使德國作出重大政策改變，包含中止俄羅斯輸送天然氣給德國的北溪2號(Nord Stream 2)管線計畫，而蕭茲宣布大幅增加國防軍事支出，重新武裝德國，更被視為是自第二次世界大戰以來，德國最重大的外交與國防政策轉向。

德國多年來拒絕北大西洋公約組織(NATO)盟國擴大軍備的請求，但蕭茲在烏克蘭戰爭爆發後的幾天後，將德國的國防投資從目前佔國內生產毛額(GDP)約1.5%，增加到2%以上，超出北約的預期。⁶⁹

在內政方面，由於烏克蘭戰爭，俄羅斯減少對德國的能源供應，德國被迫延後原本要在今年年底實現的廢核計畫，並重新啟動已經封存的燃煤發電廠，也要想法辦緩解能源危機帶來的電價飆漲。另一方面，與前任的梅克爾在歐洲與國際外交上獲得廣泛的尊重相比，蕭茲至今在國際舞台上尚未有太多表現。

蕭茲為了因應歐洲前所未見的能源危機，正對許多重大政策做出修正，他的政策能否帶領德國度過目前面臨的能源與經濟危機，這將是他接下來執政的關注焦點。

2022年7月，俄羅斯以年度維修管道為名，暫停通過波羅的海管道北溪1號向歐盟輸送天然氣10天，2022年9月份，俄羅斯宣布「北溪一號」天然氣管線，因外洩問題將無限期斷氣，停止北溪一號天然氣供應後，讓德國的能源陷入危機，由於德國超過五成的天然氣，都來自於俄羅斯，這波能源緊縮，讓德國經濟承受越來越大的壓力，德國經濟因此受到嚴重衝擊，也可能讓德國經歷長期性的經濟萎縮，這些都更加速了德國急欲擺脫俄羅斯能源威脅。⁷⁰

⁶⁹ 同上註。

⁷⁰ <歐洲能源大動脈「北溪一號管」：一條牽動著世界能源格局和地緣政治的「敏感神經」>，《關鍵評論》，2022年7月18日。<https://www.thenewslens.com/article/169988>。檢索日期: 2022年

一、「復活節套案」(Das Osterpaket)

2022 年 4 月德國政府提出「復活節套案」改革電力法制，當中法案包含聯邦電網法及電網擴張改革法、再生能源法(EEG 2023)、海上風能法、能源工業法等，期盼透過相關配套，2030 年陸域風電裝置容量能達到 115GW；離岸風電能達到 115GW；太陽光電能達到 215GW。⁷¹

EEG 2023 旨在確保到 2030 年可再生能源至少佔總電力消耗的 80%，這彰顯出德國雄心勃勃的能源發展目標，EEG 2023 法案規定了結束推廣再生能源的目標日期，煤炭淘汰完成後，再生能源的進一步發展將由市場驅動，再生能源的推廣將被逐步取消，與發展目標一樣，這只是一個指導原則，並不賦予個人可執行的權利，EEG 2023 包含一項任務，要求聯邦政府在 2024 年 3 月 31 日之前提交一份提案，以在煤炭逐步淘汰後為可再生能源的發展提供資金。⁷²

再生能源優先權一詞含義的有了新的規定，在審查程序中權衡利益時，將再生能源的開發列為優先關注事項，這項新規定在加速了再生能源推動，在做出需要權衡利益決策時，優先權也適用於水電站的規劃和審查，除了這一核心變化外，立法程序還決定小水電廠將繼續獲得 EEG 2023 下的財政支持。⁷³

鑑於 EEG 引入階段後的反饋以及環境問題和生物能源技術的可用性，EEG 於 2004 年、2009 年、2012 年、2014 年和 2017 年進行了修訂，並進行了補貼修改，從 2009 年 EEG 修正案開始，對小型沼氣廠的補貼已經上升，以促進採用這種類型的沼氣廠，因為大型沼氣廠已經造成了一些問題，例如對糧食生產、土壤健康和環境的威脅。⁷⁴

10月9日。

⁷¹ 關棟鴻、施沛宏，〈德國提出「復活節套案」改革電力部門法案〉，《能源知識庫》，2022 年 6 月 1 日。<https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference>。檢索日期: 2022 年 9 月 11 日。

⁷² 同上註。

⁷³ 關棟鴻，〈德國國家能源政策評析報告(2022 年版)〉，工業技術研究院綠能與環境研究所，2022 年 12 月 14 日。檢索日期: 2022 年 12 月 20 日。

⁷⁴ 王彩霞、李梓仟、李瓊慧，〈德國可再生能源法修訂之路及啟示〉，《中國電力新聞網》，2016 年 9 月 24 日。<https://kknews.cc/finance/jam94l.html>。檢索日期: 2022 年 10 月 11 日。

表 2-3 (EEG 2023)配合相關修法

法案	內容簡介
再生能源法	<ul style="list-style-type: none"> • 2035 年達成再生能源發電占比 100% • 2030 年陸域風電裝置容量 115GW；離岸風電 115GW；太陽光電 215GW • 2022 年 7 月取消從電價中徵收再生能源附加費，改從碳交易獲益的「能源與氣候基金」，支持再生能源發展 海上風能法。
海上風能法	<ul style="list-style-type: none"> • 一般風場的招標收入用途：70%用於海上電網附加費，20%自然保護，10%用於環保捕魚。 • 收入用途可降低發電成本，增加民眾與利害關係人對離岸風電擴建接受度 能源工業法。
能源工業法	<ul style="list-style-type: none"> • 納入 2045 年碳中和目標 • 2021~2035 年電力網絡發展計畫，關於附加線路措施對於加強與加速氣候保護入法 聯邦電網法及電網擴張改革法
聯邦電網法及電網擴張改革法	<ul style="list-style-type: none"> • 更新聯邦電網法進行電網擴建 • 電網擴建計畫

資料來源: 闕棟鴻、施沛宏，〈德國提出「復活節套案」改革電力部門法案〉，《能源知識庫》，2022 年 6 月 1 日。

俄羅斯對烏克蘭的襲擊和隨後的能源危機給這些能源計畫蒙上了陰影。承諾將氣候行動作為其工作核心的蕭茲發現不得不加強德國的化石燃料供應，並為該國應對前所未有的寒冬能源成本上漲做好準備。但是，除了迄今為止設法避免對工業和家庭造成最壞結果的即時危機應對措施之外，政府還尋求充分利用新形勢，並利用化石能源短缺作為讓國家為清潔能源做好準備的機會。

德國總理蕭茲已經將為將德國剩餘的所有三個核能電廠的運行時間延長至 2023 年 4 月，以解決有關延遲結束核電的爭端，這使得執政聯盟得以保留核電數月，該決定是在歐洲能源危機的背景下所做出，比該國經濟部早先提出的

僅針對其中兩家工廠的提延役議更進一步，然而蕭茲的決定意味著廢核政策不會改變，也不會購買新的燃料棒，從而能在 2023 年 4 月完成廢核任務。

表 2- 4 (EEG 2021)與(EEG 2023)比較

	陸域風力	離岸風力	太陽光電
(EEG 2021)	2030 年陸域風電裝機容量達到 71GW	離岸風電達 20GW	太陽能發電達 100GW
(EEG 2023)	2030 年陸域風電裝置容量能達到 115GW	離岸風電能達到 115GW	太陽光電能達到 215GW

資料來源: 闕棟鴻、施沛宏，〈德國提出「復活節套案」改革電力部門法案 力求 2035 年再生能源發電 100%〉，《能源知識庫》，2022 年 6 月 1 日。

<https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference>。經濟部國際合作處，〈德國修訂再生在能源法，以加速能源轉型〉，2022 年 7 月 11 日。

<https://www.moea.gov.tw/MNS/ietc/bulletin/Bulletin.aspx?>

二、再生能源法修法

再生能源轉型證明了優先部署再生能源的重要性，例如太陽能設備與鄰國的合作，電網充足性與賦予生質能源在能源結構中適當的比例，具有成本效益的投資考量等等。現今德國面臨的最大挑戰是其對化石燃料的矛盾依賴，德國是一個主要的煤炭進口國，也是一個生產國，擁有大量的褐煤儲量，它對煤炭的依賴以及未能確定逐步淘汰煤炭的日期，對該國本身和歐盟其他國家都有負面影響，雖然天然氣經常被宣傳為過渡燃料，但天然氣消費量的增加會引發政治和能源安全方面的擔憂，特別是如果這是通過增加對俄羅斯天然氣的依賴來實現的。

表 2- 5 (EEG 2023)各類再生能源的目標

陸域風力	離岸風力	太陽光電
2030 年陸域風電裝置容量達 115GW	2030 年離岸風電裝置容量達到 30GW	2030 年太陽光電裝置容量達到 215GW
2022 年新增 3GW、 2023 年新增 5GW、 2024 年新增 8GW，並 於 2025~2035 年每年新 增 10GW	2035 年 40GW、 2045 年 70GW	2022 年新增 7GW、 2023 年新增 9GW、 2024 年新增 13GW、 2025 年新增 18GW
		2026 年 ~2035 年，每 年皆新增 22GW

資料來源: 闕棟鴻、施沛宏，〈德國提出「復活節套案」改革電力部門法案 力求 2035 年再生能源發電 100%〉，《能源知識庫》，2022 年 6 月 1 日。

<https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference>。

2000 年 4 月 1 日，再生能源法(EEG 2000)取代饋入電網法，成為德國推廣再生能源於電力部門發展的最主要政策。2014 年的修法為更是重要分水嶺，將國內再生能源的補貼機制進行修正，透過補貼機制改革，使再生能源與傳統能源進行公平競爭的嶄新階段。2014 年的修法導入「部署走廊 (Ausbaupfade)」，即透過規範成熟再生能源技術每年度的新增裝置容量上限，以俾在再生能源部署與電網基礎設施的開發速度之間取得平衡。⁷⁵再生能源法 (EEG 2017))基於三個指導原則進行修訂：⁷⁶

1. 維持再生能源於部署走廊範圍內穩定發展。
2. 將實施再生能源法案的總體成本降至最低。
3. 為所有拍賣市場參與者創造一個公平的競爭環境。

⁷⁵ 王彩霞、李梓仟、李瓊慧，〈德國可再生能源法修訂之路及啟示〉，《中國電力新聞網》，2016 年 9 月 24 日。<https://kknews.cc/finance/jam94l.html>。檢索日期: 2022 年 10 月 11 日。

⁷⁶ 張瓊之，〈德國新再生能源法(EEG 2017)〉，工業技術研究院綠能與環境研究所，2017 年 7 月，https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference_more?。檢索日期: 2021 年 8 月 11 日。

再生能源法 EEG 2017 提供了德國再生能源公開招標的基礎，⁷⁷也使再生能源擴張與電網基礎設施能夠同步發展。

2014 年版再生能源法(EEG2014)，首次採用針對太陽能電站的招標制度，分階段推動太陽能融入電力市場、調減並最終退出補貼。同時，通過調整對用電密集型企業、自發自用電量等的電費附加分攤減免政策，嚴格控制再生能源電費附加。2016 年，再生能源法再次修訂，體現了德國對歐盟關於各國可再生年能源支持政策要求的響應，也體現了德國政府實現高比例可再生能源發展目標、降低可再生能源發展成本的決心。

歐盟 2014 年對成員國再生能源政策提出新要求，按照歐盟裁決，德國 EEG2014 有效期僅到 2016 年底，2017 年需要新版法案。2014 年 4 月，歐盟委員會發布《2014 環境保護與能源國家資助指南》，對成員國可再生年能源政策提出調整要求，其核心要點是逐步降低可再生年能源補貼，激勵可再生年能源提高自身競爭力。⁷⁸

EEG 階段修法主軸為 EEG2000（1991~2003 年），確定以固定上網電價為主的再生能源激勵政策，德國國內再生能源發電市場啟動，EEG2004（2003~2008 年），完善上網電價政策，再生能源發電快速發展，EEG2009（2009~2012 年），建立基於新增容量的固定上網電價調減機制、鼓勵自發自用，首次提出市場化方面的條款。EEG2012（2012~2014 年），完善基於新增容量的固定上網電價調減機制和自發自用激勵機制，鼓勵可再生年能源進入市場。EEG2014（2014~2016 年），嚴格控制再生能源發電補貼，首次提出針對光伏電站的招標制度試點，分階段、有重點推動太陽光發電市場化。EEG2017，全面引入再生能源發電招標制度，正式結束基於固定上網電價的政府定價機制，全面推進再生能源發電市場化。⁷⁹

⁷⁷ The German Renewable Energy Act 2017 – An overview for foreign investors/banks, ALLEN&OVERY, 2016/8, <<https://www.allenoverly.com/germany/expertise/practices/finance/investment-funds/>>。檢索日期:2022 年 10 月 11 日。

⁷⁸ 王彩霞、李梓仟、李瓊慧，〈德國可再生年能源法修訂之路及啟示〉，《中國電力新聞網》，2016 年 9 月 24 日。<https://kknews.cc/finance/jam94l.html>。檢索日期: 2022 年 10 月 11 日。

⁷⁹ 王彩霞、李梓仟、李瓊慧，〈德國可再生年能源法修訂之路及啟示〉，《中國電力新聞網》，2016 年 9 月 24 日。<https://kknews.cc/finance/jam94l.html>。檢索日期: 2022 年 10 月 11 日。

2021 年度的修法上，主要導向了協助再生能源廠得以更完善的準備進入市場，包括與現有的政策發展接軌。還有'擴大再生能源產能，重新制定再生能源徵收稅款，提高公眾對於再生能源的接收度。⁸⁰

再生能源法(EEG 2023)，提出更具挑戰性的目標，期達成新聯合政府 2030 年再生能源發電占比達 80%，並於 2035 年達成再生能源發電占比 100%，並使電力部門於 2035 年即達成碳中和的願景。其主要措施為訂定 2030 年太陽光電裝置容量達到 215GW 的目標，同時訂定了太陽光電每年新增裝置容量的量化目標，希望德國太陽光電 2022 年新增 7GW、2023 年新增 9GW、2024 年新增 13GW、2025 年新增 18GW，並於 2026 年 ~2035 年，每年皆新增 22GW 之目標。2030 年陸域風電裝置容量達 115GW 的目標。新修訂的再生能源法，訂定 2030 年離岸風電裝置容量達到 30GW 的目標，並期望在 2035 年與 2045 年離岸風電裝置容量分別達到 40GW 與 70GW。⁸¹

德國為實現再生能源填補廢核後能源不足目標，其再生能源占比必須在 10 年內成長近 1 倍，再生能源的快速成長有助於減少德國對能源進口的依賴，鑑於俄烏戰爭的影響，德國政府認為能源主權已成為攸關國家和歐洲安全的問題，所以必須透過再生能源法修法，以及加速增量再生能源設備。⁸²

國家能源轉型不是孤立發生的，德國可以為整個歐盟的能源辯論做出重大貢獻，然而，它還必須藉由其他成員國的經驗，考慮到德國對其近鄰的影響，歐盟提供了影響能源轉型成功的更大背景、框架和驅動因素，雖然歐盟的承諾和採取的措施是由德國所制定的，但它確實對其鄰國產生了影響。

⁸⁰ 張瓊之，〈德國新再生能源法(EEG 2017)〉，工業技術研究院綠能與環境研究所，2017 年 7 月，https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference_more? 檢索日期: 2021 年 8 月 11 日。

⁸¹ 〈德國修訂再生在能源法，以加速能源轉型〉，經濟部國際合作處，2022 年 7 月 11 日。
<https://www.moea.gov.tw/MNS/ietc/bulletin/Bulletin.aspx?> 檢索日期: 2022 年 10 月 9 日。

⁸²

第三章 德國能源轉型

第一節 加速推動再生能源

能源轉型指國家因為政治、經濟、產業、環境等因素，進而改變整體能源生產結構，經由風力、太陽能、生質能源等再生能源，逐步取代燃煤與核能，重點在終止燃煤、關閉核電廠等高碳排放與高汙染性能源，轉而使用可再生能源。

德國能源轉型是一個長期過程，表面上看起來像是在日本福島核災後所做出的政策轉彎，其實是民意和技術趨勢所形成的政策決策，轉型過程雖受到大眾的支持，但也同時面臨許多的挑戰，值得我們觀察研究，從永續的角度來看，德國在地社會發展出許多技術和社會面的創新，從車諾比核災、日本福島核災、北溪一號天然氣斷氣事件，德國政府的政策轉型推波助瀾，使得整個社會以再生能源支持的溫室氣體減量和產業轉型過程，在啟動能源轉型政策之前，德國在地公民運動、反核運動等議題已累積相當聲量，並且與能源議題如再生能源發展和核能發展相應匯流，政府也在 1990 年代開始透過立法來推動再生能源發展，並在 2000 年後推動廢除核能，過程中透過對話機制以及聽取專業知識與公眾意見，一方面維繫社會正當性，另一方面也使得轉型過程可以不斷精進，加速德國能源轉型。

一、北溪一號停氣促使轉型急迫

受人口增長以及都市繁榮影響，全球能源需求將持續上升，這將使得越來越多的人有能力購買商業能源設備，大型風能和太陽能設施將提供越來越多的電力，不過大部分能源需求仍將經由石油、天然氣和煤炭來滿足，氣候變化的全球挑戰目前仍未得到解決，極端氣候的可能性也越來越大，特別是北非以及橫跨中東、印度北部和中國等地區，要完全達到碳零排放的根本解決方案，短期內應該還是難以達成。

尤其是俄烏戰爭後，2022 年 7 月，俄羅斯以年度維修管道為名，暫停通過波羅的海管道北溪 1 號向歐盟輸送天然氣，2022 年 9 月份，俄羅斯宣布「北溪

一號」天然氣管線，因外洩問題將無限期斷氣，停止北溪一號天然氣供應後，讓德國的能源陷入危機。⁸³由於德國超過五成的天然氣，都來自於俄羅斯，這波能源緊縮，讓德國經濟承受越來越大的壓力，德國經濟因此受到嚴重衝擊，也可能讓德國經歷長期性的經濟萎縮，這些都更加速了德國急欲擺脫俄羅斯能源威脅。

早在德國前總理施洛德任期內，德國和俄國就已經開始研究合資開通直通兩國的北溪天然氣管道項目，避免天然氣管道繞道東歐產生各種擾人的政治與經濟問題。北溪 1 號管道在正常情況下向德國和西歐國家每年提供約 550 億立方米的天然氣。2021 年輸氣量高達 592 億立方米，成為國際能源格局中重要的一環。⁸⁴

北溪一號的斷氣造成德國及歐洲經濟上極度衝擊，尤其是天然氣價格飆升，人民苦不堪言，沒了這北溪一號天然氣，需急速找尋其他供氣來源，所幸後來法國答應相救，另也緊急向澳洲採購天然氣，解燃眉之急。

眼看能源危機持續緊張，德國總理蕭茲就曾表態，透露讓德國剩下的三座核電廠繼續運作「可能有意義」。後來果真如此，德國政府延遲 2022 年底關閉所有核電廠的計畫，雖說視違背德國堅持了逾十年全面廢核的政策，但也不得已。歐洲經濟火車頭德國，如今於 2022 年深陷能源危機難以自拔，如今的德國不得不採取各種手段來試圖維持當年冬季有足夠的能源可用。德國現存 3 座核電站，其中 2 座將維持可運作狀態直至 2023 年 4 月份，以防德國在 2022 年冬季出現電力供應短缺。

俄烏戰爭至今，西方國家對俄羅斯祭出嚴厲制裁，拒買俄羅斯的石油與天然氣，俄羅斯則切斷天然氣供應來回應，其所造成能源價格飆漲，對全球造成衝擊能源危機，德國也無法倖免。如何針對加強能源安全、減少市場波動和加速全球乾淨能源轉型，是時候由德國領導全歐洲來對抗俄羅斯，力求團結的必要。

⁸³ <歐洲能源大動脈「北溪一號管」：一條牽動著世界能源格局和地緣政治的「敏感神經」>，《關鍵評論》，2022 年 7 月 18 日。<https://www.thenewslens.com/article/169988>。檢索日期: 2022 年 10 月 9 日。

⁸⁴ 同上註。

為確保德國中長期的能源供應，並防止能源設備成本不斷提昇，政府應採取其它的行動，例如加快電網擴建，以實現更多可再生能源的併網，其次應擴大高峰負荷容量以補償將被淘汰的安全容量，或者保留現有備用容量直到新容量補足，再來是為確保短期供應，德國可以與國外電廠簽訂協議，在國內供應出現瓶頸時，由國外電廠提供電力補充，不過由於其他國家也計劃關閉安全產能，此類協議大概只能作為有限的臨時解決方案，最重要的應蓋是擴大需求管理，進一步緩解供應瓶頸，隨著核能和煤電的逐步淘汰，擴大需求管理在未來幾年將變得迫切需要。⁸⁵

二、德國能源轉型關鍵策略

德國能源轉型的另一個挑戰，是它的啟動幾乎沒有考慮到其跨境影響，也沒有諮詢鄰國，最初它僅被視為國內事務，然而德國行動的影響已經在國外受到影響，例如以下方面：⁸⁶

- 1.從電網管理的角度來看，德國的鄰國對其波動的可再生電力生產起到了緩衝作用。
- 2.從環境和健康的角度來看，燃煤產生的空氣污染不受國家邊界的限制。
- 3.從地緣政治的角度來看，德國進一步增加俄羅斯天然氣進口的計劃不僅引發了歐盟的能源安全問題，還引發了更廣泛的政治、法律和經濟問題。

可以說，德國的能源轉型創造了一個不連貫的政策框架，不完全符合歐盟的氣候和能源目標，但從經驗教訓得到了再生能源發展的新策略，許多德國人願意從環境保護角度來思考加入能源轉型的投資。⁸⁷

⁸⁵ <德國再生能源最新發展，反思我國能源政策>，《The New Lens 關鍵評論》，2017年12月15日，<https://www.thenewslens.com/article/85211>。檢索日期: 2021年10月11日。

⁸⁶ 同上註。

⁸⁷ “Energiewende” (能源轉型)，Bundesregierung (德國聯邦政府), Accessed December 10, 2015, <[http://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeitenBreg/Energie FiT Contract For Difference \(cfd\)](http://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeitenBreg/Energie%20FiT%20Contract%20For%20Difference%20(cfd))> 檢索日期:2022年10月11日。

第二節 風力發電與太陽能政策發展

一、風力發電政策發展

人類利用風力發電的嘗試，則最早在 19 世紀末的歐洲就已經開始。1991 年丹麥安裝了全世界第一座離岸風場-Vindeby，自此揭開了風力風電產業的序幕。⁸⁸

2000 年，德國成為第一個全面押注風能和太陽能的大型經濟體，透過了一系列的法律，為再生能源提供高保證上網電價。此舉引發了風能和太陽能的繁榮，並在梅克爾的領導下加速發展，當她 2005 年上任時，再生能源佔德國發電量的 10%，從那以後的幾年裡，這個數字飆升至 40%，梅克爾政府官方目標是到 2030 年將可再生能源提高到能源結構的 65%。⁸⁹

太陽能風能與煤炭、再生能源與傳統能源、氣候和環境與就業和經濟，德國多年來一直在努力在這些能源之間試圖開闢一條道路，長期以來，該國一直認為自己是綠色先驅，在核電、氣候變化和再生能源等問題上走在道路前端。

(一)保證收購價格

真正讓風電市場起飛的，其實在於政府扶植產業的躉購制度。2000 年，德國推出再生能源法案，含「固定躉購費率制度」，政府提供優惠的保證購電價格，吸引廠商投資，再生能源法案中，對離岸風電的躉購費率有兩種選擇，保證前 12 年或前 8 年有固定的收購費率至 20 年期滿。⁹⁰風力產業越臻成熟後，德國政府就減少躉購補助。2017 年，新風場開始採用競標制，以拍賣方式取代上網電價，理由是風電市場的成熟本質可以通過這種方式得到最好的服

⁸⁸ 朱珮綺，〈淺談全球離岸風電發展關鍵趨勢〉，經濟部技術處，2020 年 11 月 11 日。
<https://www.moea.gov.tw/MNS/doi/industrytech/IndustryTech.aspx?>。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

⁸⁹ 劉書彬，〈德國梅克爾政府(2005-2013)的能源轉型經濟〉，台灣大學風險與社會政策研究中心，2015/03/24。
<https://rsprc.ntu.edu.tw/zh-tw/m01-3/research-archive.html?start>。檢索日期: 2021 年 8 月 11 日。

⁹⁰ 同上註。

務。⁹¹2017 年新風場的競標制，德國 EnBW 公司與丹麥沃旭集團，就首度以零元收購價標下北海風場，這代表風電商不再需要靠政府收購保證，可以靠在市場的能源交易所售電獲利。透過市場競爭，2017 年德國從躉購費率轉為採用價格競標。經由競標所分配且將在 2021 年至 2025 年間完成併網的所有新計畫，至 2025 年為止，將增加 10.8 GW。⁹²

德國 2038 年起逐步淘汰煤炭和褐煤發電，這個漫長的過渡期反映了煤炭對國民經濟至關重要，但也意在讓產煤地區如科特布斯等地區有時間為不可避免的經濟損失做準備，然而從本質上講，逐步淘汰計劃旨在幫助德國實現其 2030 年氣候目標，並在經歷多年挫折後恢復該國的綠色信譽。

(二)擴大離岸風電裝置量

風力發電是再生能源選項之一，也是低碳經濟能源選項下的綠能產業，隨著離岸風機愈做愈大，費用也逐漸下降，現今興建一座離岸風場的費用已經不會比興建燃煤電廠或燃氣電場還要貴，所以在達到能源轉型目標之際，離岸風電扮演著關鍵角色，光是 2019 年底，近 1500 架已併網的離岸風機之總產量為 7.6 GW，大約是全德國總能源配比的 5%，到了 2020 年，離岸風機之總產量也達 7.7 GW。⁹³

不過從風力發電機造成區域性供過於求的現象來看，緊接而來的是政府補貼帶動大量成長之後的電力事業利益分配問題，畢竟在電力市場機制中，受政策鼓勵進場的業者，不只是扮演低碳能源的供應者，更在乎的是電力出售的利潤，風力發電的快速成長，其實已造成利益上的侵蝕，過去幾年多數政府大力扶植電廠設置風力發電機，還提供電廠補助，如今反而成為最大的威脅，因為再生能源成功市場化與利潤化後，背後的利益糾葛形成電力市場嚴肅的新課題。

⁹¹ 張瓊之，〈德國新再生能源法(BEG 2017)〉，工業技術研究院綠能與環境研究所，2017 年 7 月，https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference_more? 檢索日期: 2021 年 8 月 11 日。

⁹² 周桂蘭，〈2019 年全球再生能源現況報告〉，工業技術研究院綠能與環境研究所，2019 年 6 月 30 日。<https://km.twenergy.org.tw/document/reference>。檢索日期: 2022 年 10 月 9 日。

⁹³ 朱珮綺，〈淺談全球離岸風電發展關鍵趨勢〉，經濟部技術處，2020 年 11 月 11 日。<https://www.moea.gov.tw/MNS/doi/industrytech/IndustryTech.aspx?> 檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

另外對輸電設備的供應商來說，如何讓德國北部風力發電廠的多餘的電力轉送到南部的重工業區，有效解決風力電廠供應過多的問題，這也是德國政府要面對的另一課題。

風力產業越臻成熟後，德國政府慢慢減少躉購補助，2017 年起新風場就開始採用競標制，以拍賣方式取代上網電價，這代表風電商不再需要再靠政府收購保證，可以透過市場的能源交易所售電力獲利。

(三)目前風力發電進展

歐盟委員會在其最新的「2050 年長期減碳戰略」中確定，到 2050 年風能將成為主要的發電技術，並預計將安裝 450GW 的海上風能⁹⁴。德國的風力發電（陸上風電及離岸風電）裝機容量只僅次於美國和中國，能源轉型創造了就業機會，在風能領域全球將近 14%（大約 16 萬人）的就業機會位於德國，使德國在全球排名第二，且產業科技的發展屬世界一流。⁹⁵

由於風力渦輪機的容量無法以很小的增量進行調整，因此必須使用現代控制工程技術將風電場相互連接，實現平穩的功率轉換，從而防止電網波動。

1.陸域風電: 陸上風力渦輪機可以依其輸出容量進行分類，小型風力發電機的容量高達 50kW；輪轂高度更高時，大型風力渦輪機的容量可達到 7MW 左右，小型風力渦輪機可用於家庭發電，風況佳時甚至可以替代傳統的柴油發電機，當與其他再生能源技術結合使用時，小型風力渦輪機非常適合在離網地區提供基礎電力供應，大型陸上風力渦輪機通常安裝在具有電網連接的風電場中，為了達到最大容量輸出，需要高風速和恆定的風量，因此通常位於海岸附近或山頂等較高的位置，如果是單機，也可以將風能直接提供給商業、工業或農業用戶，為工廠、商業綜合體和農業設備供電，德國的陸上風電由於生態環保問題及居民的反對，目前已暫時停止開發新的陸上風電場。⁹⁶

⁹⁴ <歐盟正式發布「歐洲綠色政綱」，宣示 2050 年達成氣候中和>《永續新聞》，2021 年 6 月 4 日。 https://www.sale-greenlabel.com/cn/news/major_trend/detail/225。檢索日期: 2021 年 10 月 8 日。

⁹⁵ 謝雯凱、張素美，<歐盟正式通過綠色新政，揭示 2050 年要達到碳中和>，《能源知識庫》，2020 年 1 月 13 日。 https://km.twenergy.org.tw/Data/db_more?。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

⁹⁶ 朱珮綺，<淺談全球離岸風電發展關鍵趨勢>，經濟部技術處，2020 年 11 月 11 日。 <https://www.moea.gov.tw/MNS/doi/industrytech/IndustryTech.aspx?>。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

2.離岸風電:雖然德國暫時停止陸上新風電場的開發，然而在離岸風電的部分仍有持續開發的潛力，尤其離岸風電對減緩全球氣候暖化有巨大貢獻，且海上風電的容量因子（capacity factors）高於陸上風電，約為太陽光電的 2 倍。海上風能的輸出隨風的強度而變化，但時變性低於太陽光電發電。與太陽光電相比，海上風電通常在一個較窄的範圍內波動，每小時波動高達 20%，而太陽光電波動則高達每小時 40%。此外，近年離岸風電除較新的核電或燃氣發電廠便宜外，又具有較低的可變性和介於 40%至 50%的較高容量因子，因此，離岸風電以經濟有效的方式實現歐洲的 2030 年和 2050 年氣候與能源目標至關重要。截至 2019 年底，歐洲水域安裝了超過 20GW 的離岸風電，大部分位於北海，約有 2GW 位於波羅的海（丹麥 872MW，芬蘭 68MW，德國 1,074MW 和瑞典 192MW）。⁹⁷波羅的海過去由於漁業、交通運輸及軍事的關係而較少進行離岸風電的開發，但歐洲風能協會（WindEurope）認為波羅的海是未來深具開發的水域，到 2030 年波羅的海將部署達 9GW 以上，在各國政府加強區域合作的情況下，還有可能會增加到 14GW 以上。根據國際能源機構（International Energy Agency, IEA）的數據，到 2042 年，離岸風電可能成為歐洲第一大發電來源。目前安裝的 20GW 發電量平均滿足歐洲年度電力需求的 1.5%。到 2050 年，歐洲的離岸風電可能達到 450GW，其中北海的安裝量可能達到 212GW，波羅的海的安裝量則可能達到 85GW，這將使波羅的海成為僅次於北海的歐洲第二大海上風電場。德國在啟用新場址方面將面臨重大問題，尤其是在波羅的海地區將近 3/4 位於海岸 22 公里以內，目前因為生態保護、運輸及軍事等原因還無法在該海岸建設海上風能計畫。⁹⁸如果繼續這種排斥行為，將很難確保該地區有足夠的站點。此外，德國應檢視目前對自然保護區中海上風電計畫的排除，以降低海上風電的平均成本。至關重要的是，德國必須迅速啟動電網強化，特別是北部的陸上電網向南延伸，因德國離岸風場設在北海及

⁹⁷ 陳怡均，〈德國風力發電遭遇挑戰〉，《中時新聞網》，2019 年 12 月 8 日。
<https://www.chinatimes.com/newspapers/20191208000421-260209?chdtv>。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

⁹⁸ 莊瑞萌，〈德國再生能源發電 超越傳統發電〉，再生能源資訊網，2019 年 7 月 5 日。
<https://www.re.org.tw/news/more.aspx?cid=199&id=2995>。檢索日期: 2021 年 10 月 11 日。

波羅的海，德國汽車、鋼廠及機械業者等大用電戶卻位於南部；未來甚至將不得不與其鄰國合作以實現擴大互連，並建立離岸混合發電計畫。如果德國解決其電網瓶頸並展現 2030 年之後的海上風電。⁹⁹

(四) 陸域風電關鍵角色

德國能源轉型最有利工具，風能及太陽能繼續扮演關鍵角色，然而陸域風電的拓展目前已遇到障礙，主要原因來自於市民對新陸域風場抗爭訴訟，其實為了提升公民的參與度，往往在招標規定裡，對公民能源合作計畫提出的優惠待遇，其實是不利於風力發電發展的，因為許多風場最後都無法如期完工，隨著這將近 3 萬架陸域風機主要座落在德國北部的空曠平坦地區，擁有良好風力條件且容易取得的空間幾近用罄，在 2019 年，新架設的淨風機數量降至這 20 年來最低的程度，只有 0.65 GW，如何在森林或丘陵地區開發新風場，且能妥善解決環保人士的抗議，是一個急須解決課題。¹⁰⁰

然而，由於電力生產成本預期將從 2014 年最高的 9 歐分，降至 2020 年的 5 歐分以下，這讓風力發電能具備長期競爭優勢，勝過燃煤發電成本。¹⁰¹

再生能源有因地制宜的特性，德國北部平原和北部外海的北海、波羅的海風力資源最豐沛，但製造業等用電大戶集中在南部，因此有必要建設高壓直流輸電網，將北部的風電南運。如何克服建設過程中遇到來自地主和環保人士的重重阻力，成了電力業者的一大難題。

由於對區域能源供應持續擔憂，歐洲各國大力建設共享電網。德國與北歐國家正在建立一條約 300 公里長的漢莎電橋電力線來實現電力共享，計劃于 2026 年投入運營。¹⁰²這意味著如果德國波羅的海沿岸的風太大，風力渦輪機產生的電力超過了消耗量，多餘的電力就會被輸送到瑞典。在那裏，它可以被抽

⁹⁹ WindEurope, Boosting offshore wind energy in the Baltic Sea ,November 2019 。

¹⁰⁰ 陳怡均，〈德國風力發電遭遇挑戰〉，《中時新聞網》，2019 年 12 月 8 日。

<https://www.chinatimes.com/newspapers/20191208000421-260209?chdtv>。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

¹⁰¹ 王亦笑，〈德國電費 20 年翻一番，未來或出現供電瓶頸〉，《大紀元》，2021 年 9 月 11 日。

<https://www.epochtimes.com/b5/21/9/10/n13225273.htm>。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

¹⁰² 同上註。

水蓄能電站吸收或直接供瑞典消費者使用。相反，如果德國風力發電出現停滯，瑞典的水電就會被利用，並使用該國儲存的電力。

德國目前總共裝設將近 3 萬架的陸域風機以及大約 1500 架離岸風機，其總裝置容量為 53.1 GW，在 2019 年風電佔德國總電力大約 24%，德國政府的計畫要求到了 2030 年，陸域風機總裝置容量應達到 67-71 GW。¹⁰³

由於已經有具備更高發電量且更高營運時數的風機，使得之前不具吸引力的地區在經濟上亦可能使用陸域風電，電力生產成本已經從 2014 年最高的 9 歐分，降至 2020 年的 5 歐分以下，這讓風力發電能具備長期競爭優勢，勝過燃煤發電成本。¹⁰⁴

就附加價值而言，德國已結合創能與儲能的概念，將風電產生的多餘電力透過電解方式分解為氫氣與氧氣，用於其他領域如運輸、燃料及工業用途，由於太陽能和風力發電的間歇性以及缺乏存儲解決方案，波動影響著德國及其鄰國。儘管國內可再生能源發電量正在增加，但德國在需求高峰期仍然需要進口電力。這些進口產品價格昂貴，導致國內電價上漲，相反，當電力需求低迷時，德國必須避免國內電網超載，並被迫以低於市場價格的價格向鄰國出口剩餘電力，包括法國在內的鄰國對德國發電量的波動並沒有過度熱情。它們會影響當地電網的穩定性，從而給鄰國的輸電系統運營商 (TSO) 和消費者帶來負擔和成本。

跨境電力的自由流動是內部能源市場的主要目標，應該通過開發互連器等方式來實現和鼓勵這一目標，德國是一個淨電力出口國，歐洲電網應該能夠滿足這一需求，從理論上講，德國更便宜的電力出口應該對歐盟有利，因為它們可以降低鄰國消費者的價格，挑戰在於電力市場的運作以及成員國保護本國能源產業的傾向，總體教訓是，成員國之間需要更多合作來管理波動並確保流量由價格信號驅動。

¹⁰³ 莊瑞萌，〈德國再生能源發電超越傳統發電〉，再生能源資訊網，2019 年 7 月 5 日。

<https://www.re.org.tw/news/more.aspx?cid=199&id=2995>。檢索日期: 2021 年 10 月 11 日。

¹⁰⁴ 林育立，〈再生能源供電比過半，德國怎麼做到的？〉，《中央通訊社》，2020 年 10 月 28 日。<https://www.cna.com.tw/topic/newsworld/144/202010280003.aspx>。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

二、 太陽能政策發展

德國開始發展再生能源已經有很長一段時間，算是歐洲能源發展先驅，福島核災後，能源發展重心轉向再生能源「太陽能」，1989 年頒布的《再生能源電力強制收購》算是發展再生能源開端。¹⁰⁵

德國於 2000 年通過再生能源法，旨為擴大及改進「10 萬屋頂計畫」及「電力輸送法修正案」，新法設計提高對太陽光電設置更優厚的獎勵條件。再生能源電力強制收購不只保證收購所有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「千屋計畫」（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。緊接著於 1999 年推出為期六年的第二階段的「十萬戶屋頂計畫」（100,000 Däche-Programm），依據「裝置容積分級補助」概念，對德國境內任何新設置太陽光電發電系統進行低利貸款補助，再生能源法則提供太陽光發電為期 20 年優厚固定電力收購價格。¹⁰⁶

過去的數年間，太陽光電的裝置容量已顯著地成長。回顧 2015 年，德國太陽能裝置容量提升 1.3GW，亦新增 1.3GW 裝置容量。2019 年，太陽光電已有 3.34 GW 增加至德國能源配比中，達到了 48.57 GW。目前德國已經裝設完成超過 170 萬組太陽能系統。太陽光電原先所設定的容量上限（目前是 52 GW）預計將於 2020 年完全取消。德國聯邦政府的目標是至 2030 年，太陽光電的裝置容量預期達到 98 GW。¹⁰⁷

雖然德國的基礎設施已經到位，可以將其過剩電力出口到鄰國，但它缺乏足夠的國家基礎設施來將可再生能源整合到電網中並確保在全國範圍內流動。德國展示了可再生能源分散式能源系統的可能性，中小型發電廠為當地消費者

¹⁰⁵ 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〉

¹⁰⁶ 賴怡君，2014 年，《德國太陽能政策發展歷程及現況研究-以弗萊堡為例》，南華大學歐洲研究所碩士論文。

¹⁰⁷ 周桂蘭，〈2019 年全球再生能源現況報告〉，工業技術研究院綠能與環境研究所，2019 年 6 月 30 日。〈<https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference> 檢索日期: 2021 年 8 月 10 日。〉

發電。然而，這對於一個需要綜合網絡的大國來說是不夠的，該網絡可以確保電力在需要時流向城市 and 大型工業消費者。儘管德國北部仍有很大的發展風能的潛力，但只要沒有基礎設施（電網或存儲）來容納過剩電力，無法滿足該國的電力需求。如果歐盟內部電力市場按預期運行，這將不是什麼大問題，但只要情況並非如此，德國就應該儘自己的一份力量，投資於所需的國內基礎設施。

再生能源電力強制收購不只保證收購所有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。

截至 2025 年前，德國政府將投資 4 億歐元用於能源存儲、圍繞可再生能源設計的電力網絡開發、工業過程適應太陽能和風能等波動的可再生能源，以及傳統和可再生能源的整合能源生產。¹⁰⁸

關於能源轉型，另一個被廣泛忽視的事實是，雖然可再生質能源發電通常被簡化為對太陽能和風能的討論，但現實是大量可再生能源發電來自生質能。生物基材料是一種非常重要的能源，尤其是在供暖和運輸部門。根據德國聯邦環境署(Umweltbundesamt)的數據，2021 年可再生能源在供電領域佔總用電量的 41.1%(2020 年為 45.2%)；不過可再生能源在消費面如供暖領域僅佔 16.5%，運輸領域僅佔 6.8%，相對低很多。石油、天然氣和煤炭仍然是德國(以及歐洲)最重要的能源，特別是進一步用於如發電、移動、工業或家庭供暖所需前的所謂初級能源。根據德國聯邦環境署的數據，2021 年德國初級能源消費依能源類別分別為：石油和天然氣仍是主要能源，分別佔 32%和 27%、無煙煤(Steinkohle)和褐煤的能源佔 18%、可再生能源僅佔 16%、核能佔 6%。¹⁰⁹

德國公民在發起和實施能源轉型中發揮了關鍵作用。他們對能源轉型的所有權和支持並不總是導致一致的決定，但它帶來了積極因素。這也可以解釋他們願意支付費用的原因。當然，它有助於提高投資和政治支持，允許較小的供應商接入電網並要求能源供應商購買可再生能源為城市、社區和個人家庭參與

¹⁰⁸ 林育立，〈再生能源供電比過半，德國怎麼做到的？〉，《中央通訊社》，2020 年 10 月 28 日。<https://www.cna.com.tw/topic/newsworld/144/202010280003.aspx>。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

¹⁰⁹〈調查：德國天然氣佔供熱領域 47%，仍為最重要的能源〉，《理財網》，2022 年 4 月 27 日。<https://www.moneydj.com/kmdj/news/newviewer.aspx?>。檢索日期: 2022 年 10 月 9 日。

轉型提供了強大的動力，進一步培養人們在轉型中做出貢獻的知識和能力將使他們成為更強大的轉型推動者。儘管仍然存在挑戰，再生能源的前景還是很廣闊的，陸上風力發電和水力發電等可再生能源發電已經可以在成本上與化石燃料發電競爭，太陽能也越來越具有競爭力，在經歷了高昂的前期投資成本之後，運營和維護成本與煤炭等相比較低，簡而言之，可再生能源的成本競爭力和吸引力越來越大，如果要減少與能源相關的溫室氣體排放並提高能源安全，可再生能源必須成為未來能源結構的重要組成部分，因此從過去的錯誤中吸取教訓並確保以盡可能最有效的方式進行開發和部署是有意義的。

德國的經驗對於該國本身和整個歐盟來說都是寶貴的教訓來源，德國的例子提醒各國，從一開始就制定可持續能源系統的全面願景和實現這一目標的全面戰略是多麼重要，這符合歐盟的目標，並與其他成員國協調實施，簡而言之，德國的綠色和再生能源未來離現實還很遙遠，雖然可再生能源在電力生產中的份額大幅增加，但總體情況並不樂觀，儘管重點一直放在電力部門，但在實現供熱和交通部門的能源轉型方面卻做得很少。¹¹⁰

今天，德國面臨的最大挑戰是其對化石燃料的矛盾依賴，它是一個主要的煤炭進口國，也是一個生產國，擁有大量的褐煤儲量，它對煤炭的依賴以及未能確定逐步淘汰煤炭的日期對該國本身和歐盟其他國家都有負面影響，雖然天然氣經常被宣傳為過渡燃料，但天然氣消費量的增加會引發政治和能源安全方面的擔憂，特別是如果這是通過增加對俄羅斯天然氣的依賴來實現的，如果投資未能識別氣候和能源趨勢及目標，人們還可能挑戰投資的經濟可行性，此外，考慮到德國作為汽車製造商的主要角色，交通部門的改善將不僅對國內而且對其他國家產生多重影響。

對德國太陽能電池製造商的補貼可以說減緩了太陽能發電在德國和歐盟乃至全球的最佳部署。他們幫助人為地保持太陽能價格高，因為他們的目標不是實現最佳投資回報。雖然保護其工業可能符合德國的國家利益，但補貼對全球氣候產生了負面影響。由於在最佳地理區域生產太陽能，正是中國而非德國大

¹¹⁰ <國際能源署發布 2022 年世界能源展望>，中國核能行動協會，2022 年 10 月 13 日。
<https://www.china-nea.cn/site/content/42146.html>。檢索日期: 2022 年 10 月 31 日。

規模生產太陽能，降低了成本並幫助減少了全球溫室氣體排放。歐盟沒有利用日益激烈的競爭，而是通過在 2013 年對中國實施反傾銷措施和最低進口價格來減緩歐洲的太陽能部署。雖然歐盟認為這是保證與歐洲製造商的不扭曲競爭所必需的，但從經濟和環境的角度來看，這一決定仍然值得懷疑。事實上，雖然以犧牲德國和歐洲消費者的利益為代價實施，並且違背了大多數太陽能行業專業人士的意願，但它延長了德國一家主要太陽能公司的生命。¹¹¹

2021 年，德國太陽能光電組件銷量較上年 2020 年增長近 10%，德國太陽能市場顯著增長通過部署約 240,000 個新的太陽能系統，2020 年總產量達到 5.3 GW，2020 年總裝機容量為 4.8 GW，但在 2021 年成功地記錄了 2020 年安裝的太陽能裝機容量的 10% 以上，預計到 2020 年底 2030 年，太陽能裝機容量將達到 200GW。¹¹²

到 2030 年，新政府預計可再生能源目標將增加其在德國電力消耗中的份額至 80% 左右。這一假設還導致即將啟動更多太陽能項目，為國家電網增加太陽能發電容量。2021 年，德國公共淨發電量的百分之四十六 (46%) 來自再生能源。¹¹³該國已安裝的太陽能系統在 2021 年產生了約 48.4 TWh 的電力，其中 44.6 TWh 連接到德國電網，而 3.8 TWh 被個人消耗。11 月新增裝機容量 4.9 吉瓦，累計新增裝機容量 58.6 吉瓦。隨著產能的增加，太陽能發電廠在 3 月至 8 月的發電量高於燃煤發電廠，4 月至 10 月的發電量也高於燃氣發電廠。¹¹⁴

儘管夏季相對多雲，2021 年，德國新增逾 5 百萬瓩 (GW) 太陽能發電量，較前一年增加 10%。這令德國去年太陽能總發電量達到 59GW，超越陸上風力發電量。¹¹⁵2021 年日照時數比前一年多，自 2003 年以來，太陽能的使用量不斷增加，因為陽光隨手可得，無限充足。因此，多年來，太陽能系統的應

¹¹¹ 同上註。

¹¹² 同上註。

¹¹³ <德國修訂再生在能源法，以加速能源轉型>，經濟部國際合作處，2022 年 7 月 11 日。
<https://www.moea.gov.tw/MNS/ietc/bulletin/Bulletin.aspx?>。檢索日期: 2022 年 10 月 9 日。

¹¹⁴ 鄭勝得，<德國家庭搶裝太陽能板>《工商時報》，2022 年 9 月 11 日。
<https://readers.ctee.com.tw/cm/20220911/andac4/1203729/share>。檢索日期: 2022 年 10 月 9 日。

¹¹⁵ 同上註。

用受到越來越多的關注，尤其是俄烏戰事地緣政治風險升高，使得更多民眾開始將目光轉向太陽能。

除了太陽能是免費的、無限的、不受限制的，太陽能光伏發電在德國發電中所佔份額的增加也是太陽能設備和組件成本較低的原因。人們對可再生能源重要性的認識增強也增加了更多太陽能項目的部署。與此同時，核能和硬煤等其他能源在德國發電量中的份額出現下降。

據《聯合新聞網》報導，2022 年第一個月，北萊茵-威斯特法倫州 (NRW) 和巴登-符騰堡州有幸成為首批對部分太陽能項目履行太陽能義務的州。巴登-符騰堡州要求任何商業和機構的所有業主在其物業上安裝太陽能屋頂發電系統。2022 年 5 月，住宅業主也將有義務滿足太陽能屋頂的要求。到 2023 年，上述太陽能光伏發電義務將成為巴登-符騰堡州所有新老住宅、商業和機構建築的強制性義務，以實現到 2040 年底實現氣候中和的目標。¹¹⁶

與此同時，在北萊茵-威斯特法倫州，每個擁有超過 35 個停車位的商業停車場都需要安裝太陽能系統，在接下來的幾個月裡，德國其他州都有望遵守同一立法下的太陽能義務。¹¹⁷

根據德國政府新簽署的太陽能義務協議，太陽能屋頂系統將在未來幾年內強制用於所有住宅和私人財產以及商業企業和其他設施。它將被視為新的太陽能規則，以實現該國的中性氣候，並使太陽能成為整個德國的主要電力來源之一。截至目前，該國正在消耗 9% 的太陽能電力。¹¹⁸

德國政府紅綠聯盟的氣候保護項目，未來幾年新增太陽能裝機容量將增加兩倍。特別是，他們的目標是到 2030 年底達到 200GW。¹¹⁹

在再生能源當中，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

¹¹⁶ 莊瑞萌，〈德國再生能源發電超越傳統發電〉，再生能源資訊網，2019 年 7 月 5 日。
<https://www.re.org.tw/news/more.aspx?cid=199&id=2995>。檢索日期: 2021 年 10 月 11 日。

¹¹⁷ 鄭勝得，〈德國家庭搶裝太陽能板〉《工商時報》，2022 年 9 月 11 日。
<https://readers.ctee.com.tw/cm/20220911/andac4/1203729/share>。檢索日期: 2022 年 10 月 9 日。

¹¹⁸ 同上註。

¹¹⁹ 同上註。

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。

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。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。

德國日照時間並不長，但是德國政府透過電力公司用較高價錢，補貼收購附近住戶或其他由再生能源業者。就像是柏林郊區一個城鎮，不但成立太陽能研發中心，家家戶戶更在屋頂安裝太陽能板。成了德國的「太陽能城」。這裡住戶，不用擔心油電漲價，因為他們用不完的電，還可以賣還給政府賺錢。¹²⁰

2012年5月德國太陽能電板締造世界記錄，供應電力達到全國三分之一的比例，最主要的關鍵就是國會通過，所謂的回饋式電費，只要德國人民在屋頂安裝太陽能電板，就可以把自家能源回送給變電所，由電力公司付費購買時間長達20年，所以從2000年德國發展太陽能以來，就冒出來600家相關企業，帶動太陽能產業興起。¹²¹

弗萊堡位於德國南端，陽光燦爛，享有充足的日照，因此在反核之後，弗萊堡即積極展開太陽能源開發工作。首先從制定政策開始，引進技術團隊與人才：1981年，德國最大、也是歐洲最大的太陽能研究機構（Fraunhofer Institute For Solar Energy System，簡稱ISE）落腳弗萊堡；1994年更吸引全球最大的國際太陽能協會（International Solar Energy Society，簡稱ISES）來此設立總部，為弗萊堡太陽能應用打了一劑強心針。¹²²

在專業的技術及資源入駐後，接著便從教育與政策著手，讓居民認識並了解太陽能相關知識，並設定獎勵政策鼓勵民眾響應，進而建立由全民參與的太

¹²⁰ 賴怡君，2014年，《德國太陽能政策發展歷程及現況研究-以弗萊堡為例》，南華大學歐洲研究所碩士論文。

¹²¹ 關棟鴻，〈德國能源政策發展與檢討機制〉，工業技術研究院綠能與環境研究所，2019年10月3日，<https://km.twenergy.org.tw/ReadFile/?p=Reference&n> 檢索日期: 2021年10月10日。

¹²² 李沂霖，〈日照時數不如台灣，德國弗萊堡卻成為全球太陽能之都〉，《眼底城事》，2018年8月1日。<https://eyesonplace.net/2018/08/01/8204>。檢索日期: 2020年10月8日。

陽能社區。從政策面來看，弗萊堡政府採取優惠獎勵方案，以高於平均 90% 的價格收購太陽能，所有願意在自家屋頂上裝設太陽能設備的居民，即可獲得 10 年或 20 年不等的 3% 到 4% 低息貸款，補助相關設備與施工成本，除此之外，更可擁有 20 年內保證收購太陽能的優惠電價措施。在地方政府輔導以及金融機構優惠貸款的激勵之下，成功驅使居民陸續仿效及參與，太陽能因此得到迅速的發展。¹²³

弗萊堡居民裝置太陽能設備後，達到個人與城市能源自主的雙贏，多餘的電力可賣給政府，併到城市供電系統並從中獲利；同時也能讓城市擺脫對傳統能源的依賴，達成能源的自給自足，有助於增加城市韌性，在面對未來能源危機等變動時，將能有效降低衝擊。「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核能、石化能源之勇氣，這才是弗萊堡領先之原因。」居民積極的參與，搭配政府政策的執行，雙管齊下在弗萊堡打造出許多各具特色的太陽能永續社區。其中最著名的即是弗班（Vauban）社區。¹²⁴

在由當地居民所組成的「弗班論壇」（Vauban Forum）運作下，有意參與社區決策與規劃的民眾都有機會將自己的想法納入討論。在社區發展的過程中，雖然還是由政府制訂大方向的目標和永續標準，但街道劃設、建築設計、公共設施等細部規劃，則是交由弗班論壇討論，民眾可以將自己對於住家和公共空間的構想傳達出來，而不是直接交由設計師和工程公司去決定。¹²⁵

在全民 20 多年來的努力下，如今弗班社區成為全弗萊堡太陽能屋頂戶數最多的聚落，不僅達到能源的自給自足，也十分注重「低耗能」的方針。在交通方面，居民徹底實施「無車社區」以及「零容忍停車政策」等規範，善用單車及大眾運輸工具；在建設方面，則致力將社區內的建築物更新為省能建築，目前已有上百戶達到極低耗能標準的「被動式能源住宅」（Passive House），由於在屋內裝設優異的保溫隔熱性能和高效率的熱回收系統，僅需很少的能源即可維持舒適的室內環境，不需主動提供暖氣或冷氣，藉以達到節能減碳的目

¹²³ 同上註。

¹²⁴ 曹昭陽、周儷芬，〈歐洲太陽光電現況與發展趨勢〉，《電力人》，第 15 期，2014 年 5 月，頁 68-75。

¹²⁵ 章采甄，〈德國公民電廠：弗萊堡-地方能源轉型的模範生〉，主婦聯盟環境保護基金會，2022 年 3 月 28 日。https://si.taiwan.gov.tw/Home/citizensSay/view/1194。檢索日期：2022 年 10 月 8 日。

標。弗班是目前歐洲被動式能源住宅密度最高的地區，令弗班的社區總體耗能達德國平均值 30 % 以下。¹²⁶

德國對於再生能源發電的推廣，在財務補貼方面，主要是由立法者在再生能源法中，事先訂定高於一般電力市場平均交易價格之費率，同時並課予電網業者於未來固定期間內（通常為 20 年），有義務依該等費率向再生能源發電業者躉購其所生產之再生能源電能。藉此來提升投資再生能源發電之誘因，並進而再行研發、創新發電技術。

然而，若長期仰賴此等高於一般電力市場平均交易價格的法定躉購費率，並對再生能源發電業者進行財務補貼，顯然不利於其技術之創新外，更會進而導致電價持續上漲而不利於終端電力消費者。因此，德國自 2014 年以來陸續採行相關措施降低躉購費率，其中之一就是在 2017 年版之再生能源法中規定凡達一定裝置容量以上之太陽光電發電設備、陸域及離岸發電設備等，均有參加競標程序之義務，透由競標程序以決定電網業者向其購電之躉購費率額度，經由幾次競標程序之進行，其結果顯示躉購費率之額度已有明顯下降。¹²⁷

起初在 2000 年，以水力為主的再生能源佔大約 5%，2010 年整體再生能源達到 19.2%，2015 年 33.3%，2017 年 38.2% 以及 2018 年達到 40.6%。到了 2030 年，再生能源將佔總發電量的 65%，而到了 2050 年至少佔 80%。¹²⁸

德國 2021 年總計新增太陽能光電系統總裝機容量達到 5.26GW，高於 2020 年 4.88GW 的太陽能總裝機容量。平均而言，當前年裝機容量比上年增加約 0.34GW。相比之下，德國 2019 年的太陽能總裝機容量為 3.94GW，2018 年為 2.96 GW，2017 年為 1.75 GW。德國在 2021 年仍然設法將太陽能電池板的年銷售額提高了近 10%，銷售了約 240,000 套太陽能光電系統，佔 5.3GW，每個系統

¹²⁶ 賴怡君，2014 年，《德國太陽能政策發展歷程及現況研究-以弗萊堡為例》，南華大學歐洲研究所碩士論文。

¹²⁷ 張瓊之，〈德國新再生能源法(EEG 2017)〉，工業技術研究院綠能與環境研究所，2017 年 7 月，https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference_more? 檢索日期: 2021 年 8 月 11 日。

¹²⁸ 〈德國再生能源最新發展，反思我國能源政策〉，《The New Lens 關鍵評論》，2017 年 12 月 15 日，<https://www.thenewslens.com/article/85211>。檢索日期: 2021 年 10 月 8 日。

都部署在全國各地。隨著太陽能裝機容量的增加，該國太陽能在電力消費中的份額也有所上升，達到 10% ，這一切都來自太陽能光電系統。¹²⁹

俄烏戰爭所引發的能源危機，讓各國過了超級寒冬，過度仰賴俄國供應天然氣的德國也深受其苦，為避免再遭俄國拿能源當武器勒索，德國已向歐盟求助，希望能重振國內的太陽能產業與強化能源安全，希望能彌補俄國的供應中斷，加上必須達成各國制定的氣候目標，使得重建太陽能產業的興趣也再度攀升。



¹²⁹ 鄭勝得，〈德國家庭搶裝太陽能板〉《工商時報》，2022 年 9 月 11 日。

<https://readers.ctee.com.tw/cm/20220911/andac4/1203729/share>。檢索日期: 2022 年 10 月 9 日。

第三節 能源轉型三大挑戰

能源轉型得克服成本、技術、民眾接受度和既得利益者反對等重重障礙，過程不可能一帆風順，需要世代接力才可能完成。從 EEG2000 開始算，德國能源轉型的路走了 20 幾年，從一開始的 6% 到 2022 年用電有一半來自綠能，離 2030 年 65% 的目標愈來愈近，成績有目共睹，計劃的一部分取得了完美的效果：在慷慨補貼的鼓勵下，投資者爭先恐後地在陸地和海上建造風力發電場，全國安裝了超過 150 萬個太陽能裝置。

德國政黨支持能源轉型和逐步淘汰核能，因為這是福島事故後公眾的訴求。然而，政黨現在面臨著一個困境就是，在公眾壓力下，政策制定者決定將轉型置於風能太陽能等再生能源，這有可能成為納稅人支付的另一項昂貴的活動，從電力部門開始能源改革，有其必要性。然而，由於一開始的政治重點是關閉核電站，而不是製定全面的能源轉型戰略，這可能導致了意想不到的後果。儘管德國一直專注於電力部門，但在實現供暖和交通部門的能源轉型方面卻做得很少，它在提高能源效率方面的努力還不夠，也沒有降低對能源進口的依賴。

在轉型過程中，可再生能源的成本大幅下降，新的風能和太陽能裝置如今可以比傳統發電站更便宜地生產能源，德國算是再生能源發展優等生，常為各國拿來當作指標，不過仍面臨多方面挑戰：¹³⁰

一、電網建設

電網建設是指將發電廠發出的電力輸送與配送到使用端。德國過去幾年中推出 100 項、總長約 12,000 公里電網更新計畫，現在正面對進度大落後情形，原為能源轉型規劃 65 項、共 7700 公里長的新電網，至今只完成了 1100 公里，¹³¹其中，長達 600 公里、肩負將德國北部風電傳送到南方工業大城的「南

¹³⁰ 經濟部能源局工業技術研究院，〈德國國家能源政策評析報告(2020年版)〉，2021年1月3日，〈https://km.twenergy.org.tw/Document/reference_more?id〉。檢索日期：2021年10月8日。

¹³¹ 陳怡均，〈德風力發電遭遇挑戰〉，中時新聞網，2019年12月8日。

https://www.chinatimes.com/newspapers/20191208000421-260209?chdtv。檢索日期：2021年10月9

方線路」(Sued Link)原定 2022 年完工，以接軌廢核後的電力供應，在大眾不滿高空線路的景觀與環境衝擊下，轉向地下化，預計延後至 2026 年才能完工。新電網建設過程頗為坎坷，主要由於程序繁複和當地居民反對，導致新電網進度太慢，電網的規畫其實有一套漫長的程序，從評估需求與必要性、決定線路起點與終點、再確認路徑、最後確認細部路線與寬度，過程須經公開諮詢或議會審查，光有公眾參與無法解決問題，還有就是有些居民不希望電塔建在自家旁邊，有些則是憂心危及野生動物。¹³²

再生能源的特色是因地制宜，發電地點取決於風速和日照等自然條件，德國北部鄰近北海和波羅的海的平原多風，因此風機建設也特別多，可是汽車和機械等製造業的重心在南部，有必要新建多條南北向輸電線路。為取得沿路每一位地主的同意，輸電網建設一再拖延，北電南運如果沒有及時完成，勢必拖延風場的規劃和興建。

二、 穩定供電

再生能源的優點是源源不絕，不像化石燃料遲早會用完，而且沒有碳排放問題。但沒風就沒電，到了晚上太陽能板一度電也發不出來，間歇性發電的特性對維持電力供應穩定是一大挑戰。

再生能源易受季節影響發電較不穩定，加上既有傳統電網已無法滿足再生能源發展需求，德國為確保電網供電安全可靠，接下來必須要更智慧化、即時調節與更精準預測並掌握負載，因此發展智慧電網是必要趨勢。雖然德國的基礎設施已經到位，可以將其過剩電力出口到鄰國，但它缺乏足夠的國家基礎設施來將可再生能源整合到電網中並確保在全國範圍內流動。德國展示了可再生能源分散式能源系統的可能性，中小型發電廠為當地消費者發電。然而，這對

日。

¹³² 陳怡均，〈德國風力發電遭遇挑戰〉，《中時新聞網》，2019 年 12 月 8 日。

<https://www.chinatimes.com/newspapers/20191208000421-260209?chdtv>。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

於一個需要綜合網絡的大國來說是不夠的，該網絡可以確保電力在需要時流向城市和大型工業消費者。

一向以高度仰賴核能並自豪電價便宜穩定的法國，如今電價卻漲了數倍。導致民生經濟受到巨大影響。不僅如此，因為電力不足的原因，非常可能分區輪流停電。法國過去將投資全押在核電，再生能源發展牛步，現在付出的代價是一旦出現系統性風險，只能仰賴鄰國，或是輪流限電。這結果，除了再度證明法國過度仰賴核能決策的錯誤。疫情後的邊境管制以及隔離政策逐步鬆綁，但因俄烏戰爭仍未停息，歐洲面臨嚴峻的能源短缺，各國再生能源發展顯得更為積極。¹³³

儘管德國北部仍有很大的發展風能的潛力，但只要沒有基礎設施（電網或存儲）來容納過剩電力，無法滿足該國的電力需求，如果歐盟內部電力市場按預期運行，這將不是什麼大問題，但只要情況並非如此，德國就應該儘自己的一份力量，投資於所需的國內基礎設施，為架空或地下輸電線而進行的長期和持續的鬥爭，勇於面對未來的挑戰。

三、 民眾對電費的接受度

俄烏戰爭將歐洲推向世界動盪中心，2022年8月份德國和法國2023年批發電價打破紀錄，分別為每兆瓦時850歐元和超過1,000歐元，比一年前每兆瓦時85歐元上漲超過十倍。¹³⁴俄羅斯流向歐洲的天然氣枯竭及許多法國電力公司(EDF)關閉核反應爐，是價格急劇上漲的原因。面對節節高升電價，這個冬天德國人可能要砍柴裹棉被過冬，一般民眾可否接受，值得深思。電價屢屢創新高，恐怕德國汽車零件、化學、鋼鐵在內的製造業不堪成本，長期下來勢必被迫出走，告別歐洲的工業重鎮。

烏克蘭的戰爭與石油和天然氣無關，但衝突進一步擾亂了本已動盪的局勢，由於封鎖後能源供不應求，能源價格不斷上漲。俄羅斯攻擊烏克蘭的後果

¹³³ 曾依璇，〈法國能源政策主軸-減核時程延到2035年〉，《中央通訊社》，2018年11月27日。 <https://www.cna.com.tw/news/firstnews/201811270322.aspx>。檢索日期:2022年10月24日。

¹³⁴ 〈俄烏戰爭掀歐洲能源危機！德法電價「飆破歷史新高」〉，《中央通訊社》，2022年8月26日。 <https://www.cna.com.tw/news/aopl/202208260342.aspx>。檢索日期:2022年10月8日。

將需要數年時間才能顯現出來，無論接下來會發生什麼：唯一可靠的預測是不確定性和價格進一步波動。

如果歐洲兌現其到 2024 年將俄羅斯天然氣進口量減少三分之二的承諾，那麼每天將有 1000 億立方米 (bcm) 的天然氣缺口需要填補，這一數量遠遠超過目前的供應量。從東地中海到中亞，天然氣儲量已經確定，但它們的開發以及將它們推向市場所需的基礎設施將需要數年時間。到 2024 年，歐洲和國際能源市場應該會找到新的平衡點。歐洲將從俄羅斯進口的天然氣減少三分之二。¹³⁵

歐洲國家將簽署一系列長期協議以確保天然氣供應，卡達可能成為它們的主要供應商。世界各地的其他天然氣開發項目也將在建設中，包括在政治敏感地區，如以色列和黎巴嫩海岸附近的水域。在其中幾個新項目投產之前，價格可能會保持相對較高的水平。¹³⁶



¹³⁵ 陳孟朔，〈IEA 預期，歐盟可在一年內將俄羅斯天然氣進口量減少三分之一〉《yahoo 新聞》，2022 年 3 月 4 日。<https://tw.stock.yahoo.com/news/iea>。檢索日期: 2022 年 10 月 9 日。

¹³⁶ 同上註。

第四章 廢核挑戰

廢核這個決定事實上讓長期以核能作為主要能源的德國陷入了兩難。2011年，德國接近四分之一的電力由核電支撐，且其價格低廉、24小時穩定供應的特性，對德國工業發展具有不可替代的重要性。同時，德國還需要履行《巴黎協定》下的減排承諾：在2020年前實現40%減排量（相對1990年標準）¹³⁷，這個目標雖暫時達成，但沒有人能保證受俄烏戰爭持久戰影響下之德國能否成功達成全面廢核。

事實上，2020年前外界一度認為德國無法完成任務。核電站的陸續除役導致德國在深冬缺乏能夠運轉的電站，更糟糕的是，冬季電能需求恰恰處於用電高峰。在天氣條件不良的日子裏，風能及太陽能供電仍舊十分不穩定，為國家的供電帶來極大風險。德國的能源轉型乃至廢核，目前碰到的障礙是如何抑止電費上漲、如何維持穩定的電力供需系統，還有就是給予核電業者鉅額賠償。

能源轉型得克服成本、技術、民眾接受度和既得利益者反對等重重障礙，過程不可能一帆風順，需要世代接力才可能完成。從《再生能源法》開始算，德國能源轉型的路正好走了20年，從一開始的6%到今年用電有一半來自綠能，離2030年65%的目標愈來愈近，成績有目共睹。

第一節 電價高漲

德國於2000年制定再生能源法，於電費中收取再生能源附加費用以補貼再生能源，促進再生能源發展，減少國家對於傳統能源(燃煤、燃氣、核能發電)的依賴，使國家轉換到一個以再生能源為主的新電力系統，然而卻因此造成德國電價快速上漲。

能源轉型是需要付出高額的代價的，在德國較少有民眾因此而對電價抱怨，在歐洲社會，人們能夠理解，如果不想受核能威脅、不想要有燃煤污染，就只有再生能源，就必須接受高昂電價。不過德國對綠電生產者提供20年固定

¹³⁷ 倪茂庭，〈氣候模範生的下一步—德國氣候行動法〉，台達文教基金會，2019年6月21日。
<http://www.delta-foundation.org.tw/blogdetail/1510>。檢索日期: 2021年10月9日。

價格的保證收購，電價不斷調高使之成為 G20(The Group of Twenty)國家最高的電費。¹³⁸

德國立法保證的再生能源收購價是由全民買單，附加費目前占民眾電費的五分之一，導致電費居高不下。

德國的電價由三個部分組成：除了實際的產電成本 22.4%，消費者還要支付電力傳輸網路費用 25.1%。後續的徵費、稅費和稅收（佔 52.5%）。¹³⁹

德國天然氣一半來自俄羅斯，俄羅斯短少供應，德國首當其衝，雖然法國並未放棄核電，但法國核電缺乏維護，國有法國電力公司56個核反應爐只有24個在運作，加上天然氣短少，法國電力生產也至歷史低位。能源危機沒有減弱跡象，今年12月期貨交易商交易的法國批發電價高漲到每兆瓦時1,600歐元的驚人價格。歐盟兩個主要經濟引擎法國與德國警告，能源成本上漲將導致廣泛動盪。法國總統馬克宏警告法國和歐洲將看到「富足終結」，許多人習慣的各種物質和舒適生活正在西方世界消失，他認為歐洲正在經歷一場大轉變或大動盪。

2021 年法國出口電力 416 億度，但是 2022 年在大量核電廠停擺、水力發電也受乾旱影響下，法國不再是電力淨出口國，反而預期全年會進口 128 億度電，尤其是冬季必須大量進口電力，這使得法國 2022 年 8 月批發電力期貨價格飆漲 15%，達每度電 0.9 歐元，是 2021 年同期的 10 倍。¹⁴⁰

原本法國會向英國、德國出口電力，如今不但沒得出口，甚至還要轉為進口電力，在俄國以天然氣供應威脅歐洲的這個時機，可說屋漏偏逢連夜雨，不僅對法國電價造成影響，也一併影響德國電價，2023 年電力期貨價格，法國與德國雙雙飆破每度電 1 歐元大關，均創下史上最高紀錄。¹⁴¹

¹³⁸ 王亦笑，〈德國電費 20 年翻一番 未來或出現供電瓶頸〉，《大紀元》，2021 年 9 月 11 日。
<https://www.epochtimes.com/b5/21/9/10/n13225273.htm>。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

¹³⁹ 周仁，〈德國電價翻漲三倍 通脹或高達 10%〉，《大紀元》，2021 年 9 月 11 日。
<https://www.epochtimes.com/b5/22/4/19/n1315534.htm>。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

¹⁴⁰ 藍弋丰，〈法國核電廠故障拖累，德國電價期貨也跟著飛天〉，《財經新報》，2022 年 9 月 05 日。
<https://finance.technews.tw/2022/09/05/french-power-hits-900-euros-as-nuclear-outages-amplify-crisis>。檢索日期: 2022 年 10 月 9 日。

¹⁴¹ 同上註。

第二節 鉅額賠償

2011 年日本福島核災後，德國決定提早實施廢核計畫，從 2036 年提前到 2022 年，對此德國也付出不小的賠償代價，補償瑞典電立公司 Vattenfall 與德國電力與天然氣業者 RWE、EnBW、Eon 被迫提早關閉核電廠的損失就花了 26 億歐元。¹⁴²

未來德國政府將賠償 Vattenfall 14.3 億歐元，RWE 將獲得 8.8 億歐元，補償電力公司的電費；EnBW 和 E.ON 則分別獲得 8,000 萬歐元 4,250 萬歐元，以補償投資損失。作為協議的一部分，Vattenfall 和 RWE 也會撤回所有未定的起訴，並放棄提出異議的法律要求權。根據統計，每座核電廠的後營運期成本與除役工程花費從 5 億~10 億歐元不等，為彌補電力集團損失，德國政府同意支付近 26 億歐元給萊茵集團等四大電力公司，以補償他們提早關閉核電廠所造成損失。¹⁴³

2011 年日本福島核災後，德國決定提早實施廢核計畫，從 2036 年提前到 2022 年，對此德國也付出不小的賠償代價，補償瑞典電立公司 Vattenfall 與德國電力與天然氣業者 RWE、EnBW、Eon 被迫提早關閉核電廠的損失就花了 29 億歐元。未來德國政府將賠償 Vattenfall 14.3 億歐元，RWE 將獲得 8.8 億歐元，補償電力公司的電費；EnBW 和 E.ON 則分別獲得 8,000 萬歐元 4,250 萬歐元，以補償投資損失。作為協議的一部分，Vattenfall 和 RWE 也會撤回所有未定的起訴，並放棄提出異議的法律要求權。Vattenfall 表示，樂見並歡迎這項協議，該份協議也將結束德國多年且昂貴的紛爭。¹⁴⁴

¹⁴² Daisy Chuang，〈核電提前 2022 年退役，德國政府將付 29 億歐元補償〉《科技新報》，2021 年 3 月 9 日。<https://technews.tw/2021/03/09/germany-nuclear-exit/>。檢索日期: 2022 年 9 月 5 日。

¹⁴³ 同上註。

¹⁴⁴ 同上註。

第三節 俄烏戰爭影響廢核時程

國際能源署（IEA）2022 年 10 月底公布最新「世界能源展望」（World Energy Outlook）報告時表示，烏俄戰爭造成的全球能源危機正造成重大轉變，加速再生能源發展，能源危機反而成為全球邁向乾淨安全的能源系統的歷史轉折點。再生能源預計在 2025 年取代煤炭，成為全球最大電力來源。¹⁴⁵

看來廢核時程因俄烏戰爭受到了極大影響，眼前加速再生能源產能擴張以及對液化天然氣基礎設施的投資，是唯一解決辦法，再生能源將是未來唯一呈正成長的發電來源，其能源結構中的占比預計在 2035 年可達 80% 以上，其他由燃煤、天然氣、核能和石油所生產之電力占比都將下降，而風電和太陽能發電預計在未來 5 年將成長一倍以上。¹⁴⁶

目前有一個急待解決的問題是電力儲存問題，儘管太陽能的發電量低於陸域風能，但在德國它得到較多的支持，無論太陽能電池板多麼有利於氣候，德國的地理位置和天氣條件都無法讓太陽能成為一種主要電力來源，至少在技術大大改進和儲存所產生電力的解決方案改進之前是如此，由於太陽能和風力發電的間歇性以及缺乏存儲解決方案，影響著德國及其鄰國，儘管國內可再生能源發電量正在增加，但德國在需求高峰期仍然需要進口電力。¹⁴⁷

雖然德國的基礎設施已經很完善，可以將其過剩電力出口到鄰國，但它缺乏足夠的國家基礎設施來將再生能源整合到電網中，目前應該專注於削減需求的事實，俄烏戰爭看來打得是持久戰，未來能源價格持續上漲應該是必然現象，所以如何增加及保有充足的能源，是當前德國應思考的課題，目前看來儼然是能源戰爭，德國擁有先進的再生能源技術及絕佳地理位置，此時應先改善電網問題，方能安然繼續走向非核之路。

¹⁴⁵ <國際能源署發布 2022 年世界能源展望>，中國核能行動協會，2022 年 10 月 13 日。
<https://www.china-nea.cn/site/content/42146.html>。檢索日期: 2022 年 10 月 31 日。

¹⁴⁶ 關棟鴻，<德國國家能源政策評析報告(2022 年版)>，工業技術研究院綠能與環境研究所，2022 年 12 月 14 日。檢索日期: 2022 年 12 月 20 日。

¹⁴⁷ 莊瑞萌，<德國再生能源發電超越傳統發電>，再生能源資訊網，2019 年 7 月 5 日。
<https://www.re.org.tw/news/more.aspx?cid=199&id=2995>。檢索日期: 2021 年 10 月 11 日。

第五章 結論與建議

第一節 結論

受氣候不穩定影響，再生能源發電量不足以填補廢核造成的缺口，德國恐怕得燃燒更多煤炭與天然氣以生產電力，導致空氣污染更嚴重，德國政府應加快擴張再生能源並加速退出煤炭，如此才能達到目標 2030 年再生能源發電占比提高，且脫碳時程提前可以全面擺脫煤炭，而且為了幫助支付高昂能源費用的消費者，新政府還決定取消多年來用於支持清潔能源增長的能源附加費，2023 年起將從國家預算中支付，不會向消費者收取。屆時用於支持再生能源的資金將全部來自碳排放許可證。

烏克蘭戰爭迫使德國作出重大政策改變，包含中止俄羅斯輸送天然氣給德國的北溪 2 號(Nord Stream 2)管線計畫，而蕭茲宣布大幅增加國防軍事支出，重新武裝德國，更被視為是自第二次世界大戰以來，德國最重大的外交與國防政策轉向。

德國多年來拒絕北大西洋公約組織(NATO)盟國擴大軍備的請求，但蕭茲在烏克蘭戰爭爆發後的幾天後，將德國的國防投資從目前佔國內生產毛額(GDP)約 1.5%，增加到 2%以上¹⁴⁸，超出北約的預期。在內政方面，由於烏克蘭戰爭，俄羅斯減少對德國的能源供應，德國被迫延後原本要在今年年底實現的廢核計畫，並重新啟動已經封存的燃煤發電廠，也要想法辦緩解能源危機帶來的電價飆漲。德國政府一方面加強自己軍事儲備，也面臨壓力要提供更多武器給烏克蘭，來抵禦俄羅斯。同時，德國也需要大量投資進行經濟轉型，擺脫原本對俄羅斯能源與中國零組件的依賴。

雖然蕭茲政府成功推行了部分計畫，包括提高最低工資和改革失業救濟金，但由於執政聯盟 3 個黨的立場分歧，在許多議題上出現爭執，對彼此間脆弱的結盟關係帶來威脅。在這些多重危機之下，蕭茲執政一週年的支持率也受到了影響。

¹⁴⁸ 錢逢鳴，〈俄烏戰爭的能源危機？能源自保成國際趨勢〉，《聯合新聞網》，2022 年 5 月 5 日。https://udn.com/news/story/6853/6287899。檢索日期: 2022 年 10 月 9 日。

俄烏戰爭影響下，能源價格高漲是必然趨勢，通貨膨脹加上受極端氣候影響，太陽能 and 風電顯然發電量大打折扣，德國廢核時程已經確定延後，至於能否在 2023 年 4 月達成全面廢核任務，至少有幾項措施是目前可行的。

首先全面性稅費優惠，是在全球景氣衰退下，可算是採取之上上策，原因在於稅費優惠是很好誘因，可以鼓勵更多電業者或企業，以較低廉成本投入再生能源設備，如此一來就可以擴大風力太陽能裝機量及發電量，來彌補廢核後電力不足。

既然依既定時程廢核，鉅額補償是顯然不可免，且補償電商的確造成德國政府財政巨大壓力，不過也可以是另一個再生能源發展轉機，因為不妨趁俄烏戰爭下能源危機感，鼓勵電商把政府補償費用，轉而投入再生能源設備，加入國家全面廢核任務下能源戰鬥，既是展現對國家忠誠度，亦能增添再生能源發展生力軍。



第二節 建議

俄羅斯 2022 年 2 月在烏克蘭發動戰爭，同時也在歐洲大陸，對歐盟發動一場混合式戰爭，天然氣勒索、石油勒索、製造糧食危機、移民危機、錯誤訊息、網路攻擊。俄羅斯入侵烏克蘭的戰爭已持續超過好幾個月，歐洲國家對俄羅斯祭出嚴厲制裁措施，美國、歐洲及其盟友對數以千計的俄羅斯企業和個人，實施了前所未有的各種禁令。俄羅斯的外匯存底中有一半以上已經被凍結，俄羅斯則切斷數個歐洲國家的天然氣供應，造成歐洲陷入能源危機。而歐洲今年夏天的乾旱讓能源危機更嚴峻，這場危機讓「天氣經濟學」回歸，也提醒人們，即使是發達國家經濟體擁有先進科技，也必須依賴大自然的慷慨。

這場戰爭下西方民主國家正在適應一個新的現實。重型武器正陸續支援烏克蘭，北約也正在加強建設歐洲與俄羅斯的邊界，歐洲也正在找尋確保新的天然氣來源，並加快再生能源的轉型。歐盟委員會日前已批准德國政府 280 億歐元的可再生能源計劃，該計劃旨在迅速擴大風能和太陽能的使用。該政策將取代現有的可再生能源支持計劃，有效期至 2026 年，旨在實現德國到 2030 年 80% 的電力來自可再生能源的目標。¹⁴⁹

《經濟學人》（The Economist）指出，歐洲經濟學家、金融家、政策制定者正在密切關注天氣預報：溫暖的冬天將緩解危機，保持室內溫暖所需燃燒的天然氣較少，而如果氣溫不是太嚴寒，能源價格將下降，經濟成長將獲得提振。然而，如果今天冬季極為寒冷，這將帶來苦難，數百萬人將陷入貧困，通膨壓力增加，並導致產業停擺。從前，歐洲受益於俄羅斯透過管道提供的豐富天然氣及從國外運來的液化天然氣，現在歐洲主要依靠運來的液化天然氣，而歐洲大陸逐漸擺脫對俄羅斯天然氣的依賴，2022 年 8 月歐洲大陸的天然氣儲氣設施已儲滿逾 79.94% 以上。¹⁵⁰

¹⁴⁹ 錢逢鳴，〈俄烏戰爭的能源危機？能源自保成國際趨勢〉，《聯合新聞網》，2022 年 5 月 5 日。https://udn.com/news/story/6853/6287899。檢索日期：2022 年 10 月 9 日。

¹⁵⁰ 林宜萱，〈路透社分析：單純儲滿天然氣，無法解決歐洲冬季能源吃緊問題〉《yahoo 新聞網》，2022 年 8 月 31 日。https://tw.news.yahoo.com。檢索日期：2022 年 10 月 9 日。

《經濟學人》指出，供應受限意味著需求的變化決定了能源價格，而天氣是決定需求的最不確定因素。2022 年秋天，歐洲大陸經歷了有記錄以來最熱的 10 月。因此，荷蘭天然氣交易中心（Title Transfer Facility）11 月的天然氣價格降至每兆瓦時約 100 歐元（約新台幣 3249 元），是 9 月價格的一半，該交易中心的主要指數是歐洲所有天然氣交易的基準。¹⁵¹

然後歐洲開始進入冬天，德國下了第一場雪，天然氣需求與氣溫之間存在相對線性的關係：氣溫越低，人們需要的天然氣就越多。2022 年歐洲的情況有點複雜，家庭暖氣系統處於休眠狀態的時間比平時更長，毛毯銷量正在增加，人們願意穿上溫暖的衣服來抵制俄羅斯總統普丁（Vladimir Putin）。俄烏戰爭後所至能源變數，包含歐洲乾旱導致河川水位下降、天然氣價格高漲、德國南部燃氣機組上線不及和法國半數核電廠停機等最嚴峻情境，不久前測試結果顯示德國冬季的電力系統出現危機的可能性很小，這讓大眾鬆了口氣。或許能源危機反而成為全球邁向更乾淨、更安全的能源系統的歷史轉折點。國際能源署（IEA）預測在未來 5 年內，再生能源將占全球新增電力的 90% 以上。IEA 於 2022 年 12 月初發布之「2022 再生能源」報告中大幅修改之前預估的數據，將 2022 年至 2027 年間全球再生能源預測值提高 30%，至少增加 2,400 GW。再生能源將是未來 5 年內唯一呈正成長的發電來源，其能源結構中的占比預計在 2027 年可達 38%。其他由燃煤、天然氣、核能和石油所生產之電力占比都將下降，而風電和太陽能發電預計在未來 5 年將成長一倍以上。¹⁵²

由於俄烏戰爭中被俄羅斯限制出口天然氣，歐洲各國必須另尋其他天然氣供應來源，而其運輸成本、原物料成本勢必增加。即便德國在轉型成綠能為主的能源模式上布局多年，也早已成為他國模範，仍不敵現今國際情勢快速變化下的動盪與不確定性。所以本文建議德國應採取下列措施，儘早布局迎接新的能源戰爭：

1. 持續增加再生能源裝機量

¹⁵¹ 廖綉玉，〈歐洲能源危機的啟示！《經濟學人》：天氣再度決定經濟結果〉，《yahoo 新聞》，2022 年 11 月 20 日。https://tw.news.yahoo.com。檢索日期：2022 年 12 月 8 日。

¹⁵² 同上註。

由於受到新冠疫情影響，全球通貨膨脹，導致再生能源裝機量大量減少，這對再生能源推動大大不利，德國應該設置專案基金輔導企業或民眾裝設太陽能或風機，創造足夠量能，以再生能源取代廢核缺口，儲備戰鬥物資，才能大打贏這場能源戰。

2.增加多元採購能源

過去石油天然氣過度依賴德國，俄烏戰爭後面對西方制裁，俄羅斯竟悍然斷氣，能源價格繼續高漲，致使整個歐洲以及德國挨凍受寒，倘能多元增加採購能源途徑，將來就能應對這一類型能源危機。

3.團結歐洲共同抵抗

俄烏戰爭後很多次看到了歐洲國家為了搶糧搶能源，爭鋒相對，這很明顯是中了俄羅斯離間計，此時此刻德國應帶領歐洲團結一心，共同抵抗俄羅斯能源武器，才是上上之策。



參考文獻

一、中文

- 三好範英，《德國風險：反思德國浪漫主義的政治實踐》，台北:玉山社，2018年03月。<https://opinion.udn.com/opinion/story/11664/3043830>，檢索日期: 2021年10月9日。
- 于立平，〈能源時代-德國廢核之路〉，公共電視文化事業基金會，2013年10月21日。<https://ourisland.pts.org.tw/content/1070>，檢索日期: 2021年10月9日。
- 王彩霞、李梓仟、李瓊慧，〈德國可再生能源法修訂之路及啟示〉，《中國電力新聞網》，2016年9月24日。<https://kknews.cc/finance/jam94l.html>。檢索日期: 2022年10月11日。
- 王亦笑，〈德國電費 20 年翻一番 未來或出現供電瓶頸〉，《大紀元》，2021年9月11日。<https://www.epochtimes.com/b5/21/9/10/n13225273.htm>。檢索日期: 2021年10月9日。
- 〈以德國為例，再生能源市場政策的贏家與輸家〉，《再生能源資訊網》，2019年11月4日，<https://www.re.org.tw/knowledge/more.aspx>?檢索日期: 2021年11月12日。
- 〈世界銀行：碳定價制度仍不足驅動世界淨零排放〉，台灣永續能源發展基金會，2021年6月17日。<https://taise.org.tw/post-view.php>。檢索日期: 2022年10月8日。
- 江飛羽，〈德國最新民意：多數人支持核電延役 反核只剩 15%〉，《中時新聞網》，2022年8月8日。
<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20220808005173-260408?> 檢索日期: 2022年10月25日。
- 朱珮綺，〈淺談全球離岸風電發展關鍵趨勢〉，經濟部技術處，2020年11月11日。<https://www.moea.gov.tw/MNS/doi/industrytech/IndustryTech.aspx?>。檢索日期: 2021年10月9日。
- 李小燕，〈各國原子能法律法規體系及監管體制介紹〉，《原創力文檔》，2017年8月15日。
<https://max.book118.com/html/2017/0815/128143387.shtm>。檢索日期: 2021年10月9日。
- 〈車諾比核電廠事件與三哩島核電廠事故〉，《科學月刊》，2011年第495

- 期，頁 172-173。https://pansci.asia/archives/182。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。
- 李沂霖，〈日照時數不如台灣，德國弗萊堡卻成為全球太陽能之都〉，《眼底城事》，2018 年 8 月 1 日。https://eyesonplace.net/2018/08/01/8204。檢索日期: 2020 年 10 月 8 日。
- 倪茂庭，〈氣候模範生的下一步—德國氣候行動法〉，台達文教基金會，2019 年 6 月 21 日。http://www.delta-foundation.org.tw/blogdetail/1510。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。
- 林育立，《歐洲的心臟：德國如何改變自己》，台北:衛城出版社，2017 年 12 月，頁 147—151。
- 林育立，〈再生能源供電比過半，德國怎麼做到的？〉，《中央通訊社》，2020 年 10 月 28 日。
https://www.cna.com.tw/topic/newsworld/144/202010280003.aspx。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。
- 林國賓，〈德國-節約能源大作戰〉，《工商時報》，2022 年 8 月 14 日。
https://www.ecct.org.tw/news/show?id 檢索日期: 2022 年 10 月 11 日。
- 林宜萱，〈路透社分析：單純儲滿天然氣，無法解決歐洲冬季能源吃緊問題〉《yahoo 新聞網》，2022 年 8 月 31 日。https://tw.news.yahoo.com。檢索日期: 2022 年 10 月 9 日。
- 房思宏，〈德國廢核的真相與迷思（上）〉，環境資源中心，2012 年 07 月 12 日。https://e-info.org.tw/node/78443。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。
- 周桂蘭，〈2019 年全球再生能源現況報告〉，工業技術研究院綠能與環境研究所，2019 年 6 月 30 日。https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference 檢索日期: 2021 年 8 月 10 日。
- 周仁，〈德國電價翻漲三倍 通脹或高達 10%〉，《大紀元》，2021 年 9 月 11 日。https://www.epochtimes.com/b5/22/4/19/n1315534.htm。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。
- 周方、李晨，〈德國通過可再生能源法，能源轉型步入全新階段〉，《第一財經》，2022 年 7 月 12 日，https://www.yicai.com/news/101471985.html，檢索日期: 2022 年 10 月 9 日。
- 〈俄烏戰爭掀歐洲能源危機！德法電價「飆破歷史新高」〉，《中央通訊社》，2022 年 8 月 26 日。

- <https://www.cna.com.tw/news/aopl/202208260342.aspx>。檢索日期: 2022 年 10 月 8 日。
- 高宜凡，〈未來的電哪裡來〉，《遠見雜誌》，2013 年 8 月 30 日，頁 204-230。<https://www.gvm.com.tw/article/18313>。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。
- 馬丁·阿諾德，〈德國下調天然氣增值稅以緩解價格衝擊〉，《FT 中文網》，2022 年 8 月 19 日。
<https://big5.ftchinese.com/story/001097024?full=y&archive>。檢索日期: 2022 年 10 月 9 日。
- 徐家仁，〈法擬建新核電廠，德核電廠 2022 年底全數關閉〉，《中時新聞網》，2012 年 11 月 15 日。<https://news.pts.org.tw/article/554122#>。檢索日期: 2021 年 12 月 10 日。
- 莊璦慈，2009 年，〈德國梅克爾政府之氣候保護政策〉，淡江大學歐洲研究所論文。
- 莊瑞萌，〈德國再生能源發電 超越傳統發電〉，再生能源資訊網，2019 年 7 月 5 日。<https://www.re.org.tw/news/more.aspx?cid=199&id=2995>。檢索日期: 2021 年 10 月 11 日。
- 陳孟朔，〈IEA 預期，歐盟可在一年內將俄羅斯天然氣進口量減少三分之一〉《yahoo 新聞》，2022 年 3 月 4 日。<https://tw.stock.yahoo.com/news/iea>。檢索日期: 2022 年 10 月 9 日。
- 陳怡均，〈德國風力發電遭遇挑戰〉，《中時新聞網》，2019 年 12 月 8 日。
<https://www.chinatimes.com/newspapers/20191208000421-260209?chdtv>。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。
- 海青青，〈吸引綠色投資，德國大力推動成為綠色金融中心〉，中央廣播電台，2021 年 5 月 5 日。<https://www.rti.org.tw/news/view/id/2098737>。檢索日期: 2022 年 10 月 25 日。
- 許雅音，〈德國公布氣候行動計畫 2050 將擴大再生能源、汽電共生、電網、逐漸減少燃煤發電、提升電廠的能源效率〉，《能源知識庫》，2016 年 9 月 8 日。https://km.twenergy.org.tw/Data/db_more?id=1306。檢索日期: 2021 年 8 月 11 日。
- 章采甄，〈德國公民電廠：弗萊堡-地方能源轉型的模範生〉，主婦聯盟環境保護基金會，2022 年 3 月 28 日。
<https://si.taiwan.gov.tw/Home/citizensSay/view/1194>。檢索日期: 2022 年 10

月 8 日。

經濟部能源局工業技術研究院，〈德國國家能源政策評析報告(2020 年版)〉，2021 年 1 月 3 日，

〈https://km.twenergy.org.tw/Document/reference_more?id〉。檢索日期: 2021 年 10 月 8 日。

曾依璇，〈法國能源政策主軸-減核時程延到 2035 年〉，《中央通訊社》，2018 年 11 月 27 日。

<https://www.cna.com.tw/news/firstnews/201811270322.aspx>。檢索日期: 2022 年 10 月 24 日。

曹昭陽、周儷芬，〈歐洲太陽光電現況與發展趨勢〉，《電力人》，第 15 期，2014 年 5 月，頁 68-75。

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

廖綉玉，〈歐洲能源危機的啟示！《經濟學人》：天氣再度決定經濟結果〉，《yahoo 新聞》，2022 年 11 月 20 日。〈<https://tw.news.yahoo.com>〉。檢索日期: 2022 年 12 月 8 日。

綠色和平氣候與能源專案小組，〈核能是什麼？核能發電的原理？〉，2021 年 4 月 26 日，〈<https://www.greenpeace.org/taiwan/update/23935>〉。檢索日期: 2021 年 10 月 10 日。

〈歐盟正式發布「歐洲綠色政綱」，宣示 2050 年達成氣候中和〉《永續新聞》，2021 年 6 月 4 日。〈https://www.sale-greenlabel.com/cn/news/major_trend/detail/225〉。檢索日期: 2021 年 10 月 8 日。

〈歐盟目標在 2050 年實現「氣候中和」〉，《永續新聞》，〈https://www.sale-greenlabel.com/cn/news/major_trend/detail/223#〉，2021 年 5 月 21 日。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

〈歐洲能源大動脈「北溪一號管」：一條牽動著世界能源格局和地緣政治的「敏感神經」〉，《關鍵評論》，2022 年 7 月 18 日。

〈<https://www.thenewslens.com/article/169988>〉。檢索日期: 2022 年 10 月 9 日。

張瓊之，〈德國新再生能源法(EEG 2017)〉，工業技術研究院綠能與環境研究所，2017 年 7 月，〈https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference_more?

- 檢索日期: 2021 年 8 月 11 日。
- 鄭勝得，〈德國家庭搶裝太陽能板〉《工商時報》，2022 年 9 月 11 日。
<https://readers.ctee.com.tw/cm/20220911/andac4/1203729/share>。檢索日期:
2022 年 10 月 9 日。
- 劉書彬，〈311 核災後德國核能政策之研究 — 兼論德國核能治理之公民參與〉，《臺灣民主季刊》第十卷，第三期，2013 年 9 月，頁 131—179。
- 劉明德、徐玉珍，〈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》，101 年 9 月。
<http://www.airtilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?> 檢索日期: 2021 年
10 月 10 日。
- 〈德國再生能源最新發展，反思我國能源政策〉，《The New Lens 關鍵評論》，2017 年 12 月 15 日，<https://www.thenewslens.com/article/85211>。
檢索日期: 2021 年 10 月 11 日。
- 〈德國能源營運商：核電廠不可能再度延役、廢核已無回頭路〉，經濟部國際貿易局，2022 年 12 月 17 日。
https://www.gov.tw/News5_Content.aspx?n=11&s=649685。檢索日期: 2022
年 12 月 25 日。
- 劉書彬，〈德國梅克爾政府(2005-2013)的能源轉型經濟〉 台灣大學風險與社會政策研究中心，2015/03/24。<https://rsprc.ntu.edu.tw/zh-tw/m01-3/research-archive.html?start>。檢索日期: 2021 年 8 月 11 日。
- 〈德國總理蕭茲不滿意度創新高〉，《三立新聞網》，2022 年 8 月 22 日。
<https://www.setn.com/News.aspx?>。檢索日期: 2022 年 10 月 9 日。
- 賴怡君，2014 年，《德國太陽能政策發展歷程及現況研究-以弗萊堡為例》，南華大學歐洲研究所碩士論文。
- 樹安德，2016 年，《從德國的角度來看臺灣 21 世紀的電力能源安全政策》，國立政治大學碩士論文。
- 錢逢鳴，〈俄烏戰爭的能源危機？能源自保成國際趨勢〉，《聯合新聞網》，2022 年 5 月 5 日。<https://udn.com/news/story/6853/6287899>。檢索日期:
2022 年 10 月 9 日。
- 謝雯凱、張素美，〈歐盟正式通過綠色新政，揭示 2050 年要達到碳中和〉，《能源知識庫》，2020 年 1 月 13 日。

- https://km.twenergy.org.tw/Data/db_more?。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。
- 關棟鴻，〈德國能源政策發展與檢討機制〉，工業技術研究院綠能與環境研究所，2019 年 10 月 3 日，
<https://km.twenergy.org.tw/ReadFile/?p=Reference&n> 檢索日期: 2021 年 10 月 10 日。
- 關棟鴻，〈德國發布 2030 行動計畫〉，《能源知識庫》，2019 年 10 月 21 日。
<https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference> 檢索日期: 2021 年 8 月 11 日
- 關棟鴻，〈德國能源轉型與減量策略〉，工業技術研究院綠能與環境研究所。2021 年 12 月 12 日。
- 關棟鴻，〈德國國家能源政策評析報告(2022 年版)〉，工業技術研究院綠能與環境研究所，2022 年 12 月 14 日。檢索日期: 2022 年 12 月 20 日。
- 關棟鴻、施沛宏，〈德國提出「復活節套案」改革電力部門法案〉，《能源知識庫》，2022 年 6 月 1 日。
<https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference>。檢索日期: 2022 年 9 月 11 日。
- 藍弋丰，〈法國核電廠故障拖累，德國電價期貨也跟著飛天〉，《財經新報》，2022 年 9 月 05 日。
<https://finance.technews.tw/2022/09/05/french-power-hits-900-euros-as-nuclear-outages-amplify-crisis>。索日期: 2022 年 10 月 9 日。

二、英文

“Energiewende” (能源轉型), Bundesregierung (德國聯邦政府), Accessed December 10, 2015,

<[http://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatistischeSeitenBreg/Energie FiT Contract For Difference \(cfd\)](http://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatistischeSeitenBreg/Energie_FiT_Contract_For_Difference_(cfd))> 檢索日期:2022 年 10 月 11 日。

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety, 2016, “Climate Action Plan 2050”。

http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_kurzf_en_bf.pdf。檢索日期: 2021 年 10 月 9 日。

Melissa Eddy, Germany Passes Climate-Protection Law to Ensure 2030 Goals, The New York Times, 2019/11/15,

<https://www.nytimes.com/2019/11/15/world/europe/germany-climate-law.html>。檢索日期:2022 年 10 月 11 日。

The German Renewable Energy Act 2017 – An overview for foreign investors/banks, ALLEN&OVERY, 2016/8,

<<https://www.allenoverly.com/germany/expertise/practices/finance/investment-funds/>>。檢索日期:2022 年 10 月 11 日。

The Amended Renewable Energy Sources Act 2014 (EEG 2014), 2014/8, <

<https://www.noerr.com/en/newsroom/News/the-amended-renewable-energy-sources-act-2014-eeg-2014.aspx>>。檢索日期:2022 年 8 月 11 日。

The German Renewable Energy Act 2017 – An overview for foreign investors/banks, ALLEN&OVERY, 2016/8,

<<https://www.allenoverly.com/en-gb/germany/expertise/practices/finance/investment-funds/>>。檢索日期:2022 年 10 月 9 日。