

## 歐洲實施次日電力市場單一區域價格耦合機制

—該機制有助於強化電力流通性、穩定電力價格、確保電力安全等

張瓊之

工業技術研究院 綠能與環境研究所

### 摘要

歐洲於 2014 年 2 月 4 日首度舉行由 15 個國家共同參與的次日電力市場(Day-Ahead)競價拍賣，參與國家包含比利時、丹麥、愛沙尼亞、芬蘭、法國、德國、奧地利、英國、拉脫維亞、立陶宛、盧森堡、荷蘭、挪威、波蘭、瑞典等，參與國家的電力消費量相當於歐盟整體的 75%，是歐盟邁向單一電力市場的重要里程碑，而促成歐盟達成此項創舉的最大功臣是由西北歐及西南歐地區聯合發起的「區域價格耦合 Price Coupling of Regions (PCR)」計畫。該計畫主要的宗旨在於透過整合歐盟電力市場，達成整體社會福利最大化之目標。根據歐盟初估，單一的電力市場可以為消費者每年省下 40 億歐元。此外，該機制還有助於強化電力流通性、穩定電力價格、確保電力安全等益處，並能更有效率地應用電力交易市場，使跨境電力的使用維持在最佳狀態。

### 一、前言

自 1996 年 12 月歐盟議會頒布關於歐盟成員國內電力市場之共通原則之指令(Directive 96/92/EC)起，歐盟便打著歐洲電力市場一體化的旗幟，逐步規劃著區域性的電力市場整合計畫。此外，歐盟於 2009 年 4 月通過的第三次能源套案(Third Energy Package)，以創造單一歐洲能源市場為目標，針對歐洲天然氣及電力市場提出新的法規架構，並約束成員國家需於 2014 年達成內部能源市場整合之目標。然而，在整合過程中有許多障礙需要克服，例如各地區電力交易所使用的競價機制不盡相同，因此必須發展一套更強大的演算法來含括所有的競價規則及限制條件，並能公平及有效地進行競價區

域內的電力容量分配與壅塞管理。

歐盟能源監管合作機構(Agency for the Cooperation of Energy Regulators, 以下簡稱 ACER)為協助歐盟電力市場一體化之發展，其電力部門著重在電力市場指導原則框架及電網法規、區域性電力市場整合行動計畫、電網及基礎設施發展及市場監測等四個工作項目之推動。其中，本文將概略說明歐洲發展區域性電力市場整合行動計畫之歷程，並追蹤歐洲次日電力市場價格耦合機制正式實施後，所帶來之改變與影響。

## 二、 歐洲電力市場競價機制單一化歷程

歐洲邁向電力市場整合之發展歷程，可追溯至 2009 年，由歐盟委員會(EC)、歐洲輸電調度中心協會(ENTSO-E)與歐盟能源監管合作機構(ACER)及利益關係者，共同研擬提出的電力批發市場目標模型(Target Model)[1]。該目標模型中涵蓋了歐洲電力期貨、次日、當日及平衡市場的整合計畫，以及跨境容量傳輸的計算等，最終目標是達成泛歐洲的電力市場一體化。歐洲的電力市場依其地理位置，可區分為七大區域，如表 1 所示。

根據 ACER 於 2011 年 12 月所提出的歐洲電力市場跨境整合路線圖(Cross-Regional Roadmaps)時程規劃，歐盟成員國須於 2014 年底完成歐洲的價格耦合(European Price Coupling, EPC)。其中，位於歐洲西南部的葡萄牙與西班牙，以及位於歐洲中東部的匈牙利、捷克與斯洛伐克於 2012 年底才參與該計畫，因此延後該區域之整合時程。區域整合規劃相關時程如圖 1 所示。

表 1、歐洲七大電力市場區域

區域 (區域代碼)	國家
波羅的海區 (BS)	愛沙尼亞 <sup>1</sup> 、拉脫維亞、立陶宛
歐洲中東地區 (CEE)	德國、奧地利、波蘭、斯洛伐克、捷克、匈牙利、斯洛維尼亞
歐洲中南地區 (CSE)	奧地利、法國、德國、希臘、義大利、斯洛維尼亞
歐洲中西地區 (CWE)	比利時、法國、德國、荷蘭、盧森堡
歐洲北部 (NE)	丹麥、德國、挪威、波蘭、瑞典、芬蘭
歐洲西南部 (SWE)	法國、葡萄牙、西班牙
法、英、愛 (FUI)	法國、英國、愛爾蘭

資料來源: ACER(2011) [2]



註: 打勾符號為預計該區域整合完成時間，星號為 EPC 計畫完成之時間。圖中各區域之代碼請參照表 1。

資料來源: ACER(2011) [2]

圖 1、ACER 歐洲電力市場跨境整合路線圖時程規劃表

<sup>1</sup>愛沙尼亞同時是北歐電力市場的一部分。

不過，為求資源有效利用及整合，歐洲各區域在過去已有發起類似的區域市場耦合計畫，如北歐地區國家早自 1993 年起便著手進行電力市場整合。表 2 彙整歐洲進行區域電力市場整合之歷程。

表 2、歐洲區域電力市場整合歷程

年份	計畫名稱	電力市場耦合區域
1993-2000	Nordic Price Coupling	北歐地區國家(瑞典、丹麥、挪威、芬蘭)、愛沙尼亞
2006	Trilateral Market Coupling	荷蘭、比利時、法國
2007	MIBEL market coupling	西班牙、葡萄牙
2009	CZ-SK Market Coupling	捷克、斯洛伐克
2010	Central-Western Europe Market Coupling (CWE)	荷蘭、比利時、法國、德國
2010	Interim Tight Volume Coupling (ITVC)	CWE 區域國家與北歐-波羅的海區域國家(透過北歐與荷蘭間的 NorNed 電網聯結)
2011	France-UK-Ireland Electricity Regional Initiative Work Plan	CWE 區域國家與英國(透過英國與荷蘭間的 BritNed 電纜、英國與法國間的 IFA 電網、英國與愛爾蘭間的 East West 電網聯結)
2011	BSP SouthPool	義大利、斯洛維尼亞
2011	North-Western Europe Market Coupling (NWE)	北歐地區(丹麥、芬蘭、挪威、瑞典)與中西歐地區(比利時、法國、德國、盧森堡、荷蘭)及其他因電網聯結性而參與的國家如奧地利、愛沙尼亞、英國、拉脫維亞、立陶宛、波蘭(透過與瑞典間的 SwePol 電網聯結)
2012	CZ-SK-HU Market Coupling Project	捷克、斯洛伐克、匈牙利

資料來源：本研究整理

其中，自 2011 年起，包含西北歐地區(NWE)共計 15 個國家的 13 家輸電系統運營商(Transmission System Operators, TSOs)及 4 間電

力交易所(Power Exchanges, PXs)聯合發起的西北區市場耦合計畫(North-Western Europe Market Coupling, NWE)，旨在建立該區域範圍內，電力批發市場中次日市場(Day-Ahead)的價格耦合機制，是近年來市場整合區域範圍最大的計畫，也是初步實現歐盟「區域價格耦合(Price Coupling of Regions, PCR)」計畫的重要里程碑。

### 三、 區域價格耦合(PCR)計畫

歐洲能源交易所協會(Association of European Energy Exchanges, 簡稱 Europex)於 2011 年 5 月在里斯本舉行的例行會議中提出將全力支持這項整合歐洲電力市場的區域價格耦合(Price Coupling of Regions, 以下簡稱 PCR)計畫，當時主要發起的電力交易所成員包含西北歐地區的 4 間電力交易所 APX(位於荷蘭)、Belpex(比利時)、EPEX Spot(法國)、NordPool Spot(北歐)，以及西南歐地區的 2 間電力交易所 OMIE(西班牙)與 GME(義大利)。此外，因電網互聯關係而間接參與的關係交易所(OTE, EXAA, HUPX, OPCOM, Polpx, BSP)與各地區之輸電系統運營商(Transmission System Operators, TSOs)也參與其中。PCR 計畫目前參與國家如圖 2 綠色區塊所示。



資料來源: EPEX SPOT(2013) [3]

圖 2、PCR 計畫參與國家及電力交易所

PCR 計畫旨在發展出單一的電力價格耦合機制，用以計算出囊括整個歐洲電力市場在每個單位時段的批發電價、容量分配及各競價地區間的電力流向。屆時，在中西歐、北歐與英國地區所使用的市場耦合系統都將由 PCR 所取代。

根據 PCR 計畫初步評估，該計畫預期可帶來以下效益：

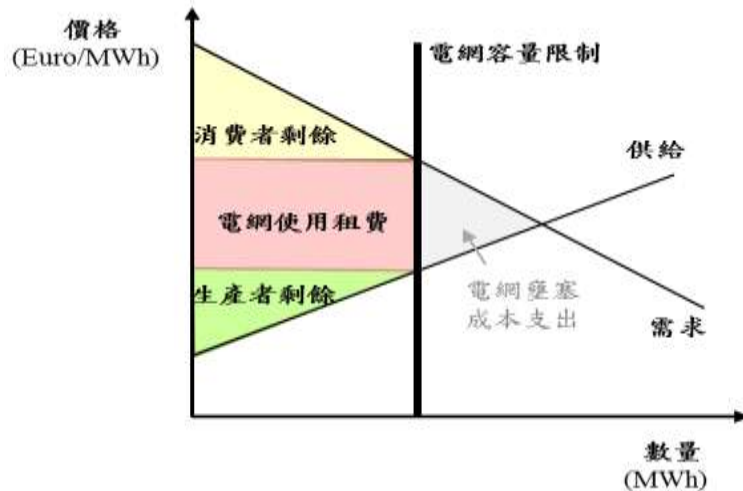
1. 強化電力流通性，使跨境電力的使用維持在最佳狀態。
2. 穩定電力價格，並減少各國間的批發電價差異。
3. 單一的電力市場估計可為消費者每年省下 40 億歐元。
4. 強化電力調度能力，確保電力安全。

#### 四、 區域價格耦合演算法 Euphemia

PCR 計畫所採用的單一電力區域價格耦合機制，採用的演算法名稱為「Euphemia」，是泛歐洲混合電力市場整合演算法(EU Pan-European Hybrid Electricity Market Integration Algorithm)的簡稱。Euphemia 的發展始於 2011 年 7 月，是從中西歐地區(CWE)的演算法 COSMOS 演變而來，歷時一年時間，至 2012 年 7 月才將歐洲參與 PCR 計畫的電力市場整合起來。Euphemia 演算法是為了整合 PCR 計畫區域的次日市場(Day-Ahead)而存在，其最大目的是找出在 PCR 區域所有電網傳輸限制條件下，能達到社會福利最大化的可行解。而社會福利包含了電力用戶端的消費者剩餘(Consumer Surplus)、發電供給端的生產者剩餘(Product Surplus)，以及在電網限制條件下，傳輸配電商能獲得的電網使用租費(Congestion Rent)，如圖 3 所示。

在採用了 Euphemia 演算法之後，各電力交易所的運作型態並不需有所改變。市場參與者依舊是向自己固定合作的電力交易所呈交訂單(order，包含投標/競標價格及電量)。唯一不同的地方是，在過去，有些電力交易地區除了呈交訂單之外，還必須另外申請取得跨境傳輸容量權(Cross-Broder Transmission Capacity Right)，才可以做電力的跨境傳輸，而現在則統一經由市場耦合機制，也就是藉由 Euphemia 演算法計算出跨境傳輸結果。如此一來，既可簡化市場參與者呈交訂單的流程，也能讓整體跨境傳輸能力更有效地利用。

經 Euphemia 演算出對社會福利最大化的最佳可行解後，演算系統會輸出每個市場參與者訂單是否會被執行，以及每個競價地區各單位時段的結算價格(Clearing Price)結果。



資料來源:本研究繪製

圖 3、電力批發市場社會福利示意圖

## 五、歐洲電力次日市場競價機制實施後帶來之改變與影響

### (一)電力批發價格的價格收斂跡象

所謂的價格收斂(Price Convergence)，根據歐盟的能源市場觀測站(Market Observatory for Energy)之定義，是用來比較兩個區域電力市場，在某段期間內每個單位時段的電力批發價格之差異。若兩個區域的單位時段批發價格差異小於 1%，則稱該單位時段有價格收斂之現象。評估價格收斂現象，通常會觀測並統計一個期間(如:一個月、一季、一年等)的單位時段(每小時)的電力批發價格之差異，並由出現差異小於 1%的次數之百分占比做為價格收斂的表示方式。也就是說，若價格收斂越高，意味著兩個區域間的電力批發價格之差異性越小，也表示兩區域間市場整合情形較佳。

此次歐洲次日市場的耦合機制開始運行後，根據荷蘭的電力交易所 APX 於 3 月 5 日所公布的 2 月電力交易結果顯示，CWE 區域整體間的價格收斂約為 25%。其中，荷蘭與德國、比利時的價格



收斂分別為 26%與 57%，比利時與法國的價格收斂程度則高達 100%[4]，此意味著在 CWE 區域中，比利時與法國的電力市場整合情況較佳。

根據另一間電力交易所 EPEX SPOT 於 2014 年 3 月初所公佈的 2 月份電力交易結果(表 3)，2014 年 2 月份 EPEX SPOT 次日及當日電力市場總交易量為 30.6TWh，較去年同期成長了 14.15%，此意味著在 PCR 機制正式運行後，確實有助於 CWE 區域內電力交易量的提升。其中，次日市場在 2 月份的總交易量為 28.3TWh，較去年同期成長了 11.74%，這主要歸因於德國/奧地利電力市場交易量的成長(20.38%)，法國與瑞士的交易量反而有減少跡象。不過，其影響主因是否與 PCR 機制有關，尚有待釐清。

反觀當日市場，其交易量在德國/奧地利、法國及瑞士皆有顯著成長，瑞士相較於 2013 年 10 月份(83,906MWh)也大幅提升了 14%。其中，當日市場跨境交易量占當日市場總交易量的 18.3%，而以 15 分鐘為單位時段的競標合約(15-Minute contracts)的交易量更高達 309,543MWh，創歷史新高，此現象意味著當日市場的電力流通現象較 PCR 機制運行前更為活躍。EPEX SPOT 電力交易所 2 月份的電力交易成果彙整如表 3 所示。

表 3、EPEX SPOT 電力交易所 2 月份電力交易成果

國家	次日 (Day-Ahead)			當日 (Intraday)		
	2014	2013	變動%	2014	2013	變動%
德/奧	22,122,160	18,376,904	+20.38%	1,825,980	1,144,539	+59.53%
法國	4,935,826	5,673,213	-13.00%	336,939	297,495	+13.26%
瑞士	1,278,552	1,309,555	-23.67%	95,611	0*	-
合計	28,336,538	25,359,672	+11.74%	2,258,530	1,442,034	+56.62%

\*瑞士電力市場於 2013 年 6 月才加入當日市場，因此無資料。

資料來源: EPEX SPOT (2014) [9]



## (二)區域間價格耦合力道不如預期

根據近期英國媒體報導[6]，德國 2 月 16 日因風力發電強盛，造成德國及法國的電力現貨市場的批發價格大幅下降，德國批發電價介於 EUR 14.5~17.9/MWh，法國介於 EUR 20.0~20.7/MWh。然而，原先電力價格就偏高的地區如英國、義大利與西班牙，同天批發價格介於 EUR 55.8~61.0/MWh，是德國批發電價的 3 倍以上。德國因再生能源發電過剩導致批發電價下跌的現象，並沒有因 PCR 機制而反應在英國及其他地理位置相較偏遠的國家。也就是說，PCR 機制並未如預期地能有效拉近所有區域間的價格落差。



資料來源: Belpex Market Results(2014) [7]

圖 4、2/11 至 3/11 CWE 區域與英國之電力批發價格比較

歸咎其因，英國目前僅有兩條電纜連結到歐洲大陸，一條 2GW 連接到法國的 INA 電纜，一條 1GW 連接到荷蘭的 BritNed 電纜。因此，即便是在全天候滿載輸電的情況下，也僅能輸送 26TWh，相當於 8% 的英國電力年消費量。由此可知，在假設 Euphemia 演算法確實遵照在既有電網限制條件下做最大程度電網利用的情況下運作，歐洲各國間電網基礎設施，將是影響到能否達成價格收斂的關鍵因素。

## 六、 結論

PCR 計畫推動的宗旨，是希望藉由電力市場的整合，創造泛歐洲區的社會福利最大化。此外，在電力調度方面，由於擴大了價格耦合機制的範圍，將有助於提升電力流通性，因此能帶來穩定電力價格、提升跨境電力調度彈性、加強電力安全等益處，並能更有效率地應用各區域電力市場之資源。其中，歐盟更樂觀預期，完善的 PCR 機制應有助於提升變動性再生能源(variable renewable energy)於市場的占比。因為較大的電力市場擁有較大的地理多樣性，可以降低再生能源的變動性。

然而，由德國在 2 月 16 日因風力發電強盛而導致法德批發電價下跌的現象，並未反應在英國批發電價上的現象可知，歐盟現階段的電網傳輸的能力必須要再升級，才能更有效地提升區域間的電力調度。根據歐洲輸電營運商聯盟(ENTSO-E)發佈的歐洲電網十年規劃報告(TYNDP 2012)[8]中指出，為了要滿足變動性再生能源的拓展，未來十年內，歐洲現有的輸電能力必須提高三分之一以上，需投資 1,040 億歐元新建或改造 52,300 公里超高壓輸電線路。

綜上所述，本文章認為歐洲電力市場整合因尚處於起步階段，且目前整合的市場類型也還僅限於次日市場，因此對於整體歐洲電力市場的助益不大。未來歐盟將依照目標模型(Target Model)的規劃，陸續進行當日市場、期貨市場、平衡市場等電力批發市場的整合。屆時將能發揮出更大的電力調度彈性，讓各區域的供應電力能得到更有效率的使用。

## 參考文獻

1. ENTSOE(2011), *EU Target Model for Market Integration*. Joint PHLG/ECRB meeting, Vienna, 24/03/2011. From <http://www.energy-community.org/pls/portal/docs/914180.PDF>
2. ACER(2011), *Cross-regional roadmap for Day-Ahead Market Coupling*. XXI Florence Forum, Florence, 05/12/2011. From [http://acernet.acer.europa.eu/portal/page/portal/ACER\\_HOME/Activit](http://acernet.acer.europa.eu/portal/page/portal/ACER_HOME/Activit)

ies/Regional\_Initiatives/ERI/Project%201/Work\_plan\_20112014

3. EPEX SPOT(2013), *EUPHEMIA Public Description*. From <http://www.epexspot.com/en/market-coupling/pcr>
4. APX Reports APX(2013). *February Power Trading and Clearing Volumes*. AMSTERDAM/BRUSSELS/LONDON, 05/03/2014. From <http://www.ukpx.co.uk/press-releases/apx-reports-february-power-trading-and-clearing-volumes/>
5. Sara Knight(2014). *Analysis: Price-coupling fails to pass wind benefits to UK*. (18/02/2014). From <http://www.windpowermonthly.com/article/1281258/analysis-price-coupling-fails-pass-wind-benefits-uk>
6. Belpex(2014). *CWE & UK Market Results* . From <http://www.belpex.be/market-results/cweanduk/>
7. ENTSOE(2012). *Ten-Year Network Development Plan 2012*, 07/05/2012. From <https://www.entsoe.eu/major-projects/ten-year-network-development-plan/tyndp-2012/>
8. EPEX SPOT(2014). *POWER TRADING RESULTS IN FEBRUARY 2014 - STRONG RESULTS PUSH FEBRUARY VOLUMES*. Paris, 03/03/2014. From [https://www.epexspot.com/en/press-media/press/details/press/Power Trading Results in February 2014 - Strong results push February volumes](https://www.epexspot.com/en/press-media/press/details/press/Power_Trading_Results_in_February_2014_-_Strong_results_push_February_volumes)