

英國 Energy UK 協會對氣候變遷風險調適研究與 行動回顧

一、前言

氣候變遷對全世界帶來衝擊，為避免未來預計增強的氣候變遷衝擊影響能源業，英國 2008 年訂定《氣候變遷法》，進行相關研究，能源部與能源公司定期評估並發布氣候變遷調適報告，至今已有十年以上經驗。從過去所做調適行動，到近年因應時勢所修正的方向與預測研究更新，都很值得學習參考。

以下摘要介紹 Energy UK 協會發布的研究報告，探討過去其執行的調適行動進展、當前英國發電結構變化、因應氣候預測精進的評估更新、以及未來調適行動等。以廠家實例、經驗提供未來調適行動與相關研究發展參考。

二、英國發電結構組成變化

發電業屬於英國廣泛能源部門，與石油和天然氣生產、輸電和配電系統運行以及能源供應/客戶服務等功能互補。發電公司在競爭激烈的市場中營運，其投資並不像輸、配電業需要經濟監管部門批准資金；英國能源部在過去十年中一直與國防部保持聯繫，確保該部門的氣候變遷調適方法能夠有效管理氣候風險、並有計劃地處理和減輕這些風險，因此發

電公司擁有完善的風險管理和韌性業務，並定期提交氣候變遷調適報告(CCRA)。

目前，發電業正處於向低碳電力系統轉型的過程，自 1990 年至 2019 年之間減少了 62.8% 的溫室氣體排放，整體發電結構發生明顯的改變。1990 年燃煤發電占發電總量 65%，而 2019 年只占 2%；相反的，2019 年再生能源的部分達到英國總發電量的 38%，創下歷史最高紀錄。2011 年發電業開始提交 CCRA 後發電結構變化如圖 1 所示。由於再生能源發電增加，也促進中、小型發電廠發展，連接到區域配電網，又稱為「分佈式發電」，可依照需求在短時間內提供電力以分擔大型發電廠壓力。因此 Defra(環境、食品和鄉村事務部)同意擴大發電業評估範圍，除原本規定超過 100MWe 容量的大型火力和水力發電廠，還包括風力渦輪機陣列和分佈式發電資產。

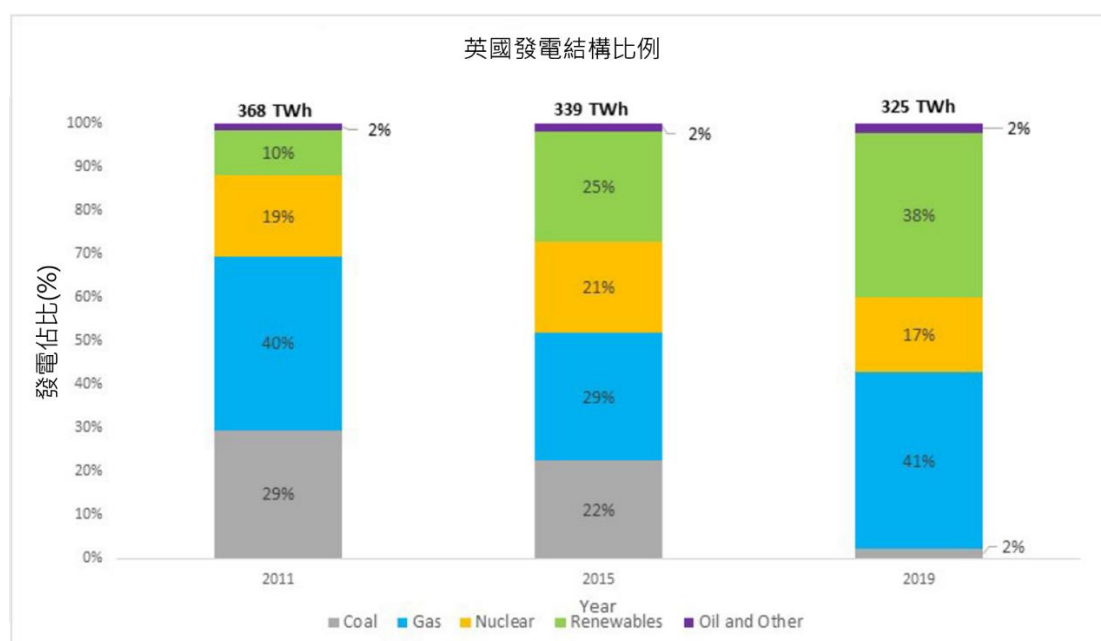


圖 1 英國近年發電結構變化

火力發電站的運作依賴於燃料、原材料的輸送基礎設施、冷卻用水、正常運行的電力傳輸系統等；電廠性能也是氣候條件對發電技術或部件(燃氣渦輪機、鍋爐、蒸汽渦輪機、輔助/冷卻系統)影響的結果。水力發電廠也取決於氣候因素，如是否有流動的水作為動能的來源，降水的季節性變化和降水模式的長期變化，對水力發電的性能產生很大影響。降水的季節性變化和降水模式的長期變化，如乾旱，會對水力發電的性能產生很大影響。值得注意的是，對於新設大型裝置或現有設施重要更新升級，已開始加入氣候變遷衝擊考量。最近環境影響評估(EIA)條例的修改，超過一定容量的能源基礎設施被要求向監管單位提供氣候變遷風險評估規劃，作為新設電廠申請許可的一部分。大型工廠的營運者有完善的風險管理和業務韌性的方法，並習慣於使用環境管理系統。國際標準化組織(ISO)的 ISO 14001 是世界上公認的標準，幫助公司和組織識別和減輕對環境的影響。2015 年也經過修訂，成為一個保護環境和應對不斷變化的環境條件的框架，與社會經濟需求保持平衡。

較小型的火力電廠(容量 50MWe 到 100MWe)，以及風力發電廠陣列(> 100MWe)本次新加入氣候變遷風險評估的討論範疇。小型火力發電廠涵蓋了連接到區域分配網絡的電廠，其有助於為國家輸電網絡供電的大型電廠提供額外的發電量。這些較小的發電廠也位於英國的一些不同地區，從而提供了地理上的多樣性，以應對局部的天氣相關事件。集中式

發電和分佈式發電的結合有助於支持英國發電行業的調適能力。對於較小的電廠來說，氣候變遷調適能力從規劃過程就考量到設計中，整體系統中控制、指引和要件的組合，以及確保在選擇發展地點時，包含了減緩和調適氣候變遷的積極方法等等。新設裝置在必要時須考量如洪水風險、海岸變化、水供應和氣溫上升等因素的長期影響。

大型風力機陣列(或稱風力發電廠)也與小型火力發電廠相同，首次納入本輪報告。風力機是為特定的氣候條件設計的。IEC 61400 是由國際電工委員會發布的國際標準，它規定了一套設計要求，以確保風力機的結構完整性。該標準涉及風機壽命的大部分方面，從施工前的現場條件，到風機部件的測試、組裝和運行。根據 IEC 61400，風機等級由三個參數決定：平均風速；50 年極端陣風；及紊流。在一個新項目的設計和開發階段，大量的現場氣象測量數據被監測了兩年或更長時間。對這些數據進行廣泛的科學和嚴格的模式預測，以確定風力機等級的選擇，從而確定適合特定氣候條件的葉片尺寸。

三、氣候預測精進與調適行動進展

英國能源產業過去 CCRA1、CCRA2 報告使用 UKCP09 氣候預測模擬數據，而 2018 年英國氣象局精進氣候模式與情境後，更新釋出 UKCP18 評估結果。而本篇研究報告為能源廠家產出下一輪調適報告所需使用之氣象資料，對於兩套

預測進行比較與說明。一項重要結論為 UKCP09 與 UKCP18 兩套預測有很高的一致性，雖然兩者模擬情境不盡相同，但例如以高排放情境比較，其預測數據具有高度重疊性。因此，過去使用 UKCP09 訂定的氣候變遷調適計畫長期規劃目標和結論仍可使用，並不一定需要使用 UKCP18 重新評估。UKCP18 評估結果顯示，有充分的證據顯示本世紀英國空氣溫度有上升的趨勢，將影響到發電過程。UKCP18 相對 UKCP09 更新了對冰的動態處理，更新後的模式導致海平面上升數值系統性增加，與 UKCP09 相比差異將在 21 世紀末會明顯增加。UKCP18 在冬季降雨部分增幅比 UKCP09 高。

自英國能源公司的 CCRA2 報告以來，在一系列潛在的氣候變遷危害方面的行動繼續取得進展，包括現場的洪水、極端高溫對水排放的影響、極端低溫對冷卻塔的影響、乾旱對水供應的影響和地層下陷/滑坡。所有的行動都已取得進展，88 項商定的行動中有 73 項已經完成，代表風險的進一步降低。對於英國 CCRA2，Defra 要求氣候變遷委員會編寫獨立的證據報告，並更新英國 CCRA1 的證據基礎。氣候變遷委員會亦列出英國 CCRA2 基礎設施風險須於未來五年(2017-2022)採取行動的關鍵風險，被分為六類(總共十二項)：

1. 洪水和沿海變化對社區、企業和基礎設施的風險；
2. 高溫對健康、福祉和生產力的風險；
3. 農業、能源生產和工業的公共水供應短缺的風險；

4. 自然資本的風險，包括陸地、沿海、海洋和淡水生態系統、土壤和生物多樣性的風險；
5. 國內和國際糧食生產和貿易的風險；
6. 影響人類、植物及動物的新的、正在出現的病蟲害以及入侵的非本地物種。

發電部門是一個幾乎所有其他部門的運作都嚴重依賴的部門。同時，電力生產商也會受到其他部門(如天然氣和水供應系統或通信和運輸網絡)故障的影響。每個部門和區域的關鍵基礎設施發生重大事故，會迅速蔓延到其他部門和區域。因此，各部門之間的依賴性和相互依賴性是近年來討論的主題，但並總是不好理解。英國能源部認為，重要的是，在其內部團體之外，發電部門在多行業團體中進行陳述，並為氣候韌性和調適的研究項目提供資料，以確定一個部門的事件(如故障或中斷)可能對另一個部門造成二次影響的任何關鍵節點。透過一個跨部門的論壇上描述和討論這些風險，各種基礎設施營運商能夠分享最佳方法，確定共同的問題並找到解決方案。英國能源部為各部門團體做出貢獻的一個例子是基礎設施營運商調適論壇(IOAF)。論壇成員來自基礎設施運營商、監管機構、政府、貿易協會、學術界及來自能源、水、運輸、資訊通信技術的專業機構，促進了調適規劃、行動、報告和監管方面的知識和實踐分享。

除回顧過去進展，針對未來趨勢，ARP2 之後的新措施亦值得探討。氣候相關財務揭露工作組(TCFD)是全球公認的最

佳實踐揭露倡議，是投資者對公司對低碳未來承諾的高度重視信號。TCFD 的建立是為了給公司提供一致的、與氣候相關的金融風險揭露框架，以向投資者、貸款人、保險人和其他利益相關者提供資訊。其核心思想是：金融市場應該能夠有效地「為氣候變遷風險定價，以支持已知的、有效的資本分配決策」。另外，從 2019 年起，英國環境局通過環境許可程序更新，若該場地預計營運超過五年，則要求經營者對任何新定制裝置或廢棄物環境許可申請進行氣候變遷風險評估。其他還有審查乾旱韌性、參與區域或跨部門的水資源規劃等，主要是針對能源與水資源關係相關研究與規劃，目的為針對關鍵設施、衝擊以輔助調適行動順利推行。

四、結論

因應全球氣候變遷與淨零排放議題，近年英國能源結構轉變為大幅增加再生能源發電量，及大幅減少燃煤發電。使得小型發電廠、風力機陣列對英國發電影響日顯重要，因此需要納入氣候變遷風險評估範疇。UKCP09 與 UKCP18 氣候預測結果比較，雖然模式、情境不同，但應用於 CCRA 報告中對於氣候變遷調適規劃結論差距並不大，換句話說，能源設施廠家對於過去已實行與已設定目標預計將實行的調適行動不須重新評估。所有在 CCRA1 中被指示在 ARP1 中報告的公司所確定的調適行動都已取得進展，而未來發電公司也越來越多地接受與氣候有關的財務揭露的自願倡議

(TCFD)，並採用新的國際標準來管理氣候變遷的調適。另外，英國能源部亦更新環境評估程序，規範新設裝置應氣候變遷調適評估。

我們可從此份 Energy UK 研究報告中學習到調適觀念以及實行上所需扮演的角色。氣候變遷調適為長期、跨部門的行動，隨著技術進步、現況改變而需要不斷調整，應定期審視過去評估結果，考量基礎設施與不同部門之間的連鎖效應，並積極學習新技術、資訊以更新法規或公司廠家評估目標，與利害相關者大量的討論與合作，盡可能全面考量以確實降低氣候變遷風險。

參考文獻

Energy UK (2021). Climate Change Risks and Adaptation Responses for UK Electricity Generation - A Sector Overview 2021.