

# 地緣政治挑戰下的能源安全與 韌性新框架

林子倫\*

## 一、前言

能源是支撐現代社會運作的基礎要素，經濟生產、產業發展、社會服務乃至日常生活等各方面，無不依賴穩定且可靠的能源供應。由此，能源安全（energy security）長期以來成為各國政府、產業部門與公民社會普遍關注的核心議題。在全球能源技術演進、經濟發展動態與地緣政治變遷的交互影響下，能源安全的內涵已逐漸超越僅聚焦於「供應穩定」與「價格可負擔」的傳統框架，而進一步涵蓋能源體系的多元化、靈活性與韌性。因此，當代能源安全逐漸被視為一項跨學科的系統性議題，結合了政治學、經濟學、能源技術、環境永續與社會公平等多重研究視角，反映其複雜性與多面向特質。

傳統上地緣政治的形塑與發展，一大部分取決於石油與天然氣出口國以及資源貿易供應鏈，而該區域的國內與跨國衝突、制裁與貿易爭端、供應鏈中斷、能源武器化等事件皆直接或間接地衝擊全球各國能源安全（IRENA, 2024; Tol, 2023）。近期俄羅斯將天然氣武器化，以及他國對其的貿易制裁，造成全球能源供應短缺或價格大幅攀升。上述現象以及能源轉型的需求已促使各國開始擴大能源合作夥伴關係、提升國內能源投資、分散化能源來源與供應鏈、開展區域合作，藉以提升能源安全。可以預見，傳統化石燃料出口國的地緣政治影響力和優勢將降低，掌握再生能源技術或能資源的國家地位有望提升。在此趨勢之下，新的資源開採運輸、供應鏈系統的建立以及運作，將形塑能源安全與地緣政治的新面貌（IEA, 2022a）。

未來能源安全的確保，必須同時因應極端氣候、地緣政治動盪以及網路攻擊等多重挑戰（IRENA, 2024; IEA, 2023）。氣候變遷所引發的極端天氣事件，常導致能源供應、運輸與需求的中斷或劇烈波動，進而在供給不穩定與需求增加

---

\* 國立臺灣大學政治學系副教授

之間形成惡性循環。自 2020 年 COVID-19 疫情以來，全球社會與經濟格局亦出現重大轉變，部分國家加強貿易保護主義，使能源體系承受額外壓力。此外，化石燃料開採與運輸的高度集中性，使能源市場易受地緣政治衝突影響，導致價格劇烈波動、供應鏈中斷及燃料與關鍵資源成本上升，從而削弱能源安全 (Tol, 2023)。同時，隨著能源系統日益呈現多元化、分散化以及即時調度的趨勢，能源與電力管理的數位化角色愈加關鍵。值得注意的是，現代能源系統的高度整合與互聯性也使其更易受網路攻擊威脅。一旦管理系統遭入侵，可能影響的範圍涵蓋發電設備、資通訊設施、管線基礎設施、儲能設備以及電網的整體運作 (IRENA, 2024)。

隨著氣候變遷、能源轉型與淨零轉型等議題日益受到關注並逐漸成為全球主流，聯合國秘書長 António Guterres 於 2025 年 7 月關於氣候行動演說中，也強調再生能源是提升能源安全、穩定國家主權、促進社會公平的重要基石 (Guterres, 2025)。未來如何在減少溫室氣體排放、推進國際氣候治理目標的同時，兼顧能源安全、經濟發展與社會公平，已成為當前必須正視的核心課題。

## 二、能源安全的典範轉移

作為一個跨越政治、經濟與技術領域的核心議題，能源安全的概念自上世紀以來隨著國際局勢與技術發展持續演變。其內涵受到多重脈絡因素的影響，例如各國的政治環境、經濟發展程度、風險認知、能源系統的韌性，以及地緣政治挑戰。同時，再生能源與電力生產技術的進步，以及全球氣候治理目標的轉變，也不斷推動能源安全內涵的延伸與調整。

能源安全自 1970 年代以來逐步納入各國的政治議程。最早對其提出明確界定的學者之一為 Mason Willrich，他將能源安全理解為兩個層面：「確保一國在戰爭時期仍能維持充分的能源供應」以及「確保能源供應能支撐經濟活動之穩定運作」(Willrich, 1976)。隨後，國際組織亦相繼提出對能源安全的詮釋。例如，聯合國開發計畫署 (United Nations Development Programme, UNDP) 則從「發展」的觀點，將其定義為「以可負擔的價格，持續且不間斷地提供充足的各類能源，且能源生產不會對經濟與環境造成無法接受或不可逆的影響」(Khatib et al., 2000)。亞太能源研究中心 (Asia Pacific Energy Research Centre, APERC) 則於 2007 年提出「4As」框架，從可得性 (Availability)、可負擔性 (Affordability)、可接受性 (Acceptability)、課責性 (Accountability) 四個面向分析亞洲的能源安全 (APERC, 2007)。另一方面，國際能源總署 (International Energy Agency, IEA)

則將能源安全界定為「在可負擔的價格下，確保能源的持續與不間斷供應」(IEA, 2014)。

不過，以「確保能源供應」為核心的傳統能源安全概念，正逐漸顯現其理論與方法上的侷限。國際再生能源總署 (International Renewable Energy Agency, IRENA) (2024: 23) 指出，傳統的能源安全定義，在概念與分析框架上呈現以下挑戰：

1. 偏重已開發國家的視角：過度強調已發展國家的能源安全議題，而忽略了發展中國家所面臨的獨特挑戰。
2. 忽略能源服務導向：過於聚焦於能源供應總量，缺乏從「提供能源服務」的角度審視能源安全。
3. 集中式系統的偏好：傾向以集中式電力生產模式為分析基礎，低估分散式能源系統的重要性，並限制了消費者與社區的參與機會。
4. 永續性考量不足：在能源規劃、決策與投資過程中，未能充分納入環境影響與永續發展的因素。
5. 能源正義與能源脆弱度的忽視：對社會公平、能源可及性與弱勢族群需求的重視不足。
6. 缺乏長程視角的侷限：僅著眼於短期供應挑戰，缺乏以長期能源需求與轉型目標為基礎的政策設計。

換言之，以「供應安全」為核心的傳統能源安全論述，已難以因應當前全球能源轉型與氣候治理的挑戰。新興的能源安全論述則更強調分散式、在地性、永續性、與電網系統的韌性。隨著再生能源裝設與發電比重上升，能源體系逐漸擺脫對化石燃料進口的依賴，轉向以多方利害關係人參與的分散式系統。此轉型過程也需面對新的挑戰：其一，再生能源雖能減少化石燃料的依賴，但也形成對技術與關鍵資源供應鏈的新依賴，並且仍受到地緣政治的影響 (IEA, 2022a)；其二，極端氣候、突發事件與網路攻擊對能源系統構成威脅，使即時調度與基礎設施韌性成為能源安全的關鍵 (IRENA, 2024; IEA, 2023)。同時，能源安全的討論亦須納入社會層面的考量，包括能源服務的公平可及性、社區參與，以及回應民眾對於能源設施的接受度 (WEF, 2023)。

### 三、新能源安全論述下的行動策略

面對多元視角與新興風險挑戰的情境下，提升能源系統韌性已成為確保能源安全的必要途徑。韌性建構的過程須同時考量地緣政治變動、技術進展、全

球關鍵能源資源供應鏈、環境與氣候永續，以及社會公平正義等因素。針對能源安全與韌性的建構與發展趨勢，可歸納為以下幾個面向：

### (一) 能源供應多元化

為強化能源安全，各國必須建立多元化的能源供應體系。具體而言，需加速推動太陽光電、風電、地熱與氫能等清潔能源的部署，提升國內能源自給比例，以降低對化石燃料的需求與依賴 (EMBER, 2025; HM Government, 2022)。再生能源系統的分散式特性亦可減緩集中式大型電廠失效所帶來的系統性衝擊，降低極端氣候與突發事件的風險。然而，在能源轉型過程中，對於關鍵礦物資源與技術的依賴將日益增加，因此供應鏈亦須實現多元化，避免過度依賴單一國家或少數運輸路線，以降低地緣政治與供應中斷的風險 (IEA, 2025; IRENA, 2024; WEF, 2023; IEA, 2022a; 2022b)。此外，應同步推進再生能源發電技術與設備的回收再利用及在地製造能力，以減少對國際進口的長期依賴 (EMBER, 2025)。

### (二) 能源需求面管理提升

隨著再生能源發電規模持續成長，能源需求亦因電氣化、數位化與能源服務的拓展而不斷增加，需求面管理 (demand-side management, DSM) 遂成為強化能源安全的重要策略 (許志義、吳仁傑, 2014)。DSM 涵蓋負載管理、輔助服務與能源效率措施，藉由調整用戶的用電行為，減緩尖峰需求的壓力 (WEF, 2023; IEA, 2022b)。其中，虛擬電廠 (Virtual Power Plant, VPP) 透過單一平臺整合分散的電力供給與需求，能即時回應負載波動，展現提升系統韌性的潛力 (許志義、黃俊凱, 2016)。在家戶與產業部門，則需透過技術創新、電氣化、教育宣導與政策激勵，推動能源消費行為的改變，進而提升能源效率，減少總體能源需求與生產壓力 (European Commission, 2025; WEF, 2023)。

### (三) 能源基礎設施韌性強化

能源基礎設施韌性，指能源系統在面對極端天氣、自然災害或實體與網路攻擊時，能承受衝擊、迅速回應並恢復運作的能力。其核心涵蓋分散式電網、系統韌性與備援能力的強化。因應再生能源的間歇性特質，需建立更靈活的電力系統，措施包括電網現代化、分散式微電網與各類儲能設施的建置；管理層面則可運用資通訊與人工智慧技術，發展虛擬電廠與彈性調度機制，以提升效率與穩定性 (WEF, 2023; HM Government, 2022; IEA, 2022b)。要落實上述目標，需確保資本、基礎設施、先進技術與專業人力的可得性 (WEF, 2025;

IRENA, 2024)。同時，在規劃與設置過程中，亦須納入自然災害、極端氣候與網路／實體攻擊等單一與複合型風險的評估，並透過政府、產業與社會的協作，有效識別風險並提出緩解策略。

#### (四) 區域合作深化與擴大

隨著再生能源的大量佈建，全球能源資源原料與技術的貿易體系正逐漸擺脫過去依賴少數國家化石燃料進口的高度不對稱關係，轉而建立更為對稱的貿易連結。這一過程促使各國在關鍵能源資源上形成跨國網絡，並進一步重塑地緣政治格局，發展出新型態的複雜依賴體系 (IRENA, 2024)。然而，在此新的互賴結構下，也伴隨新的風險與脆弱性，對能源安全造成挑戰，跨國與區域合作，例如透過能源管線、電網互聯及運輸體系的強化策略，將扮演關鍵角色，有助於各國在技術、市場與政策層面上協同合作，共同應對氣候變遷與能源安全挑戰 (WEF, 2023)。

#### (五) 電力市場改革與創新

為促進能源轉型以及能源安全強化，政府與產業須聚焦於創造長期穩定的投資環境，以及推動前瞻性的電力市場改革。能源轉型過程中的供應鏈韌性確保、再生能源發電擴大、分散式電網與儲能系統建置，乃至智慧能源管理系統更新，都需要即時、龐大且持續的資金挹注。為了引導民間資金長期穩定投入，政府應提供穩定、可預測的政策與法規框架，向市場釋放清晰的長期投資信號 (WEF, 2023; IEA, 2022b)。而為避免投資失衡，也需推動跨部門協調，確保電網建設、發電與管理系統均獲適當支持。電力市場設計亦須優化價格信號，以反映實際需求，並鼓勵消費者參與需求面管理與虛擬電廠運作，提升系統調度彈性並降低新增電廠成本 (WEF, 2025; Eurelectric, 2025)。

#### (六) 具社會包容性的能源政策

在能源轉型中，能源安全不僅涉及再生能源技術與原料取得、電網建設、風險因應與國際合作，亦須納入社會面向。再生能源的分散化與在地化特性，可協助社會獲得穩定且可負擔的能源，確保「不遺落任何人」，以合宜的價格提供電力服務，並透過公正轉型措施避免能源不平等加劇 (IEA, 2025; IEA, 2022b)。同時，公民與利害關係人可參與能源生產、輸配送與營運決策，成為「生產消費者」(prosumers)。此類分散式體系不僅可強化社會參與，增強社區的能源自主，也降低集中式電力系統在氣候威脅或衝突下的脆弱性 (IRENA, 2024)。

## 四、結語：以韌性導向思維 應對能源安全挑戰

能源安全的概念已從以化石燃料供應為核心的傳統導向，演變為一項涵蓋國際政治、經濟、社會、氣候環境與數位科技等多重面向的複雜議題，因此須以系統性視角與整合策略來確保其實現。

首先，應加速推動分散化、多元化、在地化的綠色電力來源，廣泛運用再生能源以提升自主性，以降低對進口化石燃料來源的依賴。除了擴大多元的再生能源佈建，也須強化電力基礎建設，以因應極端天氣、突發事件或攻擊帶來的衝擊，相關措施包括提升電網韌性、建設區域型微電網、推動需量反應與發展虛擬電廠、強化儲能的戰略角色。特別是能源轉型與能源安全的落實，需要長期且大規模的綠色投資，優先投向再生能源基礎設施、電網現代化、儲能技術、電氣化與能源效率提升等領域。

此外，強化國際與區域合作亦是應對能源安全挑戰的必要途徑。藉由多元化貿易夥伴關係，不僅能降低單一來源依賴，也可提升區域整體韌性。最後，普惠性的能源安全（inclusive energy security）應被納入政策目標，確保能源的可負擔性與可及性，使所有社會群體皆能受益，避免能源不平等。

總結而言，當代能源安全與韌性的策略思維應包含至少五大要素：確保發電技術與關鍵資源的供應鏈穩定；強化需求端管理以降低系統波動；提升能源基礎設施的韌性以因應實體與網路威脅；在永續與環境價值前提下，建構以再生能源為主、分散且整合的能源體系；並落實社會公平與包容性價值。此一框架更能呼應能源轉型背景下的複雜挑戰，並回應全球氣候治理的長期目標。

## 參考文獻

- 許志義、吳仁傑（2014）。〈論電力需量反應與虛擬電廠發展趨勢〉，《台灣經濟論衡》12卷6期，頁59-83。
- 許志義、黃俊凱（2016）。〈論電力自由化下虛擬電廠之商業模式：德國 Harz 示範計畫之經驗及對我國之政策意涵〉，《台灣經濟論衡》14卷2期，頁77-110。
- APEREC, A. (2007). A quest for energy security in the 21st century: Resources and constraints. *Asia Pacific Energy Research Centre, Tokyo, Japan.*
- EMBER. (2025). Energy Security in an Insecure World. <https://ember-energy.org/app/uploads/2025/04/Slidepack-Energy-Security-in-an-Insecure-World.pdf> (Last Accessed: 2025/8/20)
- Eurelectric. (2025). Redefining Energy Security in the age of electricity. <https://www.eurelectric.org/wp-content/uploads/2025/02/Eurelectric-report-energy-security-in-the-age-of-electricity.pdf> (Last Accessed: 2025/8/20)
- European Commission. (2025). REPowerEU Affordable, secure and sustainable energy for Europe. European Commission. [https://commission.europa.eu/topics/energy/repowerEU\\_en](https://commission.europa.eu/topics/energy/repowerEU_en) (Last Accessed: 2025/8/24)

- Guterres, A. (2025). Secretary-General's remarks on Climate Action "A Moment of Opportunity: Supercharging the Clean Energy Age" United Nations. <https://www.un.org/sg/en/content/sg/statement/2025-07-22/secretary-generals-remarks-climate-action-moment-of-opportunity-supercharging-the-clean-energy-age-delivered-scroll-down-for-all-french> (Last Accessed: 2025/9/3)
- HM Government. (2022). British Energy Security Strategy. <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/626112c0e90e07168e3fdb3/british-energy-security-strategy-web-accessible.pdf> (Last Accessed: 2025/8/24)
- IEA. (2014). Energy Supply Security, IEA, Paris. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/73908149-4d6e-4f10-b626-d55c60ab3bd7/ENERGYSUPPLYSECURITY2014.pdf> (Last Accessed: 2025/8/20)
- IEA. (2022a). Securing Clean Energy Technology Supply Chains, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/securing-clean-energy-technology-supply-chains> (Last Accessed: 2025/8/30)
- IEA. (2022b). World Energy Outlook 2022, IEA, Paris. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022> (Last Accessed: 2025/8/30)
- IEA. (2023). Overcoming the Energy Trilemma: Secure and Inclusive Transitions , IEA, Paris. [https://iea.blob.core.windows.net/assets/29875a66-aebe-49aa-a2b1-d0824db302c2/OvercomingtheEnergyTrilemma\\_SecureandInclusiveTransitions.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/29875a66-aebe-49aa-a2b1-d0824db302c2/OvercomingtheEnergyTrilemma_SecureandInclusiveTransitions.pdf) (Last Accessed: 2025/8/25)
- IEA. (2025). CHAIRS' SUMMARY-SUMMIT ON THE FUTURE OF ENERGY SECURITY. [https://iea.blob.core.windows.net/assets/e9c913b8-4efe-4e25-8c50-460f800cc2a6/ChairsSummary\\_FutureofEnergySecurity.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/e9c913b8-4efe-4e25-8c50-460f800cc2a6/ChairsSummary_FutureofEnergySecurity.pdf) (Last Accessed: 2025/8/20)
- IRENA. (2024). *GEOPOLITICS OF THE ENERGY TRANSITION ENERGY SECURITY*. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. (Last Accessed: 2025/7/10)
- Khatib, H., Barnes, A., Chalabi, I., Steeg, H., & Yokobor, K. (2000). Energy security. *World energy assessment: Energy and the challenge of sustainability*. UNDP, 111-131.
- Tol, R. (2023). *Navigating the Energy Trilemma During Geopolitical and Environmental Crises*. Asian Development Bank Institute. <https://doi.org/10.56506/EBHD4081> (Last Accessed: 2025/8/25)
- WEF. (2023). Securing the Energy Transition. World Economic Forum. [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Securing\\_the\\_Energy\\_Transition\\_2023.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Securing_the_Energy_Transition_2023.pdf) (Last Accessed: 2025/8/25)
- WEF. (2025). Fostering Effective Energy Transition 2025. World Economic Forum. [https://reports.weforum.org/docs/WEF\\_Fostering\\_Effective\\_Energy\\_Transition\\_2025.pdf](https://reports.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2025.pdf) (Last Accessed: 2025/8/25)
- Willrich, Mason. (1976). International Energy Issues and Options. *Annual Review of Environment and Resources*, 1: 743-772.