

國家能源政策評析報告：德國 2019 年版

謝雯凱

工業技術研究院 綠能與環境研究所

摘 要

德國 GDP 約為我國 9.65 倍，人均 GDP 為我國 2 倍，經濟條件與狀況優於我國。德國能源約有 2/3 仰賴進口，初級能源消費於近年達到相對低點，近年持平。由於廢核政策的影響，德國核能發電占比逐年減少，並由再生能源取代，2018 年再生能源發電占比已達 35%，幾乎追上燃煤發電占比。然而，再生能源的發展亦導致再生能源附加費的增加。日本福島核災後，廢核成為德國能源轉型的主要核心之一，計畫於 2022 年以前核電廠全數除役。德國的能源政策目標以經濟可負擔、能源供應安全和環境友善為方向，透過有系統的推動再生能源與提升能源效率的方式朝無核的電力供給系統邁進。目前也正著手燃煤退場的法律規劃，與最終核廢料處置場的公正討論。依照目前減碳趨勢德國難以達成 2020 年及其後之減碳目標，故於 2016 年 11 月 14 日於國會正式同意並發佈 2050 氣候行動計畫，並在 2019 年 11 月通過氣候行動法。德國之整體能源轉型政策可做為我國政策擬定之參考，然由於自然條件、地理位置與經濟環境的差異，我國整體能源配比仍需考量各種能源之優點，朝多元且適當的能源結構發展。

關鍵字：德國、能源轉型、能源政策

一、 國土社經基本資料

根據德國聯邦統計局估計，德國國土面積 349,360 平方公里，面積為我國的 9.65 倍。德國是歐盟人口最多的國家，近年因大規模接收移民入住，呈現成長趨勢，截至 2019 年 3 月底人口已達 8,304 萬人，為我國同期的 3.52 倍。此數字為德國人口最多的紀錄，包含 12.2% 的外國人，移民潮已趨緩，外國年輕移民帶來較高的生育率，但整體社會老齡化趨勢仍在。[1][2]

德國國內生產毛額(Gross Domestic Product, GDP)持續成長，2018 年 GDP 總額達 33,444 億歐元，相較於 2017 年成長 3.06%，略遜於近五年平均值，但自 2010 年起即連續保持正成長，失業率則持續下降，總就業人數在 2019 年第三季達 4540 萬人，為兩德統一後新高，整體薪資亦成長。產業結構以服務業為主，2018 年服務業占 GDP 比例約為 69%，工業部門為 30%，農業為 1%，與我國產業結構相似[1]。

二、 國家能源供需歷史趨勢

(一) 能源供需歷史趨勢

德國長期以來能源高度仰賴進口，2005 年時德國能源淨進口約占其初級能源消費的比重曾到達 72.82%，2018 年時已降至 70.6%。其中，淨進口比重最高之初級能源產品為石油(47.5%)，其次為天然氣(32%)、硬煤(13.6%)[3]。

1. 能源消費分析

德國初級能源消費於 2018 年達到 20 多年來最低，總初級能源消費為 13,106 PJ(petajoule)，主要為「非能源消費」與「能源轉變投入」的消費量減少。

若觀察最終消費部門別，近五年(2014-2018 年)平均已較上個五

年(2014-2018 年)減少，整體呈現下降趨勢，2018 年最終能源消費 8,996 PJ，近十年來僅高於 2009 與 2014 年，而德國 GDP 自 2009 年一度下跌後，便持續穩定成長，總體經濟與能源消費呈現脫鉤。就個別部門別，2018 年仍以交通運輸部門最終能源消費占比為高(30.1%)，工業次之(29.5%)，而後是住宅(25.5%)、商業(15%)。相較於 1996 年(最終能源消費最高峰)，2018 年的最終能源消費量減少 7.1%，住宅部門的能源消費量減少 20.7%，商業減少 22.7%，工業部門則增加 9.4%，運輸增加 3.1%。

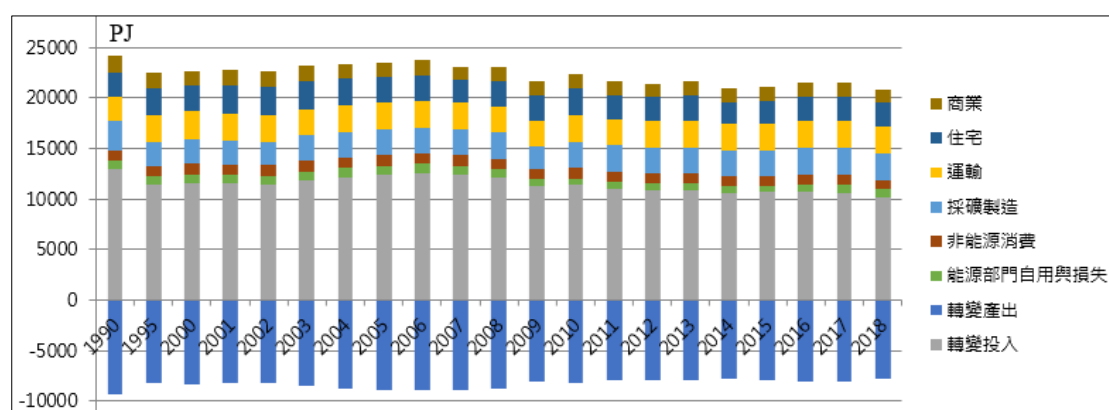


圖 1、德國歷年初級能源消費(按部門別)變化趨勢[3]

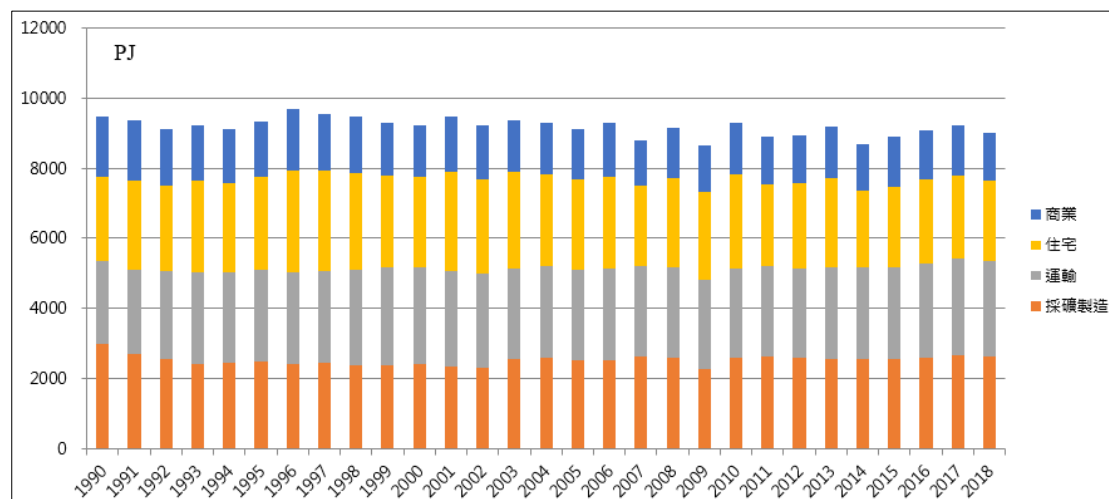


圖 2、德國歷年最終能源消費變化趨勢[3]

按燃料別觀察德國歷年初級能源消費，占比以石油最高(34%)、天然氣等氣體次之(23.5%)。與德國能源效率基準年 2008 年相較，成

長幅度最大者為再生能源，由 2008 年的 8% 提升到 13.8%，而核能減少 48.9%，硬煤減少 20.7%，如圖 3，符合能源轉型政策方向。

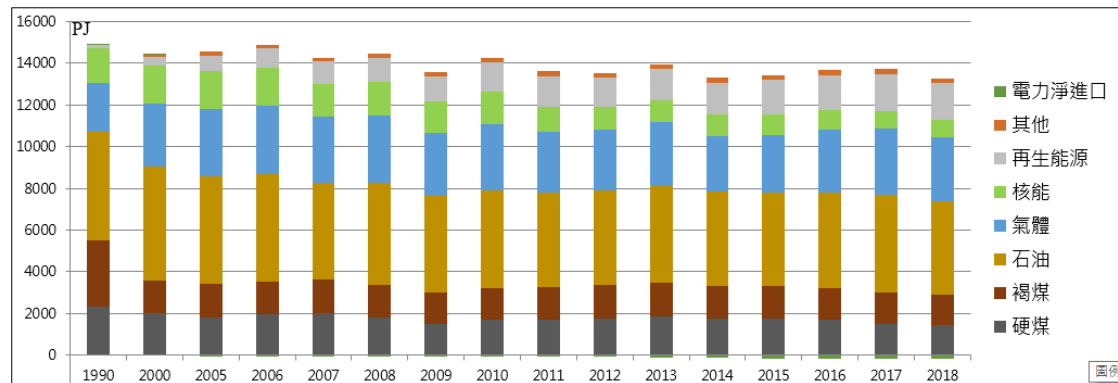


圖 3、德國歷年初級能源消費(按燃料別)變化趨勢[3]

2. 能源生產分析

2018 年德國國內初級能源生產量為 3,886 PJ，近年呈現穩定減少趨勢，硬煤與石油的生產量均降至最低，褐煤則亦有降幅。若與 1990 年相較，總初級能源生產減少 37.6%，硬煤便減少 96%，褐煤減少 52%，顯見優先減少國內硬煤生產，硬煤之淨進口量也自 2016 年後逐年減少。國內氣體生產相對 1990 年減少 43.6%，但淨進口量逐年增加，2018 年以臻最高峰。再生能源則增長近 9 倍，占國內初級能源生產量的比重也自 1990 年的 3.2% 提高到 2018 年 46.1%，2015 年便已超過褐煤，成為德國最主要的自產能源。

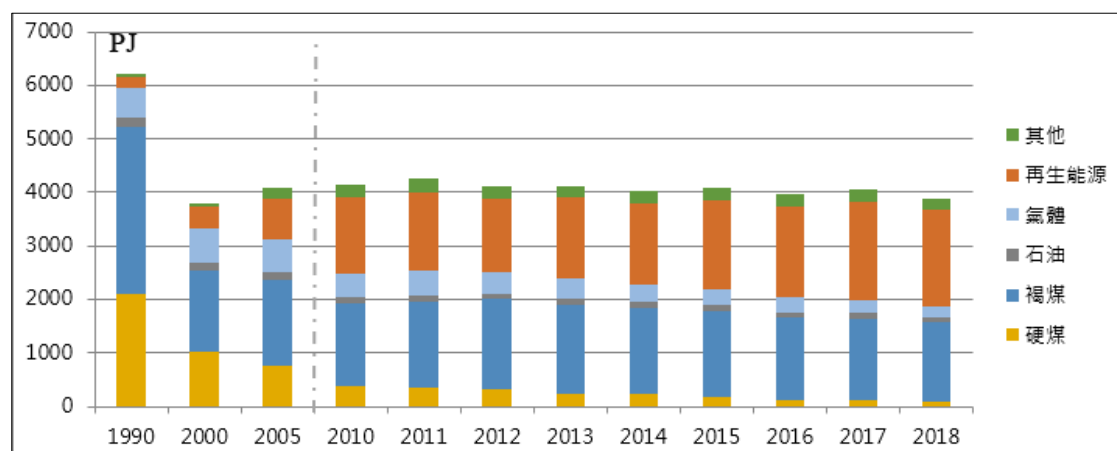


圖 4、德國歷年初級能源生產變化趨勢[3]

(二) 電力供需歷史趨勢

1. 發電來源分析

2018 年德國總電力裝置容量 206.22 GW，達歷史新高，唯成長速度較往年趨緩。分析各項發電來源，核能、硬煤在 2018 年裝置容量均減少，成長的類別為生質能、陸域風力、離岸風力與太陽光電，如圖 5、圖 6。2018 年德國陸域風力裝置量達 53.01 GW，離岸風力 6.61 GW，太陽光電裝置量達 45.95GW，當年度占比分別為 25.7%、3.2%與 22.3%。德國裝置量中有 21.8%來自於燃煤，14.3%來自於燃氣，而核能降為 4.6%。各項再生能源裝置量占比總計於 2018 年已達 57.3%，自 2015 年已超過德國一半的電力裝置量[3]。此外，與福島核災前的 2010 年相比，核電裝置容量已減少 10.91GW，煤炭火力電廠裝置容量亦減少 4.8 GW。

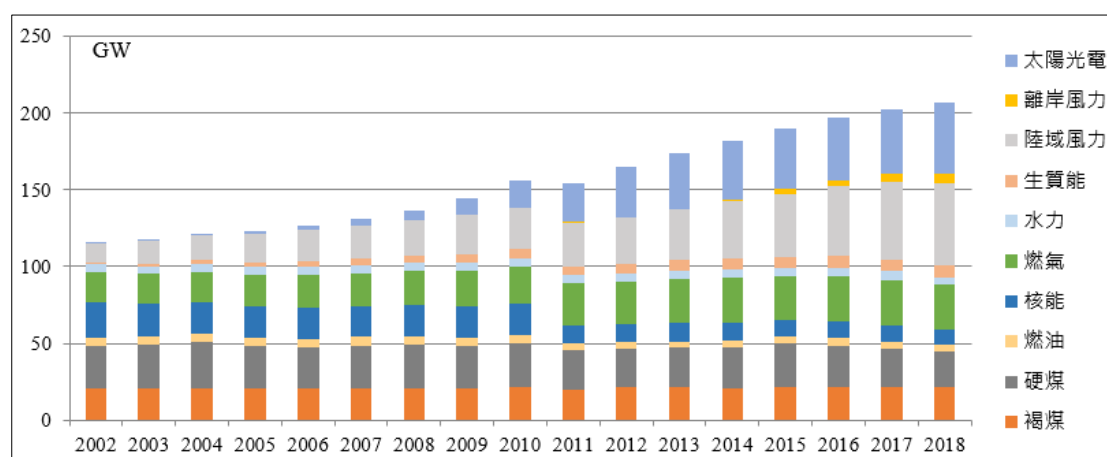


圖 5、德國歷年電力裝置容量變化趨勢[3]

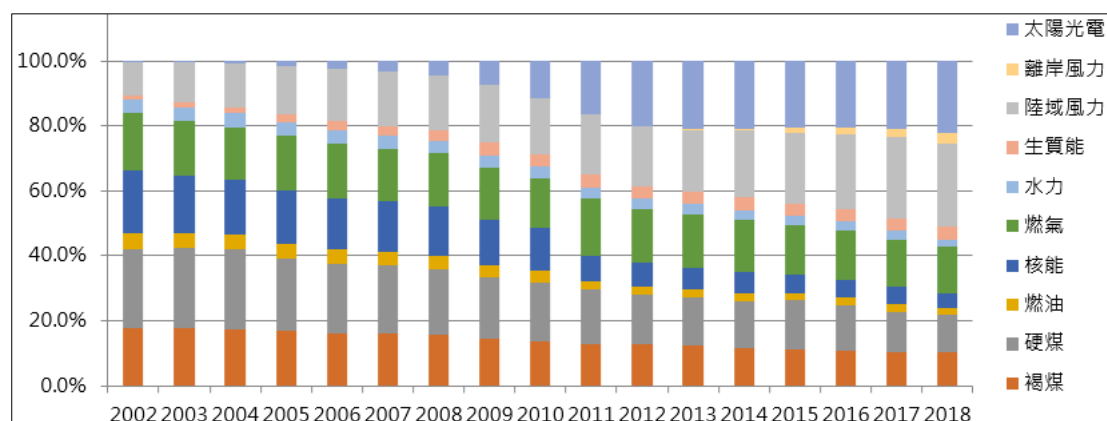


圖 6、德國歷年電力裝置容量占比變化趨勢[3]

2. 電力消費分析

2018 年德國總電力發電量達 646.8 TWh (十億度)，略低於 2017 年的 653.7 TWh 歷史最高值，但近 4 年為持平狀態。德國電力需求尖峰為冬季傍晚，2017 年最高峰為 12 月 13 日傍晚 5:30，但此時亦是風力發電最豐沛季節，因此可有效提供電力需求[4]。2018 年德國電力總需求約 595.6 TWh，發電較境內電力消費量淨超過 51.2 TWh。[4]

觀測各式發電來源，可明顯看出近年再生能源明顯增加，硬煤火力發電與核電下降最多，如圖 7、圖 8。與福島核災前的 2010 年度相較，以核電減量最多，達 64.6TWh，硬煤火力減量 33.8 TWh，再生能源發電量增加 120.9 TWh，遠超過核能與煤碳的發電減少量。

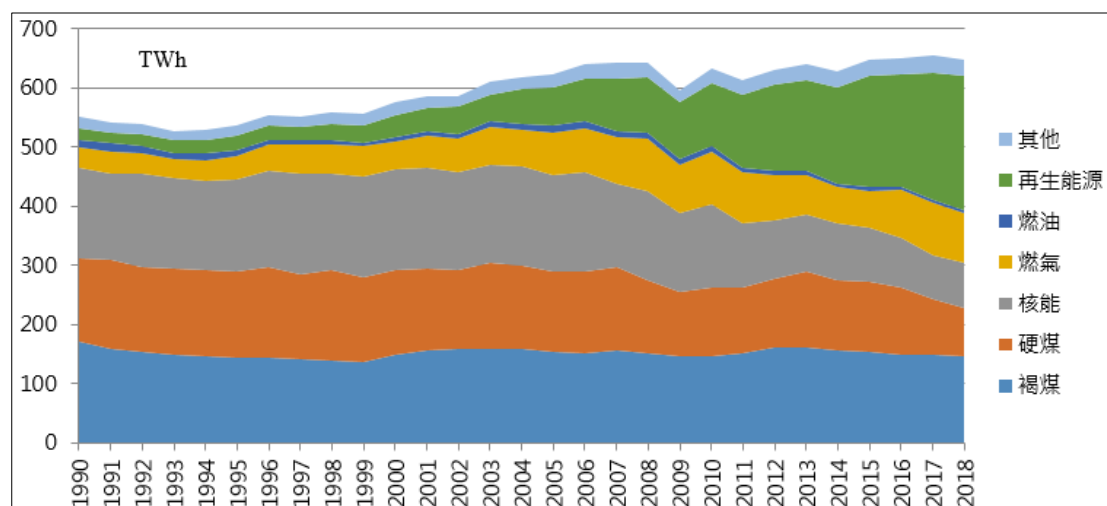


圖 7、德國歷年電力發電量變化趨勢-累計[3]

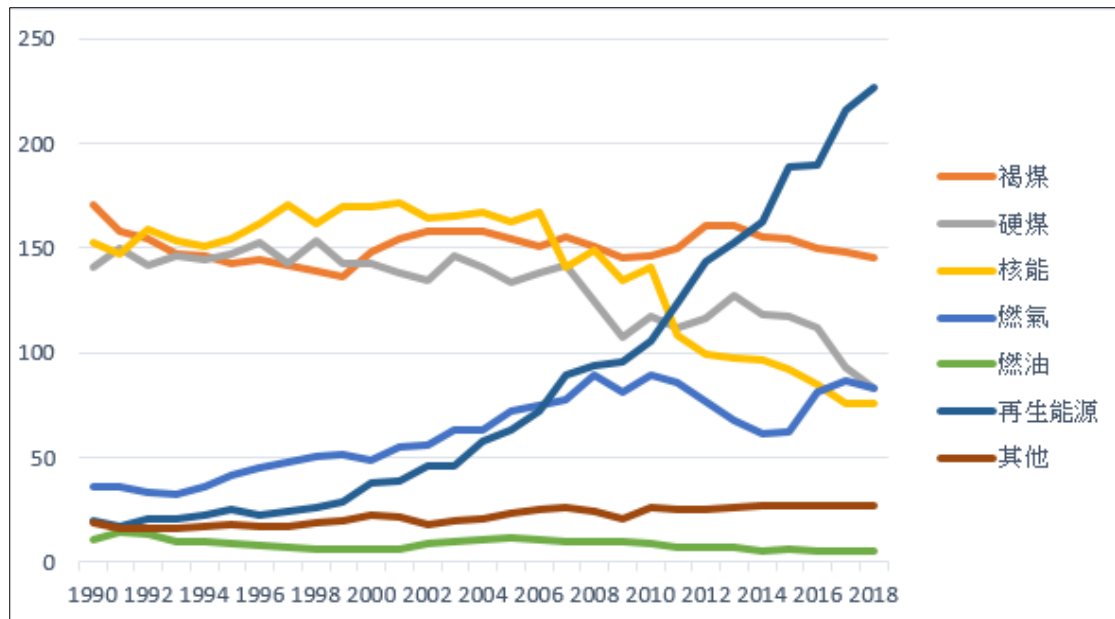


圖 8、德國歷年電力發電量變化趨勢-按發電方式[3]

整體再生能源發電占比自 2011 年已超過核電，2018 年已達 35%，僅略遜於燃煤火力 35.4%，預估 2019 年可超越，成為德國最主要的發電形式。除水力之外，各類再生能源發電均達到歷史最高值，目前仍以陸域風力占比最高(14.3%)，次之為生質能(8.1%，含家庭廢棄物發電)與太陽光電(7.1%)。其中，陸域風力占比自 2017 年起超越核電。

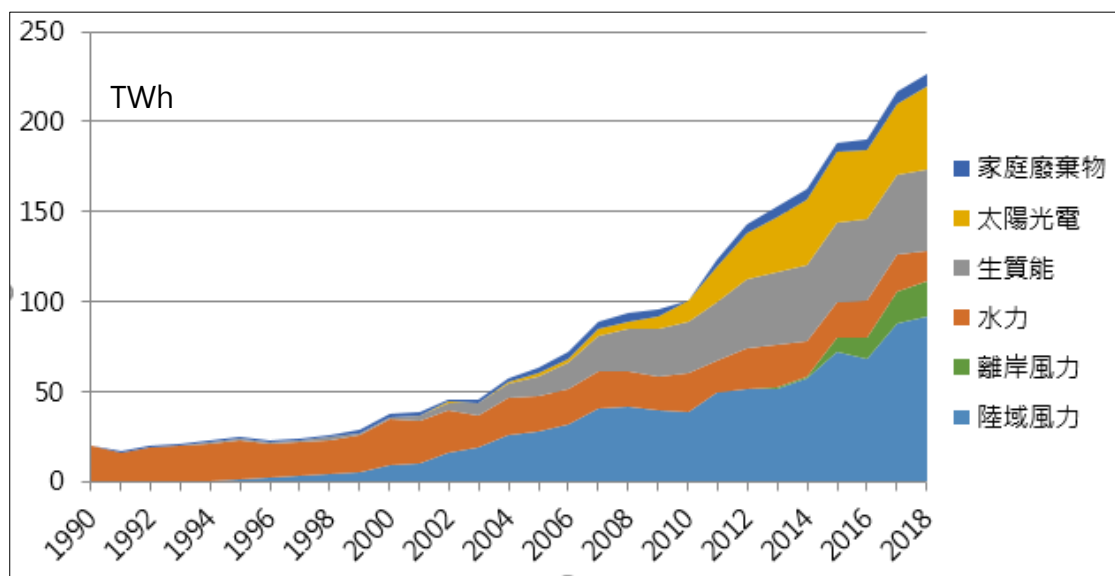


圖 9、德國歷年再生能源發電量變化趨勢[3]

3. 電力進出口

因德國位居歐洲電網中心，跨歐洲的電力進出口相當頻繁，德國與所有鄰國均有電力進口與出口[6]。就電力市場交易的商業流量來看，德國自 2003 年後一直為電力淨出口國，淨出口紀錄近年不斷創新高，但 2018 年則稍減。

在電力進出口可分為物理流量(Physical flows)與商業流量(Commercial flows)做探討。物理流量為電力在跨境邊界的即時交換量，而商業流量則為透過市場交換原則，市場參與者依據跨境機制(cross-border mechanisms)做安排之結果。以物理流量來看，德國對鄰國均為電力淨出口，僅自捷克、法國為淨進口，因德、法間有最大量的電網傳輸量，多年來均以法國進口量最多，透過電網輸往西班牙或鄰國，德國輸往法國則轉進瑞士與義大利，如圖 10。

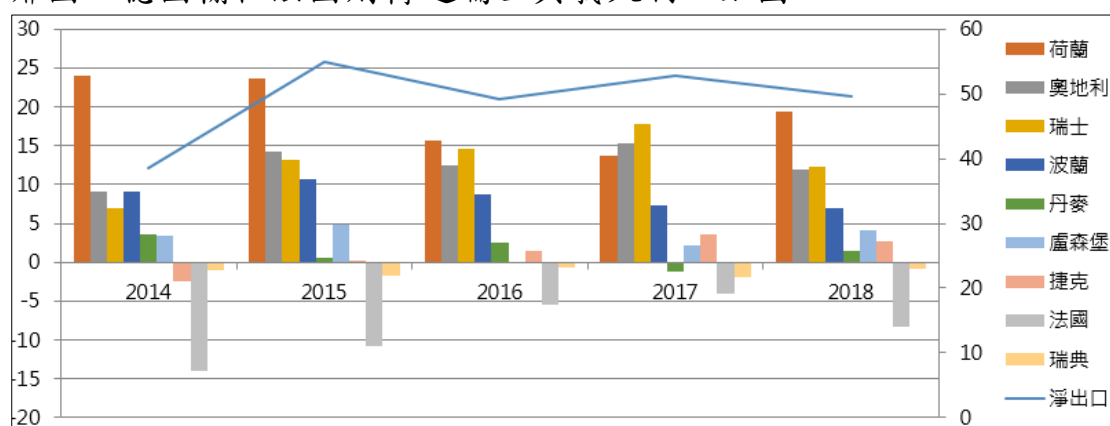


圖 10、德國電力淨出口趨勢(物理流量) [6]

若採用商業流量觀測，德國仍為電力淨出口國，德國主要的電力出口國為奧地利(25.3 TWh)、荷蘭(14.6 TWh)與法國(8.4 TWh)，如圖 11。德國常態性自捷克、瑞典淨進口電力，但總量並不高。

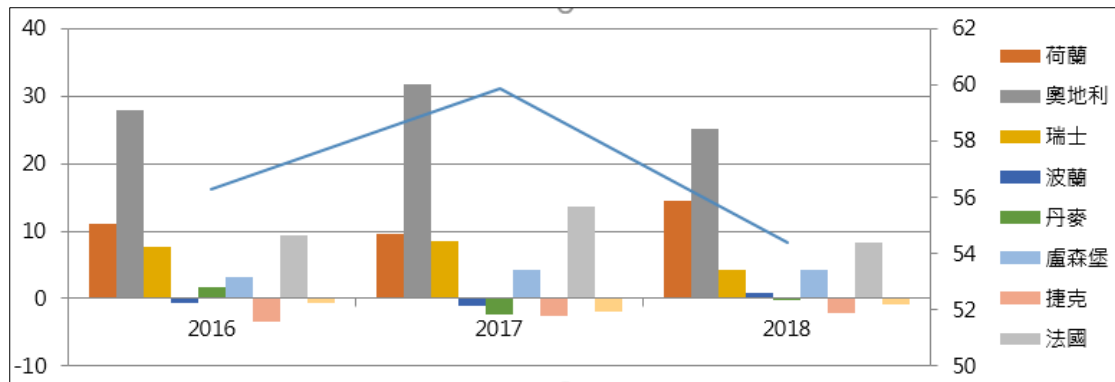


圖 11、德國電力進出口情形(商業流量) [6]

4. 電力價格

德國終端電力價格分為住宅與工業電價兩個類群，各自由許多不同的費用組成。2018 年住宅總電價為 29.44 歐分/度¹，2019 年住宅總電價為 30.22 歐分/度(約新台幣 10 元)，自 2000 年最低價 13.94 歐分/度以來，幾乎逐年提高，如圖 12 所示。

2018 年德國工業電價 17.95 歐分/度、2019 年工業電價為 18.44 歐分/度(約新台幣 6.3 元)²，相較於 2000 年最低價 6.05 歐分/度，工業電價亦緩步逐年提高，如圖 13 所示。

分析兩類群電費結構，主要均為發電/輸配電費用，與再生能源附加費為主。前者近年略有消長，但並無顯著增加，總電費增加最主要的因素來自於再生能源附加費，與 2016 年提高的汽電共生附加稅、2012-14 年增收的電網稅、離岸稅與需量反映負載稅。再生能源附加稅部分，2000 年該稅額僅有 0.2 歐分/度，核災前 2010 年則為 2.05 歐分/度，2017 年達最高值 6.88 歐分/度後，2019 年降為 6.4 歐分/度，近兩年已略為下降，2020 年稅額已公布為 6.75 歐分/度[7]，顯見近年再生能源附加稅已呈現持平狀態。。

¹ 以每年用電量 3500 度的家庭計算。

² 以年消耗量 160~20,000MWh 的中壓供電製造業計算

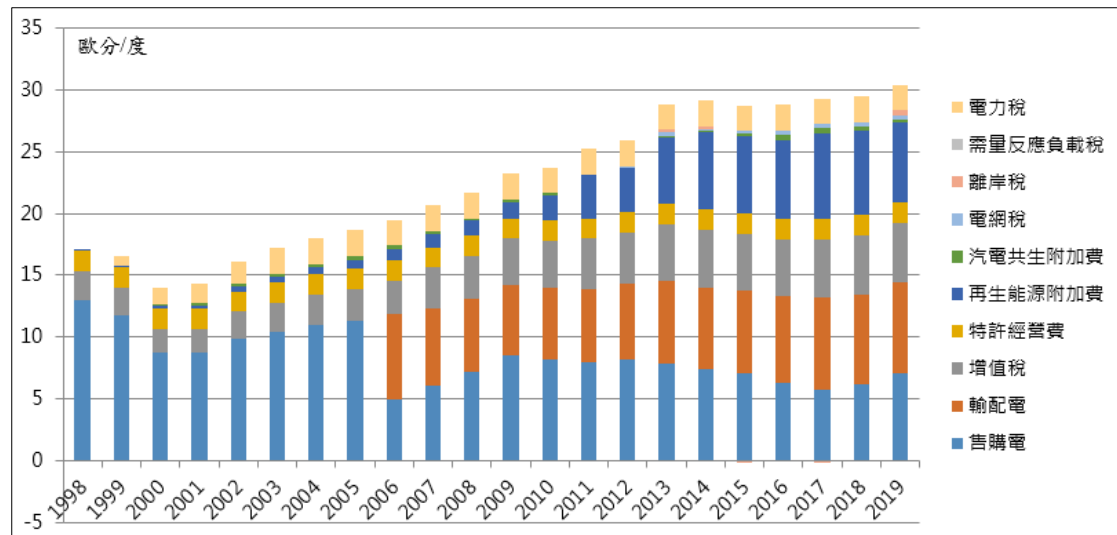


圖 12、德國歷年住宅電價結構與變化[8]

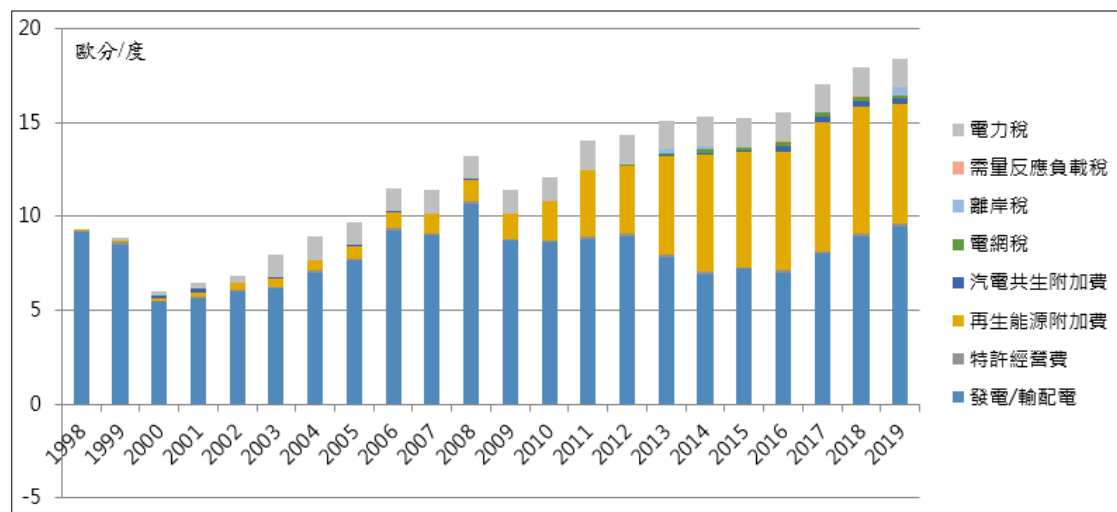


圖 13、德國歷年工業電價結構與變化[8]

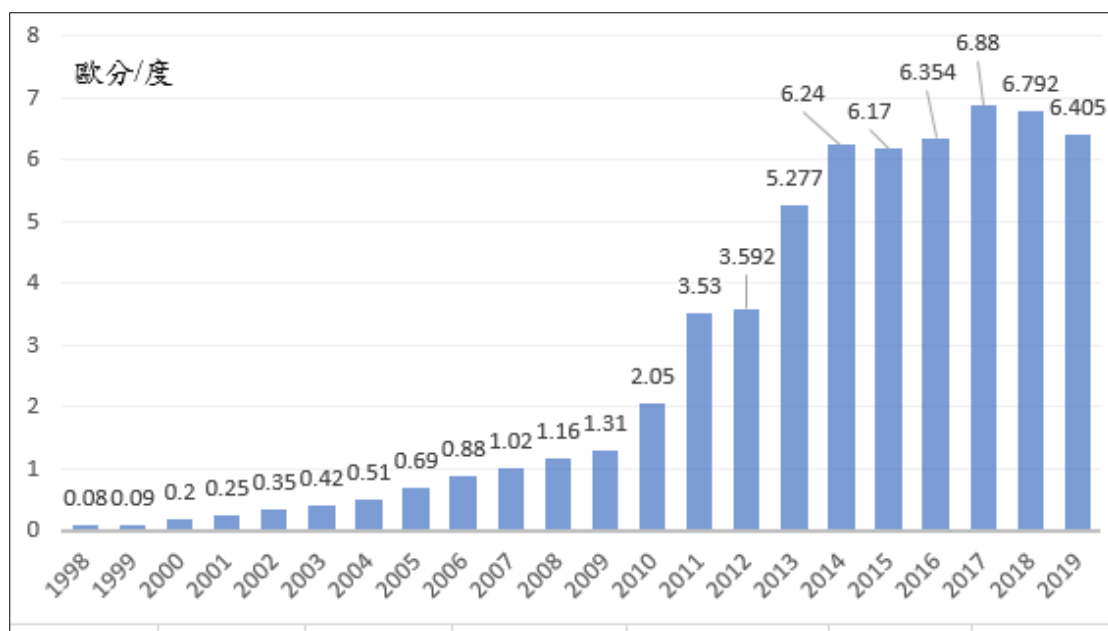


圖 14、德國歷年再生能源附加稅變化[8]

(三) 溫室氣體排放歷史趨勢

德國 2017 年的溫室氣體排放為 906.6 百萬噸，2018 年尚缺乏商業數據因而較低。2017 年度相較於德國對外宣示的基準年(1990 年)，減少溫室氣體排放約 27.53%，也達到 1990 年來的次低點，僅次於 2014 年(903.2 百萬噸)，甚至較 2009 年金融風暴時期的排碳量(908.1 百萬噸)更低。2017 年溫室氣體排放的占比仍以能源工業最高 34.6%、工業部門 22.1%、運輸部門占 18.5%、住宅部門占 10.3%、農宅部門占 7.3%，商業/機關和其他部門僅占 7.2%。[9][10]

近年排碳下降主要貢獻來自電力部門(約占能源工業近 9 成)的排碳下降，如圖 15 所示，若以減碳比例看，除交通運輸之外，每一個部門均有減碳，減碳比例最大的是商業/機關部門、廢棄物與廢水處理部門。儘管近年經濟回溫、冬季嚴寒、人口增加，溫室氣體排放或有消長，但自 2010 以後已明顯呈現趨緩趨勢。

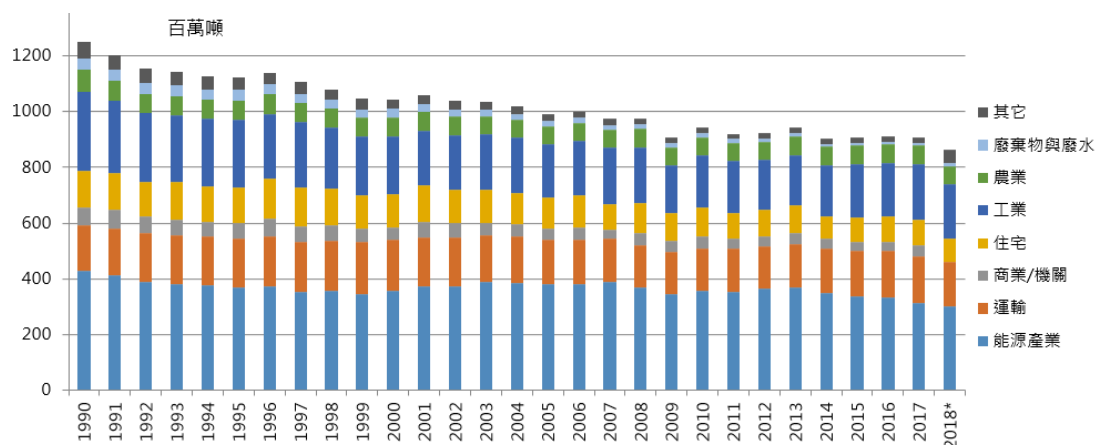


圖 15、德國歷年溫室氣體排放量減少趨勢[10]

(2018 年數據尚缺商業/機關排放)

因經濟持續成長，但能源消費與溫室氣體持續走低，因此德國在整體能源效率和能源消費有明顯脫鉤。

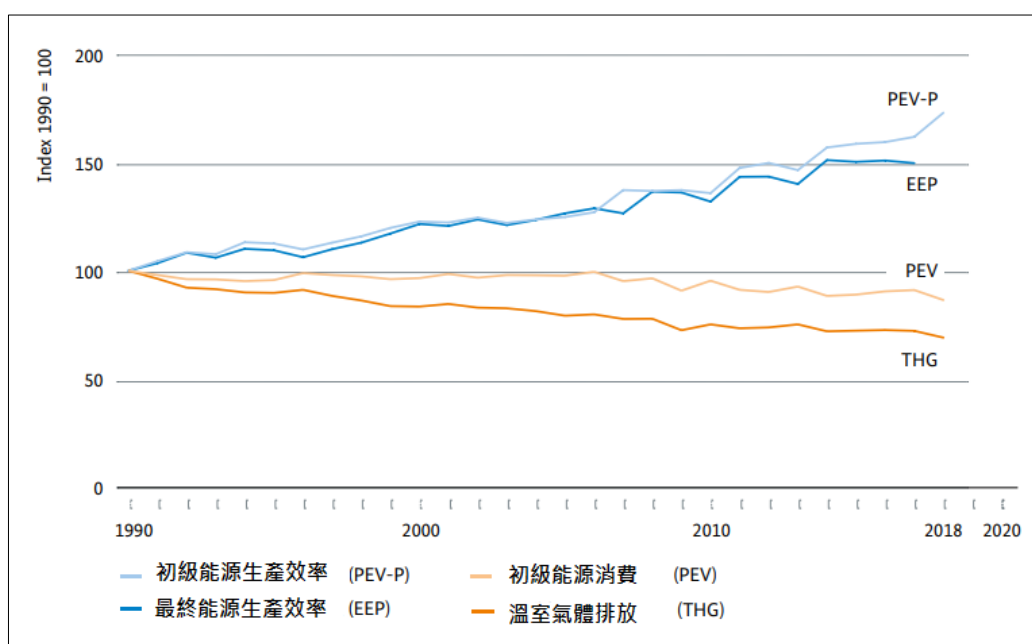


圖 16、能源效率與初級能源消費、溫室氣體排放脫鉤趨勢[9]

三、 國家能源政策目標

德國於 2000 年發布再生能源法，推動以固定收購價格制度收購再生能源電力，促使德國再生能源真正有大幅度的進展。2002 年德國政府宣布核能逐步退場，2011 年日本福島核災後，再推動 8 座 1980

年前興建之老舊核能機組立即停役，既有核能機組不延役，並訂於 2022 年完全關閉核電機組。此路徑基本上依循 2010 年 9 月所提出的能源概念(Energy Concept)，規劃德國至 2050 年的能源發展策略。爾後透過法規強化、制度架構推動，來推進能源轉型的發展，例如 2012 年起每年提出「能源轉型評估報告」，2014 年起每 3 年發布「能源轉型進展報告」，修正再生能源法，並強化電力市場管理的法案等等。其相關能源政策目標如表 1。

表 1、德國能源政策目標[11]

類別	2011	2012	2013	2014	2020	2030	2040	2050
溫室氣體排放								
溫室氣體排放 (相較於 1990 年)	-25.6%	-24.7%	-23.9%	-27%	至少 -40%	至少 -55%	至少 -70%	至少 -80%-95%
再生能源								
電力消費占比	20.4%	23.6%	25.4%	27.3%	至少 35%	至少 50%	至少 65%	至少 80%
					2025 年：40%-45%			
					2035 年：55%-60%			
最終能源消費 占比	11.5%	12.4%			18%	30%	45%	60%
能源效率								
初級能源消費 (相較於 2008 年)	-5.4%	-4.3%	-3.5%	-8.2%	20%			-50%
電力消費 (相較於 2008 年)	-1.8%	-1.9%	-3.04%	-6.78%	-10%			-25%
汽電共生 發電占比	17%	17.3%			25%			
最終能源生產	每 年 1.7% (2008- 2011)	每 年 1.1% (2008- 2012)			每年 2.1% (2008-2050)			
建築								
初級能源需求								約-80%
供熱需求					-20%			
現代化比率	約 1%	約 1%			每年 2%			
運輸								
最終能源消費 (相較於 2005 年)	-0.7%	-0.6%			-10%			-40%
電動車數量	6.547	10.078			1 百萬	6 百萬		

(一) 溫室氣體減量政策—通過氣候行動法

歐盟於 2015 年 3 月提交「預期國家決定貢獻」(Intended Nationally Determined Contribution; INDCs)，承諾 2030 年溫室氣體排放量相較 1990 年排放水準減少 40%，其範圍涵蓋整個歐盟經濟體(28 個國家，包含德國)。然德國本身訂有國家減碳目標，2030 年較 1990 年水準減少 55%，比歐盟 INDCs 嚴格，主要仰賴其對再生能源的大力推廣、能源效率目標的實施、優良的地理環境與財務優勢。

德國在制定國內溫室氣體減量政策時亦面臨經濟與環境的爭論，當時同為社會民主黨成員的德國副總理暨經濟及能源部長-西格瑪爾·嘉布瑞爾(Sigmar Gabriel)與環境、自然保育、建築及核能安全部部長-巴巴拉·亨德里克斯(Barbara Hendricks)多次針對減碳議題提出不同的看法。環境部長認為老式褐煤對排碳應有最大的責任，且認為煤炭快速退場不會影響電價，因為再生能源附加費是補貼電力市場價格的差額，當電力市場價格上漲，民眾的再生能源附加費支出就會減少。經濟部長則明確拒絕煤炭的快速退場，認為其會影響電力成本，並導致能源供應的不安全，同時間接導致德國工業外移。然而，依照目前德國減排趨勢，德國恐無法達成 2020 年目標，2030 年之後的目標達成更是嚴峻的挑戰，故有必要提出明確的減碳方針。

德國亦於 2016 年 11 月 14 日德國國會正式同意並發佈「2050 氣候行動計畫」(Climate Action Plan 2050)，並以此當作架構，規劃德國如何達到在 2050 年減少溫室氣體排放 80-95%的目標。然最終方案與草案相比，並無明確訂定廢煤的具體日程等。期中，針對能源行業有幾大原則，包含擴大再生能源與汽電共生、擴大電網、逐漸減少燃煤電廠的設施及燃煤電廠所供給的電力、提升公用事業電廠的能源效率。具體的項目有以下幾項：

- (1) 強化再生能源發展的定期審查機制：為了順利拓展再生能源，需要一個管理機關來確保再生能源裝置是否達到目標。

- (2) 能源部門與其他部門的合作: 能源部門應與工業、商業，服務業部門合作減碳，需要開發有效率利用電力的技術，德國聯邦政府將鼓勵跨部門的創新研發活動，且強化再生能源的儲存系統。
- (3) 金融體系的改造: 透過再生能源的融資體系，增加再生能源的收入潛力，且聯邦政府將逐一檢查各種能源(天然氣、燃料油、電力)在各個階段(儲存、轉換、直接使用)的稅率和能源價格。
- (4) 科技研發經費: 為了度過能源轉型，再生能源技術的發展扮演重大的腳色，對於電網、電力儲存、跨部門的電力整合、提高能源效率等，將在 10 年內有革新的突破。
- (5) 完成氣候變遷、經濟成長，能源革命的結構變化: 聯邦政府將在 2018 年中期設立一個委員會，該委員會應制定經濟發展，能源結構的變化，包括各地區電力穩定供應和有競爭力的能源成本之融資，且擔保能源結構轉型的必要的投資。
- (6) 加強 ETS(Emission Trading Scheme): 排放權交易鼓勵廢除燃煤發電，以及強化電廠投資決策。

儘管計畫討論期間部門目標存在爭議，正式文件仍確定了部門目標，然仍需進行全面的影響評估與諮詢，並可能在 2018 年做調整。針對 2020 年的減量目標，該行動計畫評估減量約 37%，仍較原訂目標的 40% 低。正式版提出之部門別減量目標如表 2 所示，2030 年相較於 1990 年整體減量 55-56%，能源部門減量達 61-62%。

表 2、德國 2050 氣候行動計畫部門別減量目標[12]

	1990	2015	2030 (2016 年 5 月版本)	2030 (正式版本)	2030 減量比例 (相較 1990 年)
能源部門	466	347	178~188 (排碳量減半)	175-183	61-62%
建築部門	210	122	70~80	70-72	66-67%
運輸部門	163	160	90~100	95-98	40-42%

工業部門	283	189	120~125	140-143	49-51%
農業部門	90	73	50~60	58-61	31-34%
其他	39	11	--	5	87%
總計	1251	902	520-565 (相較 1990 減少 55-58%)	543-562	55-56%
無煤時程	-	-	2050 年前達成無煤，預計將於 2017 年中提出無煤時程表	沒有提出無煤時程表	-

(二) 核能政策

受到日本福島核災影響，2011 年 3 月即有 8 部機組停止運轉(833.6 萬瓩，占核能總裝置容量 41%)，並於 2011 年 5 月 29 日宣布將於 2022 年全面關閉所有核電廠；2015 年 6 月 Grafenrheinfeld (127.5 萬瓩) 停止運轉。

國現有 8 部機組(1,072.8 萬瓩，占核能總裝置容量 53%)仍在運轉中(表 3)，2015 年核能尚占德國總發電量 14%。

表 3、德國核能電廠運轉現況與關閉時程規劃[13]

核電廠名稱	裝置容量 (萬瓩)	正式商轉 年份	原先停止運轉年份 (2010 年批准)	關閉時程
Biblis A	116.7	1975/02	2016	2011/03
Neckarwestheim 1	78.5	1976/12	2017	2011/03
Brunsbüttel	77.1	1977/02	2018	2011/03
Biblis B	124	1977/01	2018	2011/03
Isar 1	87.8	1979/03	2019	2011/03
Unterweser	134.5	1979/09	2020	2011/03
Phillipsburg 1	89	1980/03	2026	2011/03
Krümmel	126	1984/03	2030	2011/03
Grafenrheinfeld	127.5	1982/06	2028	2015/06
停止運轉核電廠總計	961.1			
Gundremmingen B	128.4	1984/04	2030	2017/12
Gundremmingen C	128.8	1985/01	2030	2021

Grohnde	136	1985/02	2031	2021
Phillipsburg 2	139.2	1985/04	2032	2019
Brokdorf	137	1986/12	2033	2021
Isar 2	140	1988/04	2034	2022
Emsland	132.9	1988/06	2035	2022
Neckarwestheim 2	130.5	1989/04	2036	2022
現正運轉核電廠總計	1072.8			
核電廠總計	2033.9			

(三) 再生能源

德國為使再生能源逐步脫離躉購制度(Feed-in Tariff, FIT)的補貼扶持，近幾年來歷經再生能源法(EEG)與能源工業法(EnWG)的多次修訂。在 2012 年的再生能源法中，僅鼓勵再生能源發電業者自願性參與電力自由競爭市場，而在 2014 年的再生能源法修法(EEG 2014)中，則除了少數例外，全數以市場溢價制度參與電力市場競標，並規定各再生能源技術的年推廣限量。德國 2014 年的再生能源法之各再生能源技術之推廣限制如下：

- (1) 陸域風力：每年最多 2,500 MW 淨推廣量(考慮既有裝置停止)
- (2) 離岸風力：2020 年推廣限制 6.5 GW(原本目標 10 GW)，2030 年推廣限制 15 GW(原本目標 25 GW)
- (3) 太陽能：每年最多 2,500 MW 總推廣量(不考慮既有裝置停止)
- (4) 生質能：每年最多 100 MW 的總推廣量

德國於今(2016)年再次修正備受讚譽的再生能源法(EEG)，並預計新的再生能源法(EEG 3.0)將於 2017 年 1 月 1 日生效，捨棄促使再生能源快速成長的躉購制度(Feed-in-Tariffs, FIT)，採用競標制度以維持每年穩定的裝置容量增加，藉由導入市場為基礎的制度，吸引再生能源投資，同時促使市民參與風能招標並研擬離岸風力競標制度。

EEG 3.0 目前由德國經濟及能源部提出，其重點如下：

- (1)如同 2014 年再生能源法修訂之目標，2025 年再生能源占電力消費

占比 40-45%，2035 年再生能源占電力消費 55-65%，以及 2050 年再生能源占電力消費最低 80%之目標，並強調「分階段」增加再生能源，並透過對不同再生能源發電推廣之控制，以控管再生能源的擴張。。

- (2) 再生能源設施的補助應當透過競爭的過程(競標)，而非由政府決定固定金額(FIT)。
- (3) 新再生能源法將僅提供贏得競標的再生能源裝置發電補助。
- (4) 不同再生能源技術(太陽光電、陸域風力、離岸風力)將擁有不同量身訂製的競標制度。
- (5) 小型再生能源裝置(小於 1 MW)不用參與競標機制，仍可在現有 EEG 2014 架構下獲得 FIT 補助。
- (6) 在特定條件下，每年裝置量的 5%可提供其他歐洲國家的再生能源裝置參與競標。

新的再生能源競標制度的設計將包含以下幾點原則：

- (1) 各技術再生能源競標之裝置量將依據 2025 年再生能源占比 40-45%的目標做規劃。
- (2) 2017 年太陽光電與陸域風力展開競標，投標廠商需繳交保證金，每年約 3-4 次競標，項目不可移轉。
- (3) 競標之簽約價格將依據投標金額與廠商簽約(pay-as-bid principle)
- (4) 投標金額上限將事先公告，價格較低者將優先被接受。
- (5) 得標且成功裝設之再生能源裝置設備將依據其得標金額補助 20 年。

新再生能源法中太陽光電之競標制度原則上將與去(2015)年太陽光電先期試驗競標制度相似，每年將有 3 次競標。太陽光電之裝設以靠近公路與鐵路為原則，對於耕地與保護區的安裝設有限制。依據 EEG 2014，太陽光電每年安裝量限制為 2,500 MW，其中每年 500 MW 參與競標，其餘裝置量來自於小型太陽光電裝置。

陸域風力之競標較太陽光電新增額外條件，需依據聯邦注入控制

法案(Federal Immission Control Act)，事先針對噪音做審核與批准，然陸域風力所需繳交之競標保證金較小。透過市民參與風場投資與合作的案件，將可減免相關事前費用，並獲得額外補助。在競標的前期競標次數將較為頻繁(2017 年預計 3 次，2018 年預計 4 次)以迅速取得市場經濟價格。新再生能源法的修正將於 2021 年後於離岸風電上實施，廠商將透過競標決定特定風場的開發權利。2021-2024 年間，離岸風力的過渡性競標制度將被實施，每年兩次提供有限的裝置量競標。離岸風力的擴展目標為 2020 年 6.5 GW、2025 年 11 GW 及 2030 年 15 GW，競標容量將配合目標的達成，預計自 2025 年起每年 800 MW 競標容量。

生質能於其他再生能源不包含在競標制度規劃當中，德國經濟與能源部認為，這些技術尚不具備足夠的市場競爭性。既有獲得 FIT 補助的生質能電廠，當其 FIT 補助到期後，考慮採用競標制度作後續的補助及鼓勵其做電廠更新。

2014 年修訂的德國再生能源法(EEG 2014)，強調再生能源與市場整合，同時擴大再生能源附加費的徵收範圍(如取消電力密集產業之電價折扣、逐步調漲鐵路運輸業與電力自產自用產業之再生能源附加費)，並管控再生能源的發展，直接造成 2015 年德國再生能源附加費的降低。再生能源投入市場機制部分，除市場溢價制度外，計畫在 2017 年將陸域風力與超過 1 MW 太陽光電的推廣政策改為競標制度，離岸風力則預計於 2021 年後導入。地面型太陽光電先期試驗競標制度(Sec. 55 EEG)已在去(2015)年實施，得標者有 2 年時間完成裝設，其結果如下表 4 所示。由於鼓勵投入市場機制之經費亦來自於再生能源附加費，且德國再生能源仍持續擴張，故 2016 年再生能源附加費仍增加。

表 4、德國地面型太陽光電先期試驗競標結果[14][15]

期數	規劃容量	投標容量	得標容量	金額上限 (歐分/度)	得標金額 (歐分/度)	支付金額
第一期 (2015/4)	150 MW	715 MW	156.97 MW	11.29	9.17 (平均)	投標金額 (不同金額)
第二期 (2015/8)	150 MW	558 MW	159.7 MW	11.18	8.49 (最高)	最高金額 (統一價格)
第三期 (2015/12)	200 MW	562 MW	204 MW	11.09	8 (最高)	最高金額 (統一價格)
第四期 (2016/4)	125 MW	540 MW	128 MW	11.09	7.41 (平均)	投標金額 (不同金額)

德國於 2015 年太陽光電先期試驗裝置額度為 500 MW，2016 年預計競標額度 400 MW，2017 年則估計為 300 MW，顯示德國對於競標目前仍處於測試階段。未來 EEG 3.0 若通過，規劃太陽光電每年安裝量限制為 2,500 MW，其中每年 500 MW 參與競標，其餘裝置量來自於小型太陽光電裝置。太陽光電之裝設以靠近公路與鐵路為原則，對於耕地與保護區的安裝設有限制。

由 4 次太陽光電競標結果顯示，得標金額持續下降，有助於再生能源投入市場競爭，然由於競標額度的限制，約有 6 到 8 成的投標裝置量無法被接受，第 4 期沒被接受之裝置量比例高達 76.3%。先期試驗分別採用兩種簽約金額，一種採用投標金額簽約，另一種採用最高得標金額與所有得標廠商簽約(uniform pricing)，然實驗結果顯示採用統一價格(最高得標金額)效果不佳，未來競標之簽約價格將依據投標金額與廠商簽約。

德國於 2016 年修正的再生能源法以導入競標制度為重點，主要考量競標制度有利於政府掌控再生能源的發展速度，進一步掌握電網的拓展。依據再生能源法規劃內容，投標廠商需繳交保證金，每年約 3-4 次競標，項目不可移轉。投標金額上限將事先公告，價格較低者將優先被接受。得標且成功裝設之再生能源裝置設備將依據其得標金額補助 20 年。此外，競標制度亦符合歐盟導入市場競爭的訴求，並對電力公司與德國鄰近國家的電力安全帶來改善。德國經濟與能源部相信，透過競標制度可使再生能源的成本接近經濟必要的水平。

(四) 能源效率、建築與運輸

德國聯邦政府之能源效率提升主要依據三個策略：(1)在建築領域持續推動提升能源效率；(2)建立能源效率之獲利與交易模式；(3)提升能源效率之自負責任制。透過德國國家能源效率行動計畫的各種措施，預計在 2020 年(未包含交通領域的各項措施)，初級能源的消費將可減少 390PJ 至 460PJ，並減少 2,500 萬至 3,000 萬公噸的二氧化碳排放量；而在 2020 保護氣候行動計畫中所提交的交通事業措施，可使初級能源消費再減少 110PJ 至 162PJ，進而減少 700 萬至 1,000 萬公噸的二氧化碳排放量。

德國政府希望境內的建築物，不論是一般住家或是辦公大樓，在 2050 年前都可以達到氣候中和(climate-neutral)，德國目前建築的耗能約占全國整體最終能源消費的 40%，其中最大的部份就是供熱；因此，德國此項目標是相當的具有野心，其中包含了(1)建築部門每年提升能源效率 1~2%；(2)相較於 2008 年，建築部門供熱需求於 2020 年減少 20%；(3)初級能源消費於 2050 年減少 80%。為了達成上述目標，德國政府提出了多項的立即措施，包含了「擴展地方建築能源效率的能源諮詢服務」、「能源改革的財稅誘因」、「增加資金改善二氣化碳建築現代化計畫」以及「改善供熱效率評估計畫」。

四、 結論與建議

德國 GDP 約為我國 7.1 倍，人均 GDP 為我國 2 倍，經濟條件與狀況優於我國。然我國亦已實施多項節電措施，各項能源效率措施已與世界同步，近年來二氧化碳排放趨勢雖大致持平，惟節電邊際效益遞減，若欲爭取更多節電效益，需排除更多限制，將使節能支出大幅提高。

德國採用廢核政策，大幅度增加再生能源替補，已造成 2016 年住宅電價較 2011 年成長約 13.9%，如相較於 2000 年成長更超過 1 倍，

電價約為我國的 3.2 倍。此外，到 2020 年，德國廢核之能源轉型支出將達 2,500 億歐元，近年來由於再生能源附加費增加，使工業電價節節上漲，對於電力密集產業，如鋼鐵、鋁業、紙業、水泥與化學等帶來不小的衝擊。我國為出口導向之經濟體，電力價格是影響產業競爭力的要素之一，仍需衡量以「成本有效」、「最低成本」之精神推動能源政策與溫室氣體減量行動。

德國國土面積較臺灣大 10 倍，且中部與北部地區多平原，適宜發展再生能源，且與鄰近國家電網連結完整，可減緩再生能源供電不穩定問題。我國地形多高山，國土僅 30% 為平原，再生能源發展受限。此外，我國能源 98% 仰賴進口，且為孤島型獨立電網系統，地狹人稠，再生能源發展有限，與德國條件不同。儘管德國目前再生能源裝置量已接近其尖峰需求量，但多數再生能源無法作為基載穩定供電，仍需仰賴境內火力電廠支援，對於德國減碳形成挑戰。隨著再生能源發電占比逐步提高，德國未來必須依靠儲能系統建置以穩定供電，但目前儲能建置成本仍高，發展期程仍具不確定性。為確保再生能源發電可有效使用，德國電網的擴建是必要的，根據 2015 年的電網擴建需求規劃，德國到 2024 年需翻修及擴建共計 3,100 公里的境內傳輸電網。雖然德國電網擴增有能源線路擴增方案(Energy Line Extension Act)的支持，但仍受到德國民眾抗爭的影響。德國的用電需求集中於南部，於德國北部產生的大量風電，需經由內陸的電網系統傳輸至南部。原先規劃建置兩條高壓直流傳輸線路，做為北電南送的重要途徑，然而卻受到電網途經地區的民眾強烈反對，至 2016 年電網擴增完成進度僅 40%。礙於德國南北電網傳輸容量有限，經常發生電力壅塞，使得德國的電網營運商必須採取重調度(re-dispatch)措施來因應北部電力供應端無法輸送到南部用電端的狀況

德國雖然為電力淨出口國家，然透過與鄰國電力調度，電力進口量占其電力消費量仍有約 6.4%。德國最大電力進口能力 11GW，可藉由鄰國融通的電力容量占尖峰需求比重約為 13.25%。對比於我國

的獨立電網型態，當電力供需吃緊時，無法及時由國外調度，其電力系統彈性操作型態完全不同。此外，德國由於再生能源快速發展與優先併網的規定，北部大量的風力發電無足夠的基礎設施於德國境內輸送至南部需求端，需仰賴鄰國電網輸送至德國南部，並以此減緩再生能源發展之電力調度問題。同時，德政府具有雄厚財政基礎，可因應廢核後所需投入的各項能源基礎建設。

總結來說，德國之整體能源轉型政策可做為我國政策擬定之參考，然由於自然條件、地理位置與經濟環境的差異，且各類能源的來源多寡、穩定與否，使用特性、價格及對環境影響都不相同，我國整體能源配比仍需考量各種能源之優點，朝多元且適當的能源結構發展，才能提供民眾與產業一個穩定、不短缺、付得起、少污染的能源供給環境。

五、參考資料

- [1]. Statistisches Bundesamt, 2019.
<https://www.destatis.de/EN/Homepage.html>
- [2]. “Erstmals über 83 Millionen Einwohner”, Tagesschau, 6/27, 2019.
<https://www.tagesschau.de/inland/deutschland-bevoelkerung-zuwachs-101.html>
- [3]. AG Energiebilanzen e.V. (AGEB), 2019.
<http://www.ag-energiebilanzen.de/>
- [4]. BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.,
2015. Energy Market Germany 2019
https://www.bdew.de/media/documents/Pub_20190603_Energy-Market-Germany-2019.pdf
- [5]. “Strommarkt”, BMWi, 2019
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/strommarkt-der-zukunft>

[.html](#)

- [6]. Fraunhofer ISE, 2019. https://www.energy-charts.de/power_inst.htm
- [7]. “EEG-Umlage Was ist die EEG-Umlage und wie funktioniert sie? “,
Bundesnetzagentur, 2019.
<https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/FAQs/DE/Sachgebiete/Energie/Verbraucher/Energielexikon/EEGUmlage.html>
- [8]. Strompreisanalyse, BDEW, 2019. <https://www.bdew.de/>
- [9]. “Daten zur Umwelt: Daten der deutschen Berichterstattung
atmosphärischer Emissionen – Treibhausgase 1990 – 2017 v1.2”,
Umweltbundesamt, 2019.
- [10]. “Klimaschutz in Zahlen (Ausgabe 2019)”. Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), 2019
https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/klimaschutz_zahlen_2019_broschuere_bf.pdf
- [11]. Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, 2015. Second
Monitoring Report “Energy of the future”.
- [12]. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation,
Building and Nuclear Safety (BMUB), 2016. Climate Action Plan
2050 (Klimaschutzplan 2050).
http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf
- [13]. World Nuclear Association (WNA),
2016.<http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/germany.aspx>.
- [14]. Renewables International, 2016. 1.8. Third PV pilot auction in
Germany completed,
<http://www.renewablesinternational.net/third-pv-pilot-auction-in-germany-completed/150/452/92590/>

[15]. SeeNews.Renewables, 2016. 4. 11. Bidding price drops again in Germany's 4th solar auction,
<http://renewables.seenews.com/news/bidding-price-drops-again-in-germanys-4th-solar-auction-520499>