



德國能源轉型及電力市場之發展

—電力市場改革的 20 個措施

許雅音

工業技術研究院 綠能與環境研究所

摘要

德國早從1980年，即著手規劃能源轉型(Energiewende)，希望藉由再生能源的發展，減少對石油、天然氣、煤炭及核電的依賴。德國政府於2015年5月公布「電力市場政策白皮書」，且具體提到電力市場改革的三大項目之措施，分別為強化電力市場機制、有彈性且有效率的電力供應，及能源安全相關。並詳細列出20個具體施行項目，且未來將持續執行電力市場2.0的概念。

關鍵詞：德國、電力市場改革、能源安全、能源轉型、電力市場2.0

一、前言

德國為強化能源安全、減緩溫室氣體排放、逐步邁向非核家園，早從1980年，即著手規劃能源轉型，希望藉由再生能源發展，減少對石油、天然氣、煤炭及核電的依賴。在推動再生能源之際，所面臨的電力市場問題，德國政府於2014年10月發布「電力市場政策綠皮書」，並在2015年3月1日前，公開徵求各方意見，讓民眾得以充分表達對各種電力市場選擇機制的正反意見；待蒐集並評估各方提供意見後，德國政府於2015年5月公布「電力市場政策白皮書」，同時在2015年9月進行公開徵詢後，針對必要的項目進行法規草案擬定，並送交國會立法。



二、德國能源轉型的目標

為確保能源安全，並達成環境永續以因應氣候變遷，德國早從 1980 年，即著手規劃能源轉型(Energiewende)，希望藉由再生能源的發展，減少對石油、天然氣、煤炭及核電的依賴。德國政府於 2011 年 6 月 6 日的內閣會議中，重新檢視國家的整體能源政策，會後決議德國將採取積極全面廢核的態度，朝向一個以再生能源為主的能源世代。德國政府同時規劃其未來在經濟與社會發展的具體目標。

德國在 2015 年 10 月發布的目標時程摘述如下：(表 1)

- (一)溫室氣體減量目標：相較於 1990 年，溫室氣體排放於 2020 年、2030 年、2040 年及 2050 年，分別至少減量 40%、55%、70% 及 80~95%。
- (二)再生能源發展目標：
 1. 再生能源在最終能源消費的占比，於 2020 年、2030 年、2040 年及 2050 年，分別達到 18%、30%、45% 及 60%。
 2. 再生能源發電之占比，於 2020 年、2030 年、2040 年及 2050 年，至少分別達到 35%、50%、65% 及 80%。

三、德國能源轉型的近期觀測與成效

- (一)能源消費量：能源消費量 2014 年較 2013 年減少 4.7%，大部分能源消費量的減量貢獻在於 2014 年的暖冬。
- (二)再生能源：再生能源發電量躍居德國第一大的發電來源，2015 年上半年，來自再生能源的電力消費首度達到 30%。
- (三)運輸部門：相較於 2005 年，2014 年運輸部門的能源消費多了 1.7%，若是德國的運輸部門目標是設定比 2005 年還要減少 10% 的能源消費的話，需要做更多的努力。
- (四)電價：在 2015 年年初，家庭電價首度下降，這是近 10 年來的首例。而工業電價部分，保持在 2014 年的水平。電力的交易價格(Trading Price)在 2014 年下降了 10%，且於 2015 年持續下降。



表 1、溫室氣體減量和再生能源發展目標[1]

	2014 年	2020 年	2030 年	2040 年	2050 年
溫室氣體排放量 (與 1990 年相比)	-27%	至少 -40%	至少 -55%	至少 -70%	至少 -80~-95%
再生能源相關					
占最終能源消費的比率	13.5%	18%	30%	45%	60%
占電力消費的比率	27.4%	至少 35%	至少 50% Renewable Energy Sources Act 2025: 40~45%	至少 65% Renewable Energy Sources Act 2025: 55~60%	至少 80%
占熱消費的比率	12%	14%			
占運輸部門的比率	5.6%				

四、2015 年之後，德國針對再生能源及電價的規劃

(一) 再生能源未來規劃

1. 根據德國 2014 年制訂的再生能源法 (Renewable Energy Sources Act, EEG) 所提到的再生能源未來規劃，包含：將財政支援專注投資於低成本的能源科技，例如太陽光電和風力、強化新設裝置容量的市場整合，及免除綠電特權。
2. 運輸部門對於生質燃料的投資，目標是運輸部門 10% 的能源消費來自於再生能源。

(二) 電價未來規劃

1. 德國聯邦政府考慮調整電價組成，特別是 EEG 附加費。
2. 儲能系統：未來將擴大儲能系統，透過儲能系統，能夠讓民眾享用到較便宜的電價。
3. 國際情勢影響：為了避免受到單一能源供應源的制肘，德國將新增新的能源供應源且建立新的傳輸路徑。

(三) 企業競爭力的影響

1. 電價彌補措施：協助受到歐盟碳排交易影響的企業。
2. 根據 Special Equalisation Scheme 2014 年的修改版本，德國的製造商面臨全球市場競爭危機時，可以申請 EEG 附加費減免措施。

五、電力市場政策綠皮書

「電力市場政策綠皮書」的重要摘要說明如下：

- (一) 電力市場目前正處於轉型階段：由於德國境內的核電廠將在 2022 年前全數除役，且歐盟電力市場規模將持續成長，因此預料德國的再生能源在未來電力供應上將扮演更重要的角色。
- (二) 電力市場仍將致力於確保電力供需平衡：隨著太陽光電與風力發電占比的增加，確保電力供需的平衡將更具挑戰性，為了達到這個目標，首先必須確保有足夠的備用容量；其次，應思考如何讓這些容量，可以在適當的時間迅速地被使用，以滿足可能的電力缺口。
- (三) 電力市場政策綠皮書即在探討如何達成上述兩項任務：透過綠皮書的說明、討論以及意見徵求，讓政府與民眾共同思考，如何發展一個適當的電力市場機制與法規架構，使未來可以在成本有效與環境友善的條件下，確保電力供應的安全。
- (四) 備用容量的維持與使用必須達成最優化：電力市場政策綠皮書提出了許多措施，期望可以在安全與效率的狀態下，妥善地使用備用容量。這些措施包含了電力供需管理、電網結構擴建，並進一步促進能源市場供需的平衡。這些措施將被視為是無悔措施(no regret)，換言之，不論選擇何種情境，這些措施對於未來電力市場改革都是相當重要的。
- (五) 針對備用容量的維持，需要提出電力市場的改革與決策：針對長期電力市場機制的發展，目前存在兩種不同的意見，一方認為應該思考如何建立一套最優化的電力市場機制(電力市場 2.0)，使電

力在自由供需市場下，讓消費者依其需求自行決定並負擔所需的備用容量；而另一方則認為，為了維持一定的備用容量，我們應在目前電力市場外，針對備用容量系統，另外建立一套專屬的市場機制(備用容量市場)。

- (六)維持備用容量可能採取的各種策略，其轉型所需的時程應進行評估：不論是選擇在現有的電力市場基礎下，使其最優化，或是額外建立一套專屬的備用容量市場，都必需確保轉型階段仍保有一定的備用容量，並進行轉型時程評估；依據國際上的經驗，如選擇建立備用容量市場，從決策制訂到正式運用，勢必得花費數年的時間。

六、電力市場目前的情勢

- (一)目前德國電力市場情勢：目前德國雖然有 74% 的電力來自於傳統能源，但是隨著再生能源的擴大建置，再生能源的占比會愈來愈高。2014 年統計，傳統能源有 196GW 連上德國電網，其中再生能源占 90GW，每一年以 8% 的成長率增加。
- (二)核電情勢：2015 年 7 月，位於 Grafenrheinfeld 的核電廠正式脫離國家電網，釋出了 1,345MW 的電網接續容量，目前德國剩下 8 座核電廠，共計 11.4GW，預計 2022 年前全部除役，屆時，勢必會釋出更多電網接續容量供再生能源使用。
- (三)能源安全情勢：德國的電網除了自身國家外，還與歐洲鄰國接續，與鄰國間穩定的電力交易能夠有效的提升德國的能源供應安全。

七、電力市場改革的 20 個措施

(一)強化電力市場機制

主要措施為創造良好的市場環境，讓投資者看好電力市場。

1. 確保電力市場的價格形成是僅受市場影響的：在電力市場 2.0

中，電價跟投資訊號緊緊地綁在一起，市場上的投資者必須仰賴價格的自由性，以及沒有政府政策影響(亦即沒有一個標準的價格限制)，如此一來可以讓電價不受到干擾。

2. 監督機制透明化。
3. 強化電力供需平衡約束(Balance group commitments)。
4. 1/4 小時計量：確保供需平衡。

(二)有彈性且有效率的電力供應

1. 基於歐洲的環境下，規劃未來的電力市場：德國將強化自身與鄰國的電力系統。
2. 為新的電力供應商打開供需平衡的市場：供需平衡市場的重要性在於提供短期的供需平衡，也提供了很多方式賠償不足的容量，為了促進競爭、降低成本，應該開放讓更多元的電力供應商進入供需平衡系統。
3. 開發一套專門針對德國各區電價及電網收費的軟體：原本在德國各區的電價和電網收費將逐步被校準。
4. 修正特別電網收費以提供更大的需求端彈性：特別電網收費限制了需求端的電價彈性及負擔，但是修正特別電網收費後，能夠使得需求端提供更大的容量。
5. 持續發展電網收費系統：在電力市場 2.0 的願景中，電價成本不只會減少，而且還會變得更加透明、公平。目前在德國各區的電網收費不盡相同，預期之後會校準。
6. 明確化彈性電力消費者的規範：目前大電力用戶的消費者會採用需求端管理，但中型、小型電力用戶仍有其潛力進行需求端管理。
7. 支援並擴大電動車的使用：電動車未來能夠提供電力市場調度上的彈性，電動車的普及率跟充電站的基礎建設有關。
8. 讓行銷預備電源系統變成可行的：德國國家電網中心(Federal Network Agency)的新核心行銷數據列出預備電源系統和電力



市場的關聯性，並且能夠確保新電源在正確時間加入電力市場。

9. 持續增加智慧電錶。
10. 降低電網擴張成本與再生能源設施的尖峰削減：當輸配電業者不擴張電網就能補足不足的電力的話，是非常具有經濟效益的，使用風力和太陽能發電能做到尖峰削減的作用。
11. 預估電力生產的最小值：目前，雖然火力發電能夠帶給電力供給穩定性，但也限制了再生能源的接續。因此每隔一段時間預估最小的電力產生量，是非常重要的。德國國家電網中心將每兩年出一次報告。
12. 整合熱電聯產(CHP)到電網：目標值是於 2020 年有 25%的熱電聯產進入到電網。
13. 創造更透明化的電力市場數據：未來將提供一個線上平台提供電力市場資訊，且未來將受到電力市場行動方案(Electricity Market Act)的規範。

(三)能源安全相關

1. 監測電力供給安全：基於一個適當的方法論監控電力供給的安全性，未來德國官方將每兩年出一份電力市場報告，除了德國的電力安全資訊外，也探討歐洲電力市場對德國的影響。
2. 創立容量儲備機制：提供未來的備用電力，確保所有電力消費者能在特殊情況下取得電力。
3. 持續發展電網儲備：當主要電網擴張計畫完成後，輸配電業者需要儲備區域電網以因應超載問題，這些電網擴張計畫將持續到 2023 年。

八、電力市場今後的策略

(一)電力市場 2.0：為了確保德國長期能源供應安全，聯邦政府的電力市場法(Electricity Market Act)中提到了電力市場 2.0 的概念。以電



力市場的機制強化並整合再生能源，並且以需量管理、更高的能源效率，以及與鄰國間的電力交易來強化能源供應安全。2015年7月提出的能源市場轉型白皮書就是祭出透明的討論流程，且與鄰國之間討論如何組織整合電力市場。此提案於2016年春天通過立法。

(二)CHP(cogeneration of heat and power)熱電聯產法案的修正：新的熱電聯產法案的修正，將為未來發電廠技術帶來重大的誘因。為了得到熱電聯產的未來投資且達到能源轉型的目標，聯邦政府提出，可控制的發電機的規範，到2020年之前，熱電聯產的效率將達到25%的目標。

九、結論與建議

(一)德國決定能源轉型後的前置作業

德國在宣布廢核之後，積極設立了名為Agora Energiewende的組織，此組織定位為德國的能源智庫，由科學家、民間團體、企業、學術界共同組成，主要規劃德國廢核後的政策走向。Agora Energiewende的運作與定位可供我國做為未來能源轉型的前置作業之參考。詳細內容如表2所示。

表 2、Agora Energiewende 的組織架構與工作內容[1]

贊助機構	the Stiftung Mercator(墨卡托基金會-非營利研究機構) the European Climate Foundation(歐洲氣候基金會)
預算	1,500 萬歐元
定位	德國的能源智庫
組成	科學家、民間團體、企業、學術界共同組成
設立動機	(1) 在德國宣布廢核後，後續的能源政策如何執行。 (2) 對其他鄰近國家的影響(再生能源、電力政策等合作)。
宗旨	以科學為基礎，及政治上可行的辦法，該機構把自己看作一個智囊團和政策實驗室，去解決能源議題。
設置期間	2012-2017 年
機構人力	19 位專家/執行長 Patrick Graichen
本機構功能	使德國各區的政策決策者、公私部門的策略決策者、研究者、意見領袖，基於本機構提出的科學模擬和報告，共同討論可行的方案。
工作內容	(1) 工作的重點是電力部門。採用科學的計算方法，去模擬怎樣的轉型會讓電力系統 100% 是再生能源，且發現挑戰與解決問題。 (2) 如何應用這些模擬的結果到現實社會上。 (3) 與他國溝通協調。

(二)臺灣目前能源轉型的規劃

總統當選人蔡英文的選舉政見認為臺灣要邁向非核家園，必須調整現有的能源結構。強調我國擁有發展各種綠能的絕佳條件，綠能產業既是全世界的未來趨勢，也是未來的商機。

其非核的能源政策轉型致力向再生能源邁進與德國相似，德國在推動過程中，建立了一個集合公私部門的平台，以科學的方法模擬並系統性規劃能源轉型，以發現並解決能源轉型時，所面臨的電力系統、經濟層面等挑戰，值得我國仿效。

並且在電力市場政策綠皮書中，提到如何透過綠皮書的說明、討論以及意見徵求，讓政府與民眾共同思考之公民參與意涵，及如何確保備用容量、備用容量使用機制等，雖然臺灣的政策國情不盡相同，但仍值得參考、借鏡其機制。



參考資料

1. Agora Energiewende

<http://www.agora-energiewende.de/en/>

[http://www.agora-energiewende.de/en/topics/-agothem-
/Produkt/produkt/130/Online+EEG-Rechner/](http://www.agora-energiewende.de/en/topics/-agothem-
/Produkt/produkt/130/Online+EEG-Rechner/)

[http://www.agora-energiewende.de/en/topics/-agothem-
/Produkt/produkt/31/Report+on+the+German+Power+System/](http://www.agora-energiewende.de/en/topics/-agothem-
/Produkt/produkt/31/Report+on+the+German+Power+System/)

2. 民進黨的新能源政策，新境界文教基金會，2014/3/10

http://www.dppnff.tw/group_data.php?id=196&data=result

3. The Energy of the Future, BMWi, 2015

[https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/fortschritt
tsbericht-kurzfassung-](https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/fortschritt
tsbericht-kurzfassung-)

<en,property=pdf,bereich=bmwi2015,sprache=de,rwb=true.pdf>

4. An electricity market for Germany's energy transition

<http://www.bmwi.de/English/Redaktion/Pdf/weissbuch->

<englisch,property=pdf,bereich=bmwi2015,sprache=en,rwb=true.pdf>

