

德國能源轉型與減量策略

—擬定氣候行動法、煤炭終止法，致力達成 2050 碳中和

闕棟鴻

工業技術研究院 綠能與環境研究所

摘要

德國早從 2007 年，即依據 IPCC 第四次評估報告之建議，訂定 2020 年相較 1990 年溫室氣體排放要減量 40% 之目標；並於 2010 年提出能源概念，具體說明國家於 2020 年、2030 年、2040 年及 2050 年之溫室氣體減量與再生能源發展目標。同時在 2015 年透過公民審議機制的導入，明確分配各部門於 2030 年之減量目標，惟在缺乏法源與強制的限制下，各部門近期減量表現卻不如預期。

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，並於 2019 年 12 月通過氣候行動法，及於 2020 年通過煤炭終止法。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：氣候行動法、煤炭終止法、氣候行動戰略

一、前言

為因應全球暖化與氣候變遷，全球愈來愈多國家開始推動低碳化的能源轉型，以滿足各國政府 2016 年 11 月巴黎協定中的溫室氣體減量目標。惟受到各國天然資源、地理環境、經濟結構及社會民情的差異，各國能源轉型的路徑與方式亦有所差異，其中德國更是被全球視為是能源轉型的積極推動者，其近年在再生能源的成績，更是有目共睹。

德國早從 1980 年起，即進行能源轉型的規劃，期望藉由再生能源的發展與推動，降低對石油、天然氣、煤炭及核電的依賴，以提升自身的能源自給率，強化能源安全，並在非核家園的願景下，逐步減緩溫室氣體的排放。其能源政策的執行重點包含了：(1)在 2022 年後，全面停止使用核能；(2)全力推動再生能源，擴大再生能源在供電、供熱及運輸上的使用；(3)提升能源效率，減少電力消耗並鼓勵建築節能，降低建築供熱的需求；(4)快速擴展並建立現代化的電網。

德國於 2007 年，即依據 IPCC 第四次評估報告之建議，訂定 2020 年相較 1990 年溫室氣體排放要減量 40% 之目標。為積極推動能源轉型，期望藉由再生能源的發展與推動，降低對石油、天然氣、煤炭及核電的依賴，以提升自身的能源自給率，強化能源安全，並在兼顧非核家園的願景下，逐步降低溫室氣體排放，德國於 2010 年提出「能源概念」，針對溫室氣體、再生能源、能源效率、建築以及運輸等項目，訂定了國家具體的中長期能源發展目標[1]。

因應日本福島核災，德國於 2011 年提出修訂版的能源概念後，即開始進行能源轉型的定期檢討機制，自 2012 年起，每年發布能源轉型檢視報告(Monitoring Report)，除提供重要的能源統計數據外，亦說明前一年度能源轉型推動之具體成果與後續精進作為。2014 年德國環境部與經濟部進一步提出國家氣候行動計畫，宣布將投入 800 億歐元，促成 2020 年溫室氣體減量目標之達成。

為了將國家整體溫室氣體排放的責任分配到各部會，德國 2015 年透過導入公民參與機制，提出「2050 氣候行動計畫」，進行各部門溫室氣體

減量分配，期望國家 2030 年溫室氣體排放可以減量至 543~562 百萬噸，以吻合國家溫室氣體減量目標，其各部門的分配量如表 1 所示。

表 1、德國 2050 氣候行動計畫各部門排放目標[2]

部門	1990 (百萬噸)	2016 (百萬噸)	2030 (百萬噸)	2030 (相較 1990 年減量%)
能源部門	466	343	175-183	61~62%
建築部門	209	130	70~72	66~67%
運輸部門	163	166	95~98	40~42%
工業部門	283	188	140~143	49~51%
農業部門	88	72	58~61	31~34%
其他	39	6	5	87%
合計	1248	905	543~562	55~56%

德國 1990 年後，受到東西德的統一，東德工業與電力部門衰退的影響，促成了二氧化碳排放快速的減量，此外 2009 年的經濟危機，也讓該年度的排放量驟減 6.9%，但往後的數年，溫室氣體排放下降的趨勢卻明顯趨緩。相較於 1990 年，2017 年溫室氣體排放減少 27.7%，當年預估 2020 年僅能減至 32%，確定將無法達成德國 2020 年溫室氣體減量 40% 之目標[3]。

依據 2018 年經濟合作發展組織(OECD)對德國的評估報告，其認為德國 2020 年溫室氣體排放無法達成目標大致可歸於三個原因：

1. 人口規模與經濟成長：德國 2015~2017 年的經濟成長超乎預期，加上德國從敘利亞接收大量的難民，導致 2020 年人口數較原先預估超出 180 萬人，促使其住宅部門的能源需求大幅增加。

2. 運輸部門減量成效不彰：自 1990 年起，德國運輸部門是唯一碳排放量不減反增的部門，政府投入大量資源於再生能源，導致原先運輸部門的電動車規劃(2020 年達 100 萬輛)進步嚴重落後，同時政府也缺乏運輸部門的整體減碳戰略。

3. 煤電降幅緩慢：儘管再生能源占比的大幅提高，已促使電力部門排放量下降，但燃煤發電仍是最大的碳排放源。

二、2030 氣候行動戰略

(一)緣起

德國在 2017 年 9 月大選結束後，總理梅克爾為了再次組成聯邦政府，因此與社會民主黨(SPD)進行談判，會後決議聯合政府將於 2019 年提出廢煤時程規劃，修訂氣候行動法，並提出更有效且全面的溫室氣體減量措施。

德國跨黨派的政府聯盟（氣候內閣）於 2019 年 9 月 20 日經過一個漫長的跨夜會議後，公布了一份 2030 氣候行動的戰略文件[4]，此次德國提出的 2030 氣候行動計畫，特別規劃將使各部門減量目標具法律約束力，如果某個部門未達成既定減量目標，則主責該部門之部長有義務在三個月內提出一項臨時計畫，使其減量狀況回到既定規劃之路徑上。另在 2019 修訂的氣候行動法中，亦要求目標未達成之部會，必須承擔從其他國家購買排放配額的費用。而聯邦政府則須在六個月內導入緊急計畫。

(二)部門減量目標與策略

2030 氣候行動戰略中，各部門的減量目標與策略說明如下：

1. 能源部門

自 1990 年起，能源部門為溫室氣體排放減量貢獻最大的部門，其 2030 年之減量目標為降至 183 百萬噸，其減量策略如下：

- (1) 2018 年 6 月聯邦政府任命的委員會已於 2019 年初達成 2038 年廢煤之決議，預估 2030 年燃煤電廠裝置容量將降至 17 GW，同時政府已於 2019 年 11 月將廢煤路線圖納入法律中。
- (2) 在 2018 年初的聯盟協議中，聯邦政府已承諾將使再生能源於電力消費的占比，從 2018 年的 38%，至 2030 年提高為 65%。
- (3) 德國政府修訂再生能源裝置的目標，其中離岸風力 2030 年目標從 15GW 提高至 20 GW；太陽光電原先的設置上限 52 GW 則取

消。

2. 工業部門

目前工業部門溫室氣體排放量為 188 百萬噸，希望可於 2030 年降至 143 百萬噸；政府應透過一站式的服務，針對企業降低碳足跡的生產給予諮詢與輔導，並優化其製造生產流程。

3. 建築部門

德國建築部門約占總排放量的 14%，如果想要達到 2030 減量目標，則建築部門的年排放量須從目前的 120 百萬噸，至 2030 年減為 72 百萬噸。

- (1) 德國政府規劃透過減稅的措施，鼓勵既有建築進行節能改造，預估可降低其更新隔熱、供暖系統等之成本約 20%。
- (2) 如果有更多對氣候友善的替代方案可供選擇，將於 2026 年後，禁止安裝新的燃油供熱系統。

4. 運輸部門

德國目前運輸部門之溫室氣體排放量約為 150 百萬噸，其目標為 2030 年降至 98 百萬噸，德國政府規劃採取之措施包含：

- (1) 充電站：政府計畫至 2030 年將電動車公共充電站數目擴增至 100 萬個，並在 2025 年前批准公共充電站興建之資金。另亦將鼓勵汽車製造商與能源公司擴大設置充電基礎設施，充電站的設置則可視為石油公司之減碳作為，如果充電站整體裝置情況未達預期，必要時將透過法律，強制要求所有加油站皆需設置充電站。
- (2) 汽車：至 2030 年，德國希望電動車之數量可達 700~1,000 萬輛，為了達成此項目標，德國政府規劃將調降電動車的稅率，同時調升目前售價低於 4 萬歐元
- (3) 汽車之價格，使電動車/油電混合車/燃料車等之車輛，更具市場競爭力。同時，也讓各邦或縣市政府，可以針對公共汽車、出租車、計程車，訂定自己區域內汽車之排放標準。2021 年後核發執照的燃油車，將依其每公里排放量課稅。

- (4) 鐵路：至 2021 年，聯邦政府將增加每年公共交通擴展費用為 10 億歐元，並與國鐵公司 Deutsche Bahn 合作，於 2030 年前投資 860 億歐元，用於鐵路擴建與效能提升上。為了鼓勵民眾搭乘，德國政府亦將減少長途鐵路的增值稅，使其票價減少約 10%，另外於數個城市中，示範推動年票制度（如全年票價 365 歐元，以減少汽車使用所造成的交通擁塞與排放。
- (5) 貨運：德國政府希望至 2030 年所有貨運中，使用電動車或燃料電池的比例可達 1/3，未來將透過道路使用費用的改革，使對氣候友善之車輛更具吸引力。
- (6) 航空：德國政府規劃將在 2020 年提高航空稅，同時限制航空公司的票價，不得低於稅金、附加費和其他費用的總和，以避免航空公司透過傾銷票價，鼓勵民眾搭乘。

5. 農業部門

目前農業部門溫室氣體排放量約為 67 百萬噸，目標 2030 年需降至 61 百萬噸。

- (1) 政府將鼓勵有機農業的生產，畜牧業的發展將依減量目標獲得協助，同時將依國家戰略的角度思考如何避免食物的浪費。
- (2) 針對林業，將給予溼地更多的保護，並加強造林，使更多木材作為建築材料。

(三) 整體減量策略

2030 氣候行動戰略中，各部門的減量目標與策略說明如下：

1. 碳定價機制

德國政府希望未來可以將運輸與建築部門納入國家碳定價體系，另政府亦要求，透過碳定價所產出的收益，都必需投資於其他氣候行動的措施，或是透過補償返還給民眾。未來將逐年調漲碳定價之金額，並規劃如下：

- (1) 碳定價固定階段(2021~2025)：自 2021 年開始，碳定價的固定配額價格為 10 歐元/噸，並將在 2022 年、2023 年、2024 年及 2025 年分別升至 20 歐元/噸、25 歐元/噸、30 歐元/噸及 35 歐元/噸。沒有總量限制

- (2) 碳定價浮動階段(2026年起):於 2026 年後,透過固定的排放量,施行碳交易機制,並依據拍賣市場決定碳價,2026 年碳價格將規範介於 35~60 歐元/噸,2027 年之後的最低價與最高價將在 2025 年訂定。設定排放總量並逐年下降。

2. 公民補償機制

為了減緩民眾與企業之負擔,德國政府希望可以透過碳定價的收益,逐步降低再生能源附加費的課徵,並適時調降其他配合能源轉型發展,於電價中需增加的支出(如電網擴建),主要政策措施如下:

- (1) 減少電費:預估在 2021 年、2022 年、2023 年再生能源附加費可以分別調降 0.25 歐分/度、0.5 歐分/度及 0.625 歐分/度。
- (2) 補貼通勤:為了減緩運輸與供暖能源成本支出的衝擊,德國到 2026 年底,針對通勤工作超過 21 公里的民眾,將給予每公里 35%的稅收減免。
- (3) 住房補貼:原先獲得住房補貼(house allowance)的家庭,則提高 10%的補助金額。

3. 碳封存

為了在 2050 年前達成碳中和,針對無法避免碳排放之企業,應研究碳封存相關技術,政府亦將協助與相關利害關係人進行對話,提高民眾對碳封存之接受度。

4. 融資

德國政府表示,2030 氣候行動計畫預估將花費超過千億歐元,但政府仍將維持國家的預算平衡,以不增加任何新債務為目標,政府透過碳定價所產生的收益,將用來挹注氣候基金,以及政府中有關氣候措施的補貼(如退稅),以確保與氣候行動相關的收入與支出可以達到平衡。

三、氣候行動法

(一)緣起

德國在 2017 年底大選結束後,為組成聯合政府,基民盟/基社盟

(CDU/CSU)選擇與社民黨(SPD)合作，在政黨聯盟協議中，除了承諾提高2030年再生能源目標達65%，提出廢煤時程規劃外，另一項重點即是希望可以在2019年擬訂氣候行動法，保證落實國家提出之溫室氣體減量目標。在氣候內閣組成的3個月後，德國首部關於國家的「氣候行動法」正式於2019年12月18日通過[5]。

(二)法案內容

為確保政府2030年後的溫室氣體減量目標得以落實，德國政府在2019年9月的跨黨派政府聯盟(氣候內閣)提出了2030氣候行動戰略文件，針對國家整體與各部門的溫室氣體減量，提出了一系列的措施規劃。在氣候內閣組成的3個月後，德國首部關於國家的「氣候行動法」正式於2019年12月18日通過。該法案的主要重點如下：

1. 法律制定的目的：確保德國實現國家和歐洲的氣候目標，避免全球氣候變遷的影響。以巴黎協定為目標，將全球暖化限制在2°C以下，並致力達成1.5°C，同時在本世紀中達到溫室氣體中和。
2. 溫室氣體減量目標入法：相較於2030年溫室氣體減量55%(其他年度目標未入法)，如有必要履行歐洲或國際義務，可提高減量目標，但不得調降。
3. 明訂各部門減排目標：將溫室氣體排放量分配至各部門(能源、建築、運輸、工業、農業、及其他)，並依線性分配至各年度(詳如表2)，如某一年度未達成或超過目標，則將差異值均勻分配至剩下的年度排放量，直到2030年。

表2、德國氣候行動法各部門逐年排放目標[5]

Jahresemissionsmenge in Mio. Tonnen CO ₂ -Äquivalent	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
能源部門	280		257								175
工業部門	186	182	177	172	168	163	158	154	149	145	140
建築部門	118	113	108	103	99	94	89	84	80	75	70
運輸部門	150	145	139	134	128	123	117	112	106	101	95
農業部門	70	68	67	66	65	64	63	61	60	59	58
其他	9	9	8	8	7	7	7	6	6	5	5

4. 聯邦政府可調整部門目標與排放預算：聯邦政府可以在確保國家整體氣候目標達成的前提下，調整各部門的年度排放目標；並依據部門目標轉換為排放預算。在 2025 年德國政府將決定 2031 年後的年度排放預算。
5. 目標未達成之程序與規範：各部門的主責部會應提出具體的計畫與措施，致力達成部門的減量目標，如果聯邦政府未能達成國家的減量目標，則聯邦政府必須從其他國家購買排放配額。另外，負責部門必須提出緊急計畫，以確保接下來幾年內可以達成目標。
6. 排放監控與獨立專家機構成立：政府必須每年發布氣候行動報告，詳實說明各部門的氣候行動實行內容、成效及排放數據；另外聯邦議會應成立一個由 5 名環境、經濟、永續、社會問題等議題專家組成的獨立氣候研究機構，研究各部門氣候行動方案，並在年度針對氣候行動方案，提出獨立分析與改善建議。

四、煤炭終止法

(一)緣起

透過政府大力推動再生能源，德國再生能源的發電占比已從 2000 年的 6.6% 至 2019 年成長為 39.9%，超過政府原先訂定 2020 年的目標(35%)，為此，德國政府更在 2018 年上調再生能源發展目標，希望在 2030 年再生能源發電占比可達 65% 以上。儘管如此，依據經濟合作發展組織(OECD)對德國的評估報告，其認為德國 2020 年溫室氣體排放目標的達成，極具挑戰性，其主要原因之一即為煤電降幅緩慢。儘管再生能源占比的大幅提高，已促使電力部門排放量下降，但燃煤發電仍是最大的碳排放源。

(二)廢煤時程規劃緣起

為積極達成國家中長期之溫室氣體減量目標，德國於 2018 年 6 月 6 日組成「經濟成長、結構變動與就業特別委員會」(Special Commission on Growth, Structural Economic Change and Employment)，討論國家燃煤電廠

除役的時程與具體措施，在歷經長達半年的討論後，該委員會於 2019 年年初達成協議，提交近 300 頁的最終報告，並提出 2038 年前達成廢煤的決議。依據報告內容，德國的廢煤時程將分階段進行：

1. 第一階段(2019~2022)

- (1) 2022 年前關閉境內 1/3、合計共 12.5 GW 裝置容量的燃煤電廠。
- (2) 褐煤電廠與硬煤電廠裝置容量皆將降至 15 GW。
- (3) 德國將既有為因應變動性再生能源所設置的 2.3 GW 電網儲備容量 (Grid Reserve Capacity)，由原本的燃煤發電改為燃氣發電。

2. 第二階段(2023~2030)

- (1) 使燃煤電廠的裝置容量降至 17 GW(褐煤為 9 GW、硬煤為 8 GW)。
 - (2) 分別在 2023 年、2026 年及 2029 年檢視國家的廢煤路徑(coal exit roadmap)是否在既定的路線上。
 - (3) 2026 年和 2029 年成立一個獨立的專家小組進行審查，針對減煤的政策對國家氣候目標、電價衝擊、供應安全、就業狀況及經濟影響進行詳實的分析，據此評估廢煤時程是否應修正。
3. 第三階段(2031~2038)：2038 年廢除境內所有燃煤電廠，並於 2032 年前評估，廢煤的時程是否可提早於 2035 年達成。

為確保供電穩定，德國燃煤電廠除役委員會建議應持續使用，甚至擴大現有的電網儲備容量，並分別在 2023 年、2026 年及 2029 年，盤點儲備容量中燃煤使用與替代的狀態。

(三)煤炭終止法

為了落實德國廢煤政策，德國聯邦政府於 2020 年 7 月 3 日正式通過燃煤發電減少與終止法(煤炭終止法)，該法律指出，德國應在合法安全、經濟合理以及社會平衡的狀況下，於 2038 年前終止德國的燃煤發電，並以高效燃氣電廠，做為實現溫室氣體碳中和過程的能源[6]。該法律包含減少與終止硬煤和褐煤發電的規定，其計畫在 2026 年前，硬煤發電廠依據

政府的時間表，可以透過競標的方式，自行脫離電網達成除役而獲得政府補貼，在 2027 年後，煤電廠則將在政府監管法規下進行除役。

為了避免德國煤電除役措施對歐洲碳交易造成影響，煤炭終止法亦刪除原先廢除煤電可獲得免費二氧化碳憑證的相關法規。透過修改汽電共生法，鼓勵發電業者可以從既有的燃煤發電，轉為對氣候更友好的發電方法。該法律草案亦將針對於煤炭行業的老年工人支付調整津貼，使其可以過渡到退休。另針對因淘汰煤電導致電價上漲的用電者，提供適當的補償。配合德國 2038 年廢煤目標，德國總理梅克爾與經濟部長 Peter Altmaier 於 1/16 的會議中，已確立煤炭業者的補償金額，其中 RWE 將獲得 26 億歐元的賠償金，而德國東部的運營商將獲得 17.5 億歐元。德國政府表示，在 2022 年底，褐煤電廠裝置容量將降至 15GW，代表西部有 8 座燃煤電廠將退場，而在 2029 年將再降至 8.8GW，再關閉 11 座燃煤電廠，其中 3 座轉為備用電源，並在 2038 年前廢除所有燃煤電廠。

五、結語

我國於 2015 年 7 月即提出了「溫室氣體減量及管理法」，明訂國家長期之減量目標為「2050 年溫室氣體排放量降至 2005 年溫室氣體排放量 50% 以下」，並要求中央主管機關訂定五年為一期之階段管制目標。另於巴黎協議(COP21)時，亦主動提出「國家自定預期貢獻」(Intended Nationally Determined Contribution, INDC)，致力承擔 UNFCCC 第三條共同但差異的減量責任，以 2005 年為基準年，訂定各期目標為：

1. 第一期(2016~2020 年)目標：2020 年較基準年減 2%；
2. 第二期(2021~2025 年)目標：2025 年較基準年減 10%；
3. 第三期(2026~2030 年)目標：2030 年較基準年減 20%，並滾動式檢討目標。

近年來我國在溫室氣體減量的推動上，應屬能源部門最為積極，透過國家能源轉型政策的推動，發電配比將朝潔淨結構邁進，2018 年至 2025 年再生能源將由 4.6% 提升至 20%，燃氣占比則由 33.5% 提升至 50%，燃煤

則由 47.6%降至 27%，預估電力排放係數(每度電之二氧化碳排放)由 0.53 公斤降至 0.394 公斤。

雖然我國已明訂國家整體減量目標，然而針對各部門應承擔的溫室氣體減量目標，仍未進行評估與分配，亦未針對逐年之減量目標進行立法規範。

德國於 2017 年國會大選結束後，現任總理梅克爾為組成聯合政府，因此選擇與第二大黨-社會民主黨結盟，亦促成其近期溫室氣體減量政策的進展。

雖然德國「2030 氣候戰略」已針對各部門提出諸多溫室氣體減量策略，並規劃將於 2023 年前投資超過 540 億歐元，然而依據德國環境部委託應用生態研究所(Öko-Institut)於 2020 年 3 月發布的分析報告指出，預估德國 2030 年的溫室氣體減量相較於目標仍有近 70 百萬噸的減量缺口，因此預期近年德國仍將針對各部門再提出更多具效益的減量機制與措施，可供我國未來減量政策規劃之參考與借鏡。

參考文獻

- [1] The Federal Government's energy concept of 2010 and the transformation of the energy system of 2011, BMWi, 2011.
<https://cleanenergyaction.files.wordpress.com/2012/10/german-federal-governments-energy-concept1.pdf>
- [2] Climate Action Plan 2050, BMU, 2016.
<https://www.bmu.de/en/topics/climate-energy/climate/national-climate-policy/greenhouse-gas-neutral-germany-2050/>
- [3] Germany's greenhouse gas emissions and climate targets, Clean Energy Wire, 2020/6/3.
<https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-greenhouse-gas-emissions-and-climate-targets>
- [4] Germany's Climate Action Programme 2030, Clean Energy Wire, 2019/12/16.
<https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-climate-action-programme-2030>
- [5] Germany's Climate Action Law, Clean Energy Wire, 2020/8/12.
<https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-climate-action-law-begins-take-shape>
- [6] Spelling out the coal exit – Germany's phase-out plan, Clean Energy Wire, 2020/7/3.
<https://www.cleanenergywire.org/factsheets/spelling-out-coal-phase-out-germanys-exit-law-draft>