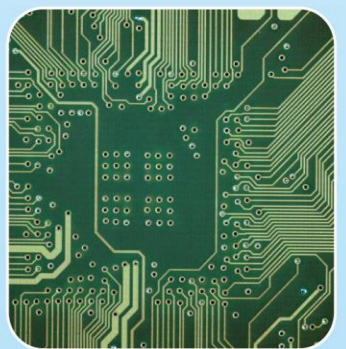


俄烏衝突對天然氣市場
之影響

CTCI FOUNDATION



財團法人中技社(CTCI Foundation)創立於 1959 年 10 月 12 日，以「引進科技新知，培育科技人才，協助國內外經濟建設及增進我國生產事業之生產能力」為宗旨。初期著力於石化廠之設計與監建，1979 年將工程業務外移轉投資成立中鼎工程後，業務轉型朝向裨益產業發展之觸媒研究、污染防治與清潔生產、節能、及環保技術服務與專業諮詢。2006 年本社因應社會環境變遷的需求，在環境與能源業務方面再次轉型為智庫的型態，藉由專題研究、研討會、論壇、座談會等，以及發行相關推廣刊物與科技新知叢書，朝知識創新服務的里程碑邁進，建構資訊交流與政策研議的平台；協助公共政策之規劃研擬，間接促成產業之升級，達成環保節能與經濟繁榮兼籌並顧之目標。

本著創社初衷，為求對我們所處的環境能有更多的貢獻，本社就國內前瞻性與急迫性的能源、環境、產業、社會及經濟等不同議題，邀集國內外專家進行全面的研究探討，為廣為周知，特將各議題研究成果發行專題報告，提供產官學研各界參考。

本專題報告能得以出版，要感謝國立中央大學梁啟源講座教授之大力襄助，擔任議題之召集人，才得以邀請到前文化大學中山研究所所長的周陽山教授、國立台北大學自然資源與環境管理研究所張四立特聘教授、淡江大學經濟系廖惠珠教授、國立成功大學資源工程系吳榮華教授與中華經濟研究院鄭睿合高級分析師等學者專家，及其所率領之研究團隊，與本社劉致峻研究員共同執筆。本社希冀透過專題報告，讓讀者能一窺俄烏戰爭成因與其對國際天然氣市場之影響，並對我國天然氣安全及達成淨零排放目標的電力配比進行反思。

發行人：潘文炎

主編：陳綠蔚、梁啟源

作者：梁啟源、周陽山、廖惠珠、張四立、吳榮華、劉致峻、鄭睿合、劉文筠、林虹汶

執行編輯：曾志煌、劉致峻

發行者：財團法人中技社

地址 / 106 臺北市敦化南路二段 97 號 8 樓

電話 / 886-2-2704-9805

傳真 / 886-2-2705-5044

網址 / www.ctci.org.tw

本社專題報告內容已同步發行於網站中，歡迎下載參考

發行日期：中華民國 112 年 12 月

ISBN：978-626-97025-8-9

序

天然氣是當前主要初級能源之一，占全球初級能源供應總量的近四分之一。天然氣因具有較低的碳排放係數，可減少溫室氣體和空氣污染物的排放，用於發電時，具有較高的靈活性和可調度性，可與屬於間歇型的再生能源相互配合，提高電網的穩定性。因此，天然氣被視為一種能與再生能源、核能、碳捕獲利用與封存等技術相輔相成的橋接型化石能源。

在全球能源版圖之下，俄羅斯為最主要的石油與天然氣生產大國之一，不但原油的每日產量超過一千萬桶，排名世界前三，也是世界第二大天然氣生產國與最大出口國。故當俄羅斯於 2022 年 2 月入侵烏克蘭時，自然對全球能源市場，尤其是天然氣市場，造成巨大影響，國際能源總署 (International Energy Agency, IEA) 更稱之為人類首度面臨的「全球能源危機 (A Global Energy Crisis)」。

是故，俄烏衝突讓各國重新思考天然氣安全的重要性，長期依靠液化天然氣 (Liquefied Natural Gas, LNG) 進口的亞太國家則面臨能源保護主義重新抬頭的挑戰，必須重新審視其能源供給組合及政策走向；而原本極度仰賴俄國管道天然氣 (Pipeline Natural Gas, PNG) 輸入的歐洲也大幅增加 LNG 的進口量，使得 2022 年全球 LNG 貿易成長 5.4%，其中歐洲的增幅高達 63%。使得 IEA 預期 2023 年全球 LNG 貿易量仍將成長 4.3%。在國際天然氣供需短期出現龐大缺口的狀況下，天然氣市場出現了質與量的結構性變化。

我國視天然氣為國家淨零碳排轉型的重要過渡能源選項，規劃 2025 年燃氣發電的占比高達五成，不但民生經濟深受國際天然氣市場變化影響，天然氣穩定供應更是國家安全的重中之重。不過，當前臺灣急需拓展更多元及穩定的供氣夥伴，並面對 LNG 基礎建設不足、超負荷運轉，以及難以反應合理成本等風險，加上更為嚴峻的國內外能源情勢，實有必要對國際天然氣市場變化進行追蹤，探究天然氣供需情勢變化對臺灣的可能影響。

有鑑於此，本社今年以「俄烏衝突對天然氣市場之影響」為題進行研究，並有幸得到前行政院政務委員、前中華經濟研究院董事長、國立中央大學梁啟源講座教授的首肯，擔任議題召集人，並邀請到前文化大學中山所所長的周陽山教授、淡江大學經濟系的廖惠珠教授、國立台北大學自然資源與環境管理所的張四立特聘教授、國立成功大學資源工程系吳榮華教授與中華經濟研究院鄭睿合高級分析師等學者專家及其所率領之研究團隊，與本社劉致峻研究員共同研究，深入探討俄烏戰爭的根源與其可能發展，俄烏戰爭對於國際能源政策典範移轉及其對天然氣市場之影響，並評估我國天然氣安全程度的高低，最後反思達成淨零排放目標之最適電力配比為何。

最後，再次感謝梁啟源講座教授領導的研究團隊對於本議題研究的專注投入，以及臺灣中油公司廖惠貞副總經理、李皇章副總經理及諸多產官學研專家對本議題的無私分享，才能讓本專題報告順利出版，謹在此致上萬分謝意。

財團法人中技社 董事長

潘文炎

2023 年 12 月

目錄

序	I
目錄.....	III
圖目錄.....	V
表目錄.....	VII
執行摘要.....	1
一、 問題及目標.....	1
二、 研究範圍及內容.....	1
三、 研究結論.....	1
四、 改善對策及建言.....	2
第一章、俄烏衝突的根源與影響	5
一、 導言.....	5
二、 俄羅斯與烏克蘭：分分合合的歷史.....	6
三、 烏克蘭的分裂與獨立.....	8
四、 民族主義與烏東問題.....	11
五、 半總統制與寡頭政治.....	12
六、 班德拉運動與納粹遺緒.....	15
七、 結語：俄烏衝突的可能發展.....	17
第二章、俄烏衝突與能源政策的典範移轉	21
一、 能源政策的典範轉移：定義與回顧.....	21
二、 位居全球能資源生產大國的俄羅斯所面臨的困境與挑戰	27
三、 俄烏衝突爆發前，烏克蘭天然氣供應安全的隱憂	30
四、 俄烏戰爭引發的能源產業典範轉移.....	33
五、 結語：俄烏戰爭對能源政策典範轉移的長期影響	36
第三章、俄烏衝突對油氣市場的影響	41
一、 俄烏戰爭前國際天然氣市場運作概況.....	42
二、 俄烏戰爭引發國際天然氣市場價格飆漲及歐洲的因應對策	44
三、 能源補貼與暴利稅.....	47

四、	各國對俄羅斯油氣制裁措施.....	52
五、	俄烏戰爭的油氣贏家.....	53
六、	俄烏戰爭及國際各項措施對國際天然氣市場的即時影響	56
七、	俄烏戰爭對國際天然氣市場後續的影響.....	58
八、	結語：國際油氣市場將步入新賽局.....	61
第四章、	我國液化天然氣供應安全分析	65
一、	前言	65
二、	國際液化天然氣供需概況.....	65
三、	臺灣液化天然氣供需概況.....	69
四、	俄烏戰爭對液化天然氣市場的影響.....	76
五、	臺灣液化天然氣供應安全分析.....	80
六、	結語.....	87
第五章、	國家達成淨零碳排目標的電力配比檢討	91
一、	各國邁向淨零排放目標的進程與電力配比.....	92
二、	我國能源轉型、電力配比與能源安全.....	96
三、	我國最適電力配比探討.....	103
四、	結語.....	116
第六章、	結論與建議.....	121
一、	研究結論.....	121
二、	政策建議.....	124
附件一、	臺灣動態一般均衡模型（DGEMT）說明	127
附件二、	不同電力配比情境下之經濟影響評估	133
附錄一、	2021-2022 全球 PNG 貿易流變化	135
附錄二、	2021-2022 全球 LNG 貿易流變化.....	137

圖目錄

圖 3-1	國際天然氣市場天然氣價格走勢 (2005-2022)	43
圖 3-2	國際天然氣貿易流 (2021 年)	44
圖 3-3	俄烏戰爭期間 TTF 天然氣期貨價格走勢	46
圖 3-4	歐盟家庭電力與天然氣價格走勢 (2008~2022 年)	48
圖 3-5	近年國際 LNG 中長期合約平均年限走勢	60
圖 4-1	協和接收站計畫內容及東移方案	72
圖 4-2	臺灣天然氣接收站分布圖 (含既有及規劃中)	73
圖 4-3	全球重要天然氣市場之指標價格 (2021~2023/7)	77
圖 4-4	臺灣總發電概況 (2012-2022)	79
圖 5-1	全球主要經濟體之發電結構占比	96
圖 5-2	我國初級能源供應集中度	97
圖 5-3	至 2025 年能源轉型路徑下之不同電力配比	98
圖 5-4	再生能源規劃值與實際值比較 (2017~2022)	99
圖 5-5	電力供應規劃 (2022~2029)	100
圖 5-6	歷年限電次數	101
圖 5-7	我國備用容量率目標規劃 (考慮燃氣供氣問題)	102
圖 5-8	電力模型架構	104
圖 5-9	各類火力機組發電成本走勢	106
圖 5-10	各類再生能源發電成本走勢	106
圖 5-11	電力需求成長率預測	107
圖 5-12	各情境下之無碳電力占比 (%)	109
圖 5-13	我國 2023-2029 年備用容量率 (考慮核能電廠延役)	110
圖 5-14	我國電力排碳係數走勢	111
圖 5-15	各類發電 CO2 排放係數範圍	111
圖 5-16	不同再生能源發電成本的再生能源發電占比	114
附圖-1	臺灣動態一般均衡模型之生產者模型的各子模型關係	128
附圖-2	臺灣動態一般均衡模型之消費者模型的各子模型關係	131

表目錄

表 2-1	導致能源政策典範轉移的歷史事件與概念形成	23
表 2-2	能源政策的典範轉移	26
表 2-3	能源動盪期（2020-2022）	34
表 3-1	俄烏戰爭以來國際油氣市場重要事件	41
表 3-2	歐洲地區 2021 年至 2022 年 PNG 與 LNG 進口來源國的變化	58
表 4-1	全球 LNG 出口量與占比（2022 年）	66
表 4-2	全球 LNG 進口量及占比（2022 年）	68
表 4-3	臺灣天然氣接收站設施現況	69
表 4-4	安全存量天數與儲槽容積天數法定標準	70
表 4-5	進口事業平均存量天數（2023 年）	70
表 4-6	中油公司 LNG 相關設施投資計畫	71
表 4-7	台電公司天然氣相關設施投資計畫	73
表 4-8	中油公司 LNG 中長期合約簽訂情形	74
表 4-9	中油公司 LNG 進口量與金額統計（依現貨與長短約分類）	75
表 4-10	我國 2022 年天然氣消費概況	76
表 4-11	臺日韓政治穩定度	80
表 4-12	我國 LNG 主要進口國政治穩定度	81
表 4-13	臺日韓初級能源供應集中度	81
表 4-14	臺日韓天然氣占總初級能源供給比例	82
表 4-15	臺日韓天然氣進口來源集中度	82
表 4-15	中油公司 LNG 氣源成本（2022 年~2023 年 6 月）	83
表 4-17	中油公司近五年度簡明損益表	84
表 4-18	臺日韓人均天然氣消費	84
表 4-19	臺日韓之 LNG 接收站供應狀況	85
表 4-20	臺灣 LNG 進口國之天然氣出口量	86
表 4-21	出口國液化廠利用率（2022 年）	87
表 5-1	各國淨零排放目標、期程及立法進度（摘錄）	93

表 5-2	我國電源配比之實際值和目標值比較	101
表 5-3	各類機組發購電成本（2020~2022）	104
表 5-4	我國 2022 年電力配比之實績值與模擬值比較	108
表 5-5	政府規劃之 2030 年電力配比與本研究模擬值比較	109
表 5-6	考量外部成本（課徵碳稅）下於 2030 年之最適電力配比	112
表 5-7	不同電力配比的經濟衝擊評估摘要（相對 2022 年）	115
附表-1	不同電力配比的經濟衝擊評估結果（相對 2022 年）：經濟成長	133
附表-2	不同電力配比的經濟衝擊評估結果（相對 2022 年）：生產者價格	133
附表-3	不同電力配比的經濟衝擊評估結果（相對 2022 年）：消費者價格	134

執行摘要

一、問題及目標

天然氣被視為邁向淨零排放目標時，最為重要的橋接型化石能源。而在全球能源市場中，俄羅斯是世界第二大天然氣生產國與最大出口國。故當俄羅斯於2022年2月入侵烏克蘭時，自然對於全球能源市場，尤其是天然氣市場，造成巨大且廣泛的影響。而我國將燃氣發電視為最主要的電力來源，不但民生經濟深受國際天然氣價格的影響，其供應穩定與否更攸關國家安全。

爰此，本社在國內地緣政治及能源經濟領域的眾多專家學者協助之下，以「俄烏衝突對天然氣市場之影響」為題進行合作研究，深入探討俄烏戰爭的根源與可能發展，以及俄烏戰爭對全球能源政策典範移轉的影響，以及油氣市場在戰爭期間發生的短期與長期變化，並回頭評估我國液化天然氣安全程度，及反思我國若欲達成淨零排放目標之最適電力配比為何。以求摘整出具體可行之建議，供決策者參考。

二、研究範圍及內容

本專題報告共分成六章，除了末章的結論與建議之外，其餘五章分別從不同面向進行切入。第一章先就俄烏戰爭的根源進行剖析，並對戰爭的未來可能情境做出預測；第二章則進一步對俄烏戰爭對國際能源政策造成的典範移轉現象進行觀察，以了解國際能源政策間的優先排序，及其長期影響；第三章則縱覽了俄烏戰爭引發的市場衝擊現象，並對俄國與西方國家間的戰略博弈做出觀察，並闡述戰爭造成的短期與長期影響；第四章則將目光轉向國內，一步步解析我國液化天然氣的供需概況，並評估當前我國液化天然氣安全程度的高低；再於第五章中，針對我國邁向淨零排放的終極目標時，理想與現實的差距進行檢討，並提出相關的政策建議。

三、研究結論

俄羅斯與烏克蘭系出同門，彼此歷經長達千年的分合。然自烏克蘭獨立以來，其國內的政治與宗教，及其與鄰邦間的衝突，並未得善解；西方的軍事戰略與外交判斷，更對俄羅斯造成極大壓力。最終導致2014年烏克蘭危機與2022年俄烏戰爭。而戰爭開打至今，不只雙方精疲力竭，歐美各國也顯露疲態。因此，本報告認為俄烏戰爭持續至2024年春時，可能出現美歐出面調停，雙方展開和談；或由俄國主動停戰，將烏東四州和克里米亞納入掌握，烏方雖拒不承認，但無力改變情況等兩個較為可能的情境。而未來兩國能否找到和平方案，則須仰賴國際領袖們的勇氣與智慧，做出正確的判斷。

而當前全球不斷遭到疫情、氣候與軍事等複合性危機打擊，促使各國能源政

策從價值體系、優先順序已出現根本性的變革，進而使多數國家檢討或修正其相關政策的規劃及資源配置。俄烏戰爭確已改變能源政策、技術及市場運作的軌跡。各國政府優先考量能源供應的多樣化、加速再生能源的發展，並嘗試建構能源系統的新常態，民眾也更渴求低碳、永續及可負擔的能源。然而，俄烏戰爭帶來的能源政策典範轉移的長期效果仍存在不確定性。各國對於化石燃料的需求持續成長，形成「減碳」缺口；再生能源及綠能科技的投資下降，形成「再生能源發展」缺口。故能源政策典範轉移的長期效果，須視此雙重目標缺口的消長而定。

隨著金融市場的發展，當前的國際天然氣市場更容易受到投機炒作的影響，因而使得俄烏戰爭造成的價格波動更形劇烈。各國政府透過各種因應手段（燃料替代、增加儲備、能源補貼等），來減緩戰爭對經濟與民生的打擊；產業亦憑藉完整的供應鏈，讓國際天然氣貿易流在短時間內出現顯著改變，吸收了俄烏戰爭對市場供給造成的衝擊。天然氣市場的短期變化，可從管道天然氣市場的萎縮與轉向、液化天然氣產業投資大增與合約期間延長等跡象一見端倪。但更長遠來看，俄烏戰爭則促成了天然氣市場的式微，化石能源的退場將會是大勢所趨。

我國是全球第七的液化天然氣進口國，能源安全受到國際天然氣市場的變化所擺弄。俄烏戰爭期間雖未遭受斷氣之苦，但仍須承擔高額的進口成本。政府為減低民眾負擔而進行價格管制，卻讓國營事業累積高額虧損，對其永續經營造成嚴重挑戰。而此時國內現存 LNG 接收站已然滿載，但政府規劃的接收站新建或擴建工程，卻屢因環境保護因素，而有所延宕，使得我國天然氣供應安全處於高度風險之下。

國內過去的能源轉型進程歷經多次政策更迭，當前以「展綠、增氣、減煤、非核」為規劃原則，但至今卻面臨再生能源執行率不足、燃氣電廠工程落後或招標不利、區域電力供應失衡等諸多挑戰，使得未來存在一定的供電風險。而從本報告模擬的最適電力配比可見，假若當前政府規劃的電力組合能將核能發電視為無碳能源，並維持一定占比，將有助於降低平均發電成本與其對物價的衝擊幅度，缺電風險與溫室氣體排放也將隨之減少。同時兼顧能源安全、淨零排放、價格可負擔的三難目標。

四、改善對策及建言

1. 能源政策典範轉移的長期效果存在的的不確定性，需透過市場機制、政府介入與行為改變，才能消弭。因此，建議應測試不同部門的能源用戶對能源供應及價格波動的容忍程度，分析不同因應策略對能源用戶偏好與行為的影響。並觀察「減碳（化石燃料需求）」與「再生能源發展（綠能科技投資）」的雙重缺口間的消長，做為規劃管制策略或經濟誘因工具時的參考。
2. 國際天然氣市場憑藉完整的供應鏈，在短時間內，補足了俄烏戰爭帶來的供需缺口。然而，我國在參與更為分極化的天然氣市場時，宜注意新賽局中買

家與賣家的互動模式，以尋求我國最大利益。

3. 為提升國家能源安全，仍應朝向降低對化石燃料依賴的方向走。一方面仿效先進國家作法，設計各種經濟誘因，以提升能源用戶的能源效率；另一方面，應增加自產或準自產的無碳能源占國家總能源供應的比重，並輔以新能源科技，才能有效降低對各類化石能源的進口依賴度。
4. 俄烏衝突對全球液化天然氣市場影響甚鉅，除了美國與歐洲國家擴大投資相關生產端與接收端設施之外，買方為求穩定供應，更傾向於簽訂中長期買賣合約。然而，近年我國中長約的進口量占比有下降趨勢。導致液化天然氣價格出現較大波動時，面臨更高的價格風險。故考量在可見的未來國內天然氣需求仍將持續增長的情況下，宜增加新約或延續舊約，以穩健液化天然氣安全程度。
5. 俄烏戰爭期間，液化天然氣價格一度飆漲至歷史高點，迫使國營事業尋求政府增資，以因應高達數千億的累積虧損。但長期來看，政府應跳出價格管制的單純思維，讓化石能源價格合理反應其內、外部成本，不但有利國營事業永續經營，保留能源轉型彈性，更有利於淨零排放目標之達成。
6. 根據本報告模擬結果，建議國家的電力配比仍應維持一定占比的核能發電。此舉不但有助於提高國內備用容量率和備轉容量率，降低缺、限電風險，並有更多空間發展再生能源，以提高整體「無碳能源」的比重。
7. 根據本報告模擬結果，當前政府規劃的電力配比，必需在火力發電成本相對高、再生能源發電成本相對低的情況下，才有機會實現。換言之，若能藉由採取「碳稅」這類政策工具，將化石燃料的外部成本內部化，將可提高能源用戶改善能源效率的意願。而隨著稅率提高，電力系統可進一步「無碳化」，讓整體無碳能源占比更為接近國發會的規劃目標。
8. 值得注意的是，碳稅的課徵雖有助於改善電力配比，但也會使得平均電價走揚，帶動消費者物價上漲，不利於整體經濟和產業發展。因此，在政策上宜將各類無碳能源均納入考量，務實並審慎地規劃最適合我國國情之電力配比。

財團法人中技社

第一章、俄烏衝突的根源與影響

周陽山

前國立金門大學教授、前中國文化大學教授兼中山研究所所長

一、導言

2014年3月16日，克里米亞自治共和國和塞凡堡舉行公投，逾九成投票者同意脫離烏克蘭、加入俄羅斯。在公投之前的3月5日，美國前國務卿季辛吉（Henry Kissinger）在《華盛頓郵報》撰文，表達他對烏克蘭問題的看法：「人們過多地將烏克蘭問題表述為一種攤牌：烏克蘭是加入東方還是西方？然而，如果烏克蘭要生存與發展，不應該成為一方反對另一方的前哨，而應該成為連結兩方的橋梁...西方必須明白，對俄羅斯來說，烏克蘭永遠不可能只是另一個國家。俄羅斯的歷史始於基輔羅斯，在數個世紀裡，烏克蘭是俄羅斯的一部分...烏克蘭不應該加入北約，而應該追求類似於芬蘭的狀態。保持高度獨立性的同時，在大部分領域與西方合作，但也要小心翼翼地避免與俄羅斯出現對抗。」¹

另一位重要的戰略思想家布里辛斯基（Zbigniew Brzezinski）在《大棋盤：全球戰略大思考》²一書中指出，「烏克蘭是一個地緣政治樞紐國家，失去烏克蘭，俄羅斯不再是個歐亞大陸帝國。沒有烏克蘭，俄羅斯雖還能力圖保住帝國地位，但是基本上將成為亞洲帝國的樣態，很可能與中亞各國捲入曠日持久的纏鬥。」

1990年2月，時任美國國務卿貝克（James Baker）曾向戈巴契夫承諾，北約絕不會在德國統一後「東移一寸」，但北約卻食言了。³過去33年來，北約已納

¹ 許多美國戰略專家認為，俄羅斯激烈地反對北約東擴的任何行動，被認為是較開明和較傾向西方的俄羅斯人爭辯說，北約東擴將會大大加強俄羅斯國內民族主義和反西方的政治力量。基於此，北約東擴應該僅限於歷史上是西方基督教世界的一部分的國家，並向俄國作出保證，它將不包括塞爾維亞、保加利亞、羅馬尼亞、莫爾多瓦（舊稱摩達維亞）、白俄羅斯和烏克蘭（只要烏克蘭繼續保持統一）。北約東擴只限於西方國家，並強調俄羅斯作為一個獨立的、東正教文明的核心國家，它應對東正教邊界內和沿邊界的秩序負責。

² 布里辛斯基著，林添貴譯，《大棋盤—全球戰略大思考》，（台北：立緒文化，2021）頁55-56。另參見：王家豪，羅金義《歐亞融合與俄羅斯復興》，（台北：秀威科技，2021）第五章。

³ 柯林頓總統在1999年決定推動北約第一次東擴，接納波蘭、匈牙利、捷克這三個天主教和新教國家。此時北約從原先的西歐16國擴張為19國。2004年北約第二次東擴，一口氣接納了愛沙尼亞、拉脫維亞、立陶宛、羅馬尼亞、保加利亞、斯洛伐克、斯洛文尼亞等七國。其中波海三國係前蘇聯的加盟共和國，愛、拉兩國主要信仰基督新教路德宗，立陶宛則篤信天主教；這三國與俄羅斯的關係一向不睦，而且國內還有不少的俄裔移民。至於後四國則係前蘇聯的衛星國，很想擺脫俄羅斯的羈絆。其中，斯洛文尼亞是天主教國家，剛自南斯拉夫分裂出來；而斯洛伐克則在1993年與捷克分手而獨立，他們都仰賴西方的經濟和軍事支持。2009年4月，北約第三次東擴，信仰伊斯蘭教的阿爾巴尼亞，以及長期與塞爾維亞（信仰東正教）對抗的克羅埃西亞（信仰天主教），一同加入北約，此時增加到28國。2017年，北

入中、東歐 15 個國家，成為獨霸全球的軍事同盟。2022 年二月，北約正式拒絕了俄羅斯要求停止其繼續東擴的訴求，其結果造成俄烏戰爭在一夕之間爆發。

為什麼在蘇聯瓦解之後，美國依然堅持要以俄羅斯為敵呢？這是為了維持霸權，必須尋找新的敵人。美國戰略思想家杭廷頓（Samuel Huntington）坦承：「尋求認同與重建種族身份的民族基本上就需要敵人，而潛在最危險的敵對關係存在於世界諸大文明斷層線的兩側。」⁴ 這條斷層線在歐洲東部，指向著俄羅斯與東正教文明，而其敵對方則是中西歐的天主教和基督新教文明。質言之，這是基督教世界的內部矛盾和文明衝突，而俄羅斯已成眾矢之的。

美國前駐蘇聯大使馬特洛克（Jack Matlock）指出，「就烏克蘭而言，美國對其國內政治的干涉很深，甚至到了似乎直接挑選總理的地步。美國支持 2014 年的政變，那場政變過程很難說符合法治或民主」。「仍在烏克蘭醞釀的暴力事件也始於親西方的西部地區，而非東部頓巴斯；頓巴斯地區的衝突，更多源自烏克蘭族對俄羅斯族的施暴」。

然而，季辛吉在俄烏戰爭爆發近一年之後的 2023 年 1 月 17 日，卻改口表示：「如今情況已發展到這樣的地步，在這種情況下要烏克蘭保持中立，已經沒有意義。」因此，他表態支持烏克蘭加入北約。的確，戰爭改變了烏克蘭，改變了美俄關係和地緣政治，也改變了歐洲和世界。但是，戰爭卻不曾改變歷史，尤其是俄羅斯與烏克蘭之間錯綜複雜的歷史。

二、俄羅斯與烏克蘭：分分合合的歷史

布里辛斯基曾說：「烏克蘭的獨立使俄羅斯喪失在黑海的優勢地位。它劇烈的限制了俄羅斯的地緣戰略選擇。失去烏克蘭及其五千二百萬斯拉夫同胞，莫斯科若企圖重建其歐亞大陸帝國，極可能就得單獨與民族意識、宗教意識均已激昂的非斯拉夫人纏鬥。任何一個新的歐亞帝國若純以俄羅斯力量為基礎，而沒有烏克蘭在內，勢必益發減少了歐洲份量，加重亞洲色彩。」⁵

東斯拉夫三族：俄羅斯、烏克蘭與白俄羅斯系出同門，都是以基輔羅斯為其源頭（882-1240）。維京人在此地建立了以東斯拉夫夫人為主體的東歐君主制，基輔成為俄羅斯的「眾城之母」，也是俄國宗教、經濟、文化的中心。由於基輔羅斯國

約第四次東擴。與塞爾維亞同文同種、同樣信仰東正教的蒙特內哥羅（亦稱黑山）加入。但這次連川普總統都質疑了。他對福斯新聞網記者談話，表達美國絕不願意根據北約的規範，為一個人口只有 65 萬人的小國打仗。但是北約東擴的趨勢卻停不下來了。2020 年，信仰東正教的北馬其頓加入北約，這是第五次東擴，北約增至 30 國，比歐盟還要多 3 國。如果北歐的芬蘭與瑞典加入，北約成員將增至 32 國。⁴ 根據杭廷頓的觀點，美國與歐洲應擴大政治、經濟和軍事整合，協調彼此之間的政策，使其他文明體無法利用美歐之間的歧見。但美國也應接受俄羅斯成為東正教的核心國家地位，成為主要的區域強權，並對其南疆的安全行使合法權力。他特別提出警告，西方干預其他文明的事務，也許是一個多元文明世界動盪不安和引發全球衝突最危險的根源。參見：杭廷頓著，黃裕美譯《文明的衝突與世界秩序的重建》，（台北：聯經出版公司，1997）；周陽山〈從「文明的衝突」到「文明的終結」〉，輯入周陽山《監察與民主》，（台北：監察院，2006）。

⁵ 布里辛斯基著，前揭書。頁 119。

力強盛，團結了東斯拉夫各民族，而原先在高加索地區黑海沿岸的拜占廷帝國勢力逐漸弱化，斯拉夫人進駐到亞速海附近，並在黑海與亞速海之間的塔曼半島（Tamar Peninsula）建立了大公國。

1169年，羅斯托夫—蘇茲達爾大公發動對基輔大公敏思特史雷夫的戰爭，攻下基輔，基輔漸趨衰敗。這象徵著俄羅斯國家分裂成烏克蘭和俄羅斯兩大族群；日後蘇茲達爾公國則發展成為莫斯科公國。⁶

1223年，成吉思汗大軍在卡爾卡河（Kalka River）打敗俄羅斯軍隊。1237年拔都西征，對俄羅斯當地人民帶來致命的打擊，許多城市因此被摧毀。1240年蒙古人攻陷基輔，自此開始了長達240年的統治。俄羅斯人被迫遠離黑海地區，由克里米亞半島上的韃靼汗國（即克里米亞汗國）取而代之。而基輔在蒙古人占領之後漸趨式微，自此失去了領導俄羅斯的地位。

相對於基輔的衰落，莫斯科卻在蒙古人的統治下，逐漸成為俄羅斯的新興勢力，並發展為重要城市。由於俄王伊凡一世施賄蒙古可汗窩闊台，得到了徵收俄羅斯地區稅金的特權。在他掌政時期，莫斯科成長快速，克里姆林宮急速擴展。在蒙古人保護下，莫斯科逐漸掌握在俄羅斯的首要地位，自此之後，克里姆林宮成為俄羅斯政治、經濟、軍事活動的中心。

1480年，俄羅斯戰勝金帳汗國阿黑麻汗，伊凡三世趕走了「韃靼之軛」（Tartar Yoke，意指蒙古統治就像是裝在牛身上的橫木一樣的嚴酷）；韃靼的戰敗被看成是莫斯科公國的一大勝利，這也是蒙古帝國衰落的里程碑。

1502年，金帳汗國終結，分裂成三個汗國，即喀山汗國（在窩瓦河上游）、克里米亞汗國（在克里米亞半島和亞述海地區）與阿斯特拉罕汗國（在里海北部及窩瓦河下游地區）。

1453年，奧圖曼土耳其帝國攻佔君士坦丁堡，取代東羅馬帝國。1475年克里米亞汗國汗王格來被鄂圖曼帝國囚禁，成為土耳其的附庸。土耳其蘇丹縱容韃靼人流竄劫掠，造成大片的領土荒無人煙，哥薩克人（Cossacks，意為自由民）自此控制此一地區，鋌而走險，劫掠商旅，成為化外之民。這些哥薩克人來自社會底層，包括農民、小市民、罪犯，以及藏身草原的不法之徒。1485年，克里米亞汗王孟格力攻陷基輔，許多烏克蘭人被俘，自此淪為農奴。⁷

1569年，波蘭與立陶宛貴族在盧布林（Lublin）談判，兩國合併為聯合王國，定名「波立聯邦（Polish-Lithuanian Commonwealth，亦譯「波立王國）」⁸，將烏克

⁶ 王承宗著《烏克蘭史》（台北：三民書局，2006），頁26-27。

⁷ 王承宗，前揭書，頁50。

⁸ Richard Butterwick, *The Polish-Lithuanian Commonwealth*, (New Haven: Yale University Press, 2020) pp11-32。

蘭劃歸由波蘭統治。大部分信仰東正教的烏克蘭人淪為社會最底層。波蘭當局在此一占領地區實施波蘭化政策，推動天主教信仰，企圖同化烏克蘭人。

1596年，基輔大主教簽署協議，承認羅馬教宗為唯一領導人，而不再是君士坦丁堡的東正教大主教。但依舊維持東正教的禮儀和規範，也就是「東儀教派（Uniate，或稱聯合教會）」，結果導致烏克蘭東、西兩地的宗教文化出現根本分歧。

1632年，華沙國會正式承認東正教合法地位，容許其擁有自己的教區；並在基輔設立神學院，對烏克蘭宗教、文化與教育事業產生了深遠的影響。基輔大主教由教士和貴族選舉產生，再送請波蘭國王批准。

1648年，哥薩克人因長期受到波蘭貴族與地主的欺凌，在赫梅尼茲基（Bohdan Khmelnytsky）的領導下發動大規模起義，佔領了札布羅結（Zaporizhzhya，亦譯札布羅熱）、基輔等地，並包圍了利沃夫（Lviv）。波蘭政府被迫讓步，恢復哥薩克人的傳統文化，授權赫特曼（Hetman，係哥薩克軍隊的領導者）而非波蘭官員治理地方的權力，另外，哥薩克人還可以自由通航黑海。1649年1月，在基輔大主教的支持下，赫梅尼茲基被賦與「全體羅斯人民（包括烏克蘭及白俄羅斯）統治者」的使命。但是他企圖團結鄰近各國，構建反波蘭同盟的努力卻宣告失敗。

1654年1月，赫梅尼茲基召開哥薩克領袖會議，共商決定以莫斯科沙皇為烏克蘭君主，宣誓對沙皇效忠，正式成為莫斯科的附庸國。⁹沙皇則保證哥薩克法庭的獨立性，以及哥薩克人的土地權。¹⁰

三、烏克蘭的分裂與獨立

從1654年起，長達三百多年的時間裡，烏克蘭成為俄羅斯的一部分。但其中有一些時段則處於實質獨立或分裂的狀態。其中最重要的經驗之一，是1917年「二月革命」之後，由基輔「中央拉達（Central Rada，即議會，其成員約800人，以政治與文化界人士為主）」所組建的自治政府。在1917年7月間，它被彼得格勒的臨時政府承認為「烏克蘭的地方政府」。¹¹

「拉達」選舉赫魯舍夫斯基（Mykhailo Hrushevsky）擔任主席，即實際上的國家元首。「十月革命」爆發後，「中央拉達」進而宣佈成立「烏克蘭人民共和國」，與俄羅斯維持聯邦關係。由於烏克蘭士兵主要由農民組成，渴望儘早結束戰爭，「中央拉達」提出了「土地」與「和平」這兩項訴求，並承諾會將貴族的土地重新分配給農民，於是，烏克蘭士兵宣誓向「拉達」效忠。

⁹ 1654年哥薩克在佩列亞斯拉夫城（Pereiaslav）與莫斯科沙皇簽訂通過《佩列亞斯拉夫協定》，兩國結盟共抗波蘭的入侵，烏克蘭加入莫斯科公國，並效忠俄羅斯沙皇，此後300多年烏克蘭文化逐漸和俄羅斯統一。

¹⁰ 金亞娜編著《東正教密碼》，（北京：商務印書館，2021）頁89-95。

¹¹ 浦洛基（Serhii Plokyh）著，曾毅、蔡耀緯譯《烏克蘭》，（台北：聯經出版，2022），第18章。

但是「中央拉達」並未真正建立起一套可以運作的國家機器，也沒能利用向政府宣誓效忠的數十萬官兵創建一支可靠的武裝力量。其結果是，到了 1917 年秋天，拉達的支持率大幅度下滑，不到人口的四分之一。於是，權力逐漸轉移到「十月革命」成功後由布爾什維克控制的「蘇維埃（Soviet，由工農兵組成的代表會議）」手中。

1917 年 12 月 24 日，布爾什維克在烏克蘭東部哈爾科夫召開「蘇維埃」大會，宣佈成立「烏克蘭蘇維埃人民共和國」，與「烏克蘭人民共和國」分庭抗禮。隨後蘇維埃軍隊從俄羅斯進入烏克蘭，奪取諸多工業要地，而另一方的「中央拉達」卻失去了對工業城鎮的控制。1918 年 1 月 25 日，「中央拉達」宣佈「烏克蘭人民共和國」將「成為一個屬於人民的，獨立的，自由的主權國家，不臣服於任何人」。「拉達」主席赫魯舍夫斯基宣佈，將以獨立國家的身分和德國、奧地利簽署和約，以保護烏克蘭不受布爾什維克的入侵。

隨後「拉達」發佈動員令，募集志願軍。1918 年 1 月 29 日，在北部離基輔約 130 公里的切爾尼戈夫地區克魯季（Kruty）車站發動戰爭。但也因此役的緣故使得「蘇維埃」政權進攻基輔的時間推遲了 4 日，同時也為之後簽訂的「布列斯特—立陶夫斯克條約（Treaty of Brest—Litovsk）」¹² 爭取到寶貴的時間。但是由於德奧在一次大戰中戰敗，尋求奧援的「烏克蘭人民共和國」亦因之宣告終結。而其中主要原因，則在於民族認同、國族意識與宗教派系上的分歧。

引發第一次世界大戰的導火線，是 1914 年 6 月 28 日奧匈帝國王儲費迪南大公（Archduke Franz Ferdinand）在巡視波士尼亞首都塞拉耶佛時遭到塞爾維亞族青年普林西普（Gavrilo Princip）暗殺而身亡。早在 1908 年奧地利即已兼併了波士尼亞，進一步圖謀兼併塞爾維亞，造成此一地區的塞爾維亞人民強烈不滿。

¹² 1917 年 11 月 7 日，俄國十月革命勝利之後，原來的俄國屬於協約國一方，為了退出戰爭，新成立不久的蘇維埃政權與同盟國的德國進行和平談判。12 月 3 日，談判開始，德國提出了把波蘭、立陶宛、愛沙尼亞的局部和拉脫維亞、白俄羅斯的全部割讓給德國，並賠款 30 億盧布的苛刻條件，這引起了布爾什維克黨內嚴重的分歧。列寧主張接受德國的條件，為新生政權爭得喘息機會；以布哈林為代表的左派反對簽訂和約，主張對帝國主義繼續進行大戰；至於托洛茨基則主張停戰但不與德國簽約。列寧的主張因處於少數而未能被通過。1 月 30 日，布列斯特談判恢復，作為外交人民委員與談判代表團團長，托洛茨基與列寧約定，如果德國下最後通牒就讓步簽約。結果德國果然向蘇俄下了最後通牒。但托洛茨基卻沒有接受列寧的建議，而是發表了拒絕簽約的聲明，率團離開布列斯特。緊接著，德軍和奧軍發動對俄羅斯的進攻。2 月 18 日，蘇共中央委員會召開了緊急會議，托洛茨基轉向支持列寧，蘇共政府連夜通知德國，同意簽約。但是，德國在得到通知後並沒有停止進攻，並於 2 月 23 日提出了更為苛刻的條件。2 月 24 日，蘇共重新派出代表團與德國進行談判。3 月 3 日，在今波蘭境內的布列斯特簽定條約，俄國徹底退出一次大戰。條約的主要內容如下：（1）蘇俄終止與德國、奧匈帝國、保加利亞和鄂圖曼土耳其帝國的戰爭狀態；（2）蘇俄軍隊全面復員，海軍軍艦駛回海港並解除武裝；（3）蘇俄承認芬蘭王國、烏克蘭人民共和國、白俄羅斯人民共和國之獨立，並有義務同烏克蘭人民共和國締結和約；（4）蘇俄將愛沙尼亞、拉脫維亞、立陶宛、俄屬波蘭等地割與德意志帝國與奧匈帝國；1918 年 11 月 9 日德意志帝國崩潰，11 月 11 日德國宣布停戰，與協約國簽訂停戰協定，德國放棄了《布列斯特-立陶夫斯克條約》，11 月 13 日蘇俄通過決議廢除此條約，使得該條約實際上成了一紙具文。

暗殺的槍手普林西普是波士尼亞境內「青年波士尼亞」組織的成員，其目標是尋求俄羅斯的支持，將波士尼亞從奧匈帝國掙脫出來，成立以塞爾維亞為首、統一南斯拉夫各民族的新國家。因此，他們堅拒奧匈帝國的擴張行動，企圖藉由暗殺行動制裁奧地利王室，但結果卻牽動了大國之間的利益衝突，掀起了民族文明體與大國地緣政治的劇變。

6月28日的暗殺事件立即引起各國強烈反應。首先，奧匈帝國對塞爾維亞王國發出了最後通牒，要求塞國採取行動懲罰肇事者。一個月後，逕自對塞國宣戰。在奧匈帝國皇帝約瑟夫二世決定出兵進攻塞爾維亞後，同文同種的德意志帝國決定出兵支援，形成「大日爾曼主義（Pan-Germanism）」聯盟。

而在另一邊，俄羅斯帝國也以同為斯拉夫民族為由，宣佈出兵援助塞爾維亞。戰爭一觸即發！成為「大日爾曼主義」與「大斯拉夫主義（Pan-Slavonicism）」兩大陣營和民族文明體對峙衝突的局面。¹³ 在數週之內，歐洲列強紛紛加入不同陣營，經過了三年的戰爭，在東線戰場方面，俄羅斯逐漸退卻；而掌握新政權的蘇共最後被迫簽署「布列斯特—立陶夫斯克」條約，自此退出了第一次世界大戰。

但同為斯拉夫民族的烏克蘭卻不願接納「大斯拉夫主義」，反而轉向依賴「大日爾曼主義」陣營的支持，尋求德奧的協助以期獨立建國，但最終卻因德奧陣營敗於美英霸權之手，而功虧一簣。

在德奧與俄羅斯開戰之後，英國加入對德奧宣戰的行列。而與英國同文同種，均屬「盎格魯—薩克遜（Anglo-Saxon）」民族的美國，也在1917年加入英國的行列，對德宣戰。英美聯手合作，很快就壓垮了德國。¹⁴ 連帶造成烏克蘭獨立之夢成為泡影。這是烏克蘭尋求獨立的最大困境。一方面，為了反抗俄羅斯，必須仰賴德奧的支持；另一方面，為了尋求自主，又必須釐清與西鄰波蘭之間的複雜關係。其結果卻是東西兩邊樹敵，形成嚴重的民族嫌隙，甚至爆發流血戰爭。這正是季辛吉、布里辛斯基與杭廷頓等戰略大家，不斷對烏克蘭處境提出警告的緣由。

¹³ 斯拉夫人（Slavs）是東歐地區的主要民族，又可細分為東斯拉夫（俄羅斯、烏克蘭、白俄羅斯）、西斯拉夫（波蘭、捷克、斯洛伐尼亞及索布）及南斯拉夫（塞爾維亞、克羅埃西亞、斯洛文尼亞、馬其頓、蒙特內哥羅及保加利亞）等三支。而日耳曼人則是居住在中歐、西歐和北歐的民族。俄羅斯帝國認為其他的斯拉夫人國家，如波蘭、捷克等國家皆應該由俄羅斯所領導，俄羅斯帝國在19世紀奉行擴張主義，大幅拓展帝國疆域。至於另一方面的日耳曼民族卻是長期分裂，包括普魯士、巴伐利亞、奧地利等各邦一直各自為政。等到普魯士在1871年建立德意志帝國之後，才出現統一的日耳曼民族。至於奧地利則和匈牙利王國合併，組成奧匈帝國，其正式國名則係「奧地利帝國與匈牙利王國」。因之，日耳曼民族構建了兩個帝國，即德意志帝國和奧匈帝國。簡言之，大斯拉夫主義是以俄羅斯為主體，他們信奉東正教，在巴爾幹半島的塞爾維亞、馬其頓、保加利亞等國和烏克蘭東部都得到支持，但在信仰天主教的波蘭、捷克斯洛伐克、斯洛文尼亞、克羅埃西亞和烏克蘭西部卻反之。至於大日耳曼主義則追求民族統一，直到希特勒時代才短暫的實現。二次大戰後，德國與奧地利被迫再度分裂，東德與西德也處於分裂狀態，一直到1990年以後才復歸統一。至於斯拉夫各民族之間，在冷戰結束後進一步分化，而且日漸分歧，迄今並未能成功整合。

¹⁴ 一次大戰造成德意志、奧匈、俄羅斯與鄂圖曼土耳其四大帝國解體，但最後卻是英美為代表的盎格魯—薩克遜民族獲利最大，形成美英百年霸權，目前的「五眼聯盟」（美、英、加、澳、紐）仍持續掌握著優勢的地位。

四、民族主義與烏東問題

1991年8月，美國總統布希造訪處於劇變中的蘇聯，並在離開莫斯科後，來到烏克蘭首府基輔，向國會發表演說。布希面對著當地議員要求獨立的告示牌，清楚地告誡烏克蘭人民：「要拒斥自殺性的民族主義」¹⁵的半個多月後，蘇聯爆發政變，蘇共保守派領袖將總統戈巴契夫（Mikhail Gorbachev）綁架在黑海別墅內，經過四天軟禁後，戈巴契夫大權旁落，而出面營救他的俄羅斯總統葉爾欽（Boris Yeltsin）趁勢崛起，而蘇聯共產黨卻面臨解組，蘇聯體制走向分崩離析的終局。

儘管葉爾欽曾經警告烏克蘭必須處理好烏東地區、克里米亞半島與黑海艦隊等權屬問題，但在過去30多年裡，這些問題始終未得善解。其中，克里米亞半島的主要人口是俄羅斯人，長久以來素為俄羅斯的領土。1954年，赫魯雪夫（Nikita Khrushchev）執政時，為了紀念俄烏結盟300年，將原先隸屬俄羅斯的克里米亞自治共和國劃歸烏克蘭。但在1991年後，克里米亞半島人民要求回歸俄羅斯，卻始終未得到烏克蘭當局的重視。一直到2014年廣場革命¹⁶發生後，以俄羅斯人為主的克里米亞半島舉行公投，迅速宣佈脫離烏克蘭，並加入俄羅斯聯邦；但此時歐盟各國卻措手不及，基輔當局也無力挽回。

至於烏東地區的民族、文化與語言問題，也是複雜而難解。由於俄語人口眾多，在2014年烏克蘭政府採取「禁止俄語」政策後，民眾反彈十分激烈，甚至走上決絕的分裂之路。其中，以俄語人口為主的頓內次克和盧甘斯克兩州相繼舉辦公投、宣佈獨立，並組成「新俄羅斯邦聯」，與烏克蘭政府軍開戰，但並無任何國家承認這兩州的獨立。2022年俄烏戰爭爆發後，9月20日，頓內次克與盧甘斯克當局，以及俄羅斯佔領的赫爾松州與札波羅結州的行政當局，宣佈在9月23日至27日就加入俄羅斯聯邦進行全投。9月30日，普京與四州的親俄領導人簽署了入盟條約。10月3日，俄羅斯國家杜馬一致投票決定正式將四州併入。這四州的領土總面積超過9萬平方公里，約占烏克蘭總領土面積（60萬3700平方公里）的15%。

依據1991年獨立後的統計資料，烏克蘭的全國人口為5,200萬人；其中烏克蘭人占72%，俄羅斯人占22%。若論烏語與俄語人口對比，則大約是六：四。另外，在第二次世界大戰之後，俄羅斯人與烏克蘭人通婚後產生的下一代，約占總人口三成左右。由於烏克蘭獨立後的經濟改革並不順利，政治不上軌道，導致人口大量外移，至2020年為止銳減為4,100萬人。再到了俄烏戰爭發生一年之

¹⁵ 這是由老布希的外交顧問，後來擔任小布希總統國務卿的賴斯（Condoleezza Rice）所撰寫的演講稿。布希總統對烏克蘭的警告在美國掀起軒然大波，許多人認為他軟弱，而且錯判形勢。紐約時報專欄作家沙菲爾（William Safire, 1929-2009）曾嘲諷是「基輔雞演說」（Chicken Kiev speech）。

¹⁶ 又稱尊嚴革命，發生於2014年2月份，其結果導致親俄的總統亞努科維奇下台。

後，又因逃難、人口流失等因素，再次減為約 3,000 萬人。由於逃離者當中女性與小孩高達八成以上，實已構成人口危機。

至於由俄羅斯兼併的烏東地區，以及克里米亞共和國，其人口與國土面積則分別是：

- 1、盧甘斯克州 (Luhansk)，土地面積 26,684 平方公里，2001 年人口 254 萬人；2012 減至 227 萬人。其中烏克蘭人 58%，俄羅斯人 40%；俄語人口 68%，烏語人口 30%。
- 2、頓內次克州 (Donetsk)，土地面積 26,517 平方公里，2013 年人口 443 萬人；其中，烏克蘭人 56%，俄羅斯人 38%。俄語人口 70%，烏語人口 30%。
- 3、札布羅結州 (Zaporizhzhia)，土地面積 27,182 平方公里，2001 年人口 192 萬人；2022 年減至 163 萬人。其中烏克蘭人 56%，俄羅斯人 38%。其中，札布羅結市 2001 年的人口是 81 萬人，其中，烏克蘭人 70%，俄羅斯人 25%。俄語人口 56%，烏語人口 41%。
- 4、赫爾松州 (Kherson)，土地面積 28,461 平方公里，2012 年人口 108 萬人，2021 年減為 101 萬人。其中烏語人口 82%，俄語人口 14%。
- 5、克里米亞半島 (Crimea)，土地面積 27,000 平方公里，2021 年人口 241 萬人；其中，克里米亞共和國 190 萬人，塞凡堡 (Sevastopol) 市 51 萬人。人口組成為烏克蘭人 15%，俄羅斯人 68%，韃靼人 12%。俄語人口 82%，烏語人口 2%，韃靼語人口 10%。

由上述數據看出，除赫爾松州之外，其他四地都是俄語人口遠大於烏語人口。儘管語言使用與國族認同不一定相符，但如何妥善處理語言政策與文化族群等基本認同問題，卻是今後解決俄烏衝突的一大關卡。

著名的俄羅斯研究專家，美國紐約大學教授柯恩 (Stephen F. Cohen) 認為，冷戰後西方對俄烏的外交政策，走上了一條錯誤的道路¹⁷，美國應該尊重俄羅斯的區域大國地位，無止境的推動北約東擴逼近俄羅斯的邊境，結果導致地緣政治的動盪。對於 2014 年的烏克蘭廣場革命，引發俄羅斯出兵佔領克里米亞，這無疑是由西方逼出來的俄羅斯自衛行動。

換言之，美國與歐洲忽視兩國間的歷史、民族與文化背景，屢屢出現的外交失策與戰略誤判，可能是烏克蘭危機與俄烏衝突的起因所在。

五、半總統制與寡頭政治

烏克蘭在憲政體制上採取折衷式的「半總統制 (Semi-presidentialism)」，由擔任國家元首的總統和主掌行政體系的總理各司其權、各據其位，各擁人馬、各

¹⁷ 參見《亞洲週刊》2020 年第 42 期的報導 (頁 18-19)。

行其是。其結果不但造成兩個職位之間的關係長期緊張，人事更迭尤為迅速。獨立後 32 年來，烏克蘭已產生了 6 位總統和 15 位總理（若再加上代總理，共達 20 位之多）。其中只有第二任總統庫其馬曾連任一次；而總理平均任期只有一年半左右，人去政息，政局變幻莫測，這也是烏克蘭政局擾攘不安的主因之一。

另一重要原因，則是寡頭政治的高度腐化。烏克蘭的寡頭權貴在 1990 年代民主轉型和私有化改革過程中，透過對國有企業和國家資產的低價併購，快速崛起。據統計，2008 年烏克蘭最富有的 50 位寡頭的財富總和，約等同國內生產毛額（Gross Domestic Product, GDP）85%。到了 2013 年，此一比例雖有所下降，但仍高達 45%。根據《富比士》雜誌報導，2021 年烏克蘭的 GDP 總值是 1,810 億美元，而當年烏克蘭最富有的 100 位商人一共持有 445 億美元的資產，約占 GDP 的四分之一。

寡頭權貴不但控制了經濟和媒體，也掌握政黨政治的實際運作。他們不但組織了由個人操控的政黨，並且親自擔任公職；他們擁自己的高級文官、法官與檢察官人脈，供其差遣。真可說是將朋黨之治（Cronyism）和裙帶關係（Nepotism）發揮到了極致，也將金權政治（Plutocracy）運用到足以「竊國」程度。

現任總統澤倫斯基（Volodymyr Zelenskyy）的背後金主，就是著名的億萬富翁科洛莫伊斯基（Ihor Kolomoyskyi），他擁有烏克蘭、以色列和賽普勒斯三國國籍，是知名銀行 PrivatBank 創辦人；同時擁有石油公司 Ukranafta 與 Ukrtatnafta 的股權；以及 1+1 Media Group 的 70% 股份，該集團的電視頻道播放喜劇「人民公僕」，當時喜劇演員澤倫斯基正是該劇的主角，扮演總統角色。由於澤倫斯基的表演廣受觀眾好評，乃組織「人民公僕黨」趁勢參選，並在 2019 年大選中獲得大勝，以 72%（第二輪）的絕對多數擊敗原任總統波羅申科（Petro Oleksijovič Porošenko），當選烏克蘭第六任總統。該黨雖然啼聲初試，卻在國會 450 議員席次中掌握過半數 254 席，成為烏克蘭歷史上第一個在國會中獲得絕對多數支持的政黨。

將時間回溯到 2014 年，親俄的烏克蘭總統亞努科維奇（Viktor Yanukovych）下臺，代總統圖奇諾夫（Oleksandr Turchynov）任命科洛莫伊斯基擔任第聶伯羅彼得羅夫斯克州州長。由於此時烏東親俄勢力發動內戰，盧甘斯克與頓內茨克兩州尋求獨立，他決定出資 1000 萬美元創建反俄民兵「第聶伯營」，同時也積極支持極右翼的民族主義「亞速營（Azov Regiment）」。但在 2022 年 5 月馬立烏波爾（亦譯馬立波）的戰爭中，亞速營宣告潰敗。

2016 年科洛莫伊斯基被控侵佔 45 億美元，導致 PrivatBank 收歸國有，時任總統波羅申科解除了他的州長一職。2020 年，美國政府基於銀行詐欺案起訴了科洛莫伊斯基，並禁止其入境美國。2022 年，澤倫斯基配合美國，就石油公司的逃稅及挪用資金等罪名，對科洛莫伊斯基展開調查，再於 2023 年 9 月指控他涉嫌「詐欺」和將「犯罪財產合法化」，採取「預防性措施」進行逮捕與拘留，並將其保釋

金定為 5.09 億格里夫納（約合美金 1,400 萬元）。對此，澤倫斯基表示，「掠奪烏克蘭並將自己置於法律之上的人，不能再像過去一樣為所欲為...法律必須發揮作用」。這是澤倫斯基在西方壓力之下的自清行動，藉以換取美國與歐盟的持續軍援和支持。

前任總統波羅申科也是一位知名的商業寡頭和政治權貴，他是「如勝糖果集團（Roshen Confectionery Corporation）」創辦人，故被稱為「巧克力大王」。他曾在 2005 年出任國家安全與國防委員會秘書；後來又在內閣擔任外交部長；並在 2012 年出任貿易與經濟發展部長。2014 年五月，波羅申科參加總統選舉，以 54% 的選票當選。五個月後的國會選舉中，他所領導的政黨「波羅申科聯盟」以 21% 的得票率贏得 63 個議席。另外，該黨也在單席次選區的候選人中獲勝，議席總共達到 132 個，成為國會第一大黨。2019 年波羅申科在尋求連任時卻栽了跟斗，敗給澤倫斯基。在波羅申科卸任總統後，他將自己領導的政黨改名為「歐洲團結黨」，親自出任國會議員，目前該黨在國會中擁有 25 席。

2021 年 12 月，波羅申科被控叛國、支持恐怖組織和資助恐怖活動，這是由於他和另一位親俄的寡頭梅德夫丘克（Viktor Medvedchuk，已被遣送俄羅斯）安排購買烏克蘭分離份子控制地區的煤礦；若罪名成立，可能被判刑 15 年。波羅申科否認此一指控，指責此為澤倫斯基整肅對手的政治伎倆，並決定留在烏克蘭境內，以表達與烏克蘭同生共死的決心。

由於烏克蘭的貪腐現象嚴重，引起美國方面的高度重視，並展開司法調查與懲治行動，前總理拉札連科（Pablo Lazarenko）就是其中著名案例。他在 1995 年被總統庫奇馬（Leonid Kuchma）任命為能源部長，掌握油氣供應，第二年升任總理。在他掌政期間透過自由化與市場化手段，倒賣國家資源，抽取高達 50% 的傭金，並將數額巨大的國有資產轉移到國外，流入他個人在海外的帳戶。此外，他還提攜以「天然氣公主」聞名於世的季莫申科（Yulia Tymoshenko，後來也曾出任總理），兩人沆瀣一氣，成為權錢交易的代表人物。爾後，烏克蘭檢察機關以濫用職權、非法開設海外銀行帳戶和貪汙等罪名對他提起公訴。1998 年底，拉札連科在瑞士被捕，判處有期徒刑 18 個月。第二年他逃到美國，企圖尋求政治庇護。美國政府則應烏克蘭政府要求將其逮捕。

2004 年「透明國際」組織在全球腐敗報告書中，將拉札連科列為全球最腐敗的領導人之一（排行第 8），貪汙高達兩億美元。2000 年 6 月，美國政府以洗錢、勒索、詐欺等罪名對他提起公訴。2006 年 8 月 25 日，加州舊金山聯邦地區法院判處他 9 年監禁，並處以 1,000 萬美元罰金。2009 年 11 月 19 日，法院將他的刑期縮減為 97 個月。他成為繼巴拿馬前總統諾列加之後，另一位在美國執身囹圄的外國政府領袖。在拉札連科服刑期間，烏克蘭政府曾多次要求將其引渡，但均被美國以缺乏引渡條例為由拒絕。烏克蘭檢方指控他牽涉的刑事案件多達 50 件

以上。而今，出獄後的拉札連科既非美國公民、也不具居留權，卻靠著堆積如山的贓款僱請能力超強的美國律師，避免被驅逐出境、回烏克蘭受審。

拉札連科是烏國貪腐政治的具體縮影，也是在俄烏戰爭中對烏同情的西方支持者始終難以釋懷的道德困境。為回應西歐與歐盟的清廉反腐訴求，澤倫斯基只有不斷加大對寡頭、權貴與高官的肅清行動，以期加快申請進入歐盟的時程。

六、班德拉運動與納粹遺緒

2022年2月24日，俄羅斯對烏克蘭發動全面入侵，其目標是使烏克蘭「去納粹化」和「非軍事化」。許多人質疑「納粹化」是子虛烏有。這邊就必須正視自2013年底出現，充滿民族主義的「班德拉運動」。

班德拉（Stepan Bandera，1909～1959）是西烏克蘭民族主義運動和「烏克蘭民族主義者組織（Organization of Ukrainian Nationalists）」領導人，該組織曾積極與納粹合作，由德國提供經費支持該組織在蘇聯進行破壞活動。1932至1933年他擔任該組織加利西亞地區的副指揮官，到了1933年6月，成為了該組織首腦。1941年6月30日，納粹佔領烏克蘭後，班德拉在《烏克蘭國獨立宣言》中指出：「將與納粹德國緊密合作，在希特勒的領導下共同建立歐洲和世界新秩序」。而在其後的「班德拉運動」中，烏克蘭西部的波蘭人至少有13萬人被清洗殺戮。¹⁸

1959年10月15日，班德拉在西德慕尼黑被俄羅斯特工暗殺身亡。2010年1月22日，烏克蘭總統尤申科（Viktor Yushchenko）授予班德拉「烏克蘭英雄」諡號。2011年親俄的亞努科維奇擔任總統後，立即宣佈撤銷班德拉的英雄頭銜。但隨著2013年底開始的反亞努科維奇政府示威，到隔年親歐盟的廣場革命迅速展開，班德拉頭像不斷湧現在反政府的人群團體中，隨著亞努科維奇倒臺、波羅申科政府上臺而越演越烈。舉例來說，2018年12月14日，利沃夫會決議將2019年定為「班德拉年」，引起以色列駐烏克蘭大使黎翁抗議。2019年3月，「烏克蘭民族主義者組織」參戰者被正式賦與退伍單人地位，開始享有榮民福利，以及免費的公共交通、醫療、年金及公用事業優惠等特殊待遇。

而在2023年1月1日，烏克蘭最高議會紀念班德拉114歲誕辰，在推特上發佈了一張烏克蘭軍隊總司令札魯茲尼將軍在班德拉畫像下的照片，並引述了班德拉的話：「當一個國家在麵包和自由之間做選擇時，她選擇了麵包，最終會失去一切，包括麵包。如果一個國家選擇了自由，那麼她將擁有自己創造的麵包，沒有人可以奪走。當俄羅斯帝國不復存在時，烏克蘭民族主義的完全和最終勝利就會出現」。烏克蘭國會的社交媒體進而補充道：「目前的鬥爭是針對俄羅斯帝國的，班德拉的指導對武裝部隊總司令來說是很正常的」。

¹⁸ 根據史奈德（Timothy Snyder）的說法，有15萬波蘭人死亡。參見：史奈德著，陳榮彬，劉維人譯，《血色大地》，（台北：衛城出版，2022），頁514。

對此，波蘭總理莫拉維茨奇（Mateusz Jakub Morawiecki）表示，波蘭對於任何美化班德拉的行為抱持極端批判的態度，他強調說：「這裡不可能有絲毫的讓步，否認那場可怕的種族滅是可想像的事情。對於不想全面賠償、全面認罪的人，我們絕不寬容。」¹⁹

這段歷史的糾結，指的是二戰期間住在當年波蘭東部，也就是現在烏克蘭西部的波蘭人。這裡是波蘭人的故土，稱之「邊區（Kresy）」。但在二次大戰結束後卻被英、美、蘇三大國協商，讓渡給蘇聯；成為蘇聯治下的烏克蘭、白俄羅斯和立陶宛三個加盟共和國領土，最終導致 47% 的波蘭國土割讓。這是波蘭人的歷史創傷，也是多年來波蘭人與烏克蘭人心結難解的根源。

1945 年 2 月 6 日，在美、英、蘇元首的雅爾達會議第三次會議上，邱吉爾提出棘手的「波蘭問題」，由於美英兩國領導人都不願支持當時親蘇的「盧布林政府」，並主張由一個代表更廣泛民意的臨時政府取而代之。於是，在第二天舉行的第四次會議上，史達林拿出了具體的解決方案：

- 1、承認在 1920 年一戰結束後，由英國外相寇松提出，解決波蘭領土問題的「寇松線（Curzon Line）」方案，將波蘭東部面積達 20.1 萬平方公里的領土全部劃歸蘇聯，當時在這片土地上住了 440 萬波蘭人。
- 2、作為對波蘭的補償，將它的國界西移 200 公里，到達奧得河-尼斯河一線，取得原屬德國東部領土。在一去一來之間，戰後波蘭的國土縮減為 31.2 萬平方公里。
- 3、擴大「盧布林政府」陣容，把流亡國外的波蘭民主領袖納進來。

這是二戰結束後，波蘭人深沈的悲痛與無奈。在三大國主導下，波蘭國土西移，東部家園盡毀，民族被迫流散。據英國歷史學家羅威（Keith Lowe）的記載，當時有 78 萬波蘭人自烏克蘭迫遷，23 萬人從白俄羅斯離鄉背井，還有近 17 萬人被立陶宛趕出來，總數約 120 萬波蘭人自此顛沛流離、迫遷到西部新家。

不幸的是，在民族遷移的過程中，許多波蘭人被烏克蘭納粹組織，由班德拉領導的「烏克蘭起義軍」殺害。據《二次大戰後的野蠻歐陸》（2020）一書所述：「他們眼睛被挖、舌頭被拔…被綁在樹上等待死亡」。1947 年 3 月 28 日，由於波蘭國防部副部長斯維爾切夫斯基被「烏克蘭起義軍」刺殺，波方展開反制行動，將境內的烏克蘭裔徹底根除，遣返了原先住在波蘭西里西亞的烏克蘭裔，總數逾 48 萬人。到了 1947 年底，在波蘭境內幾乎沒留下任何少數族群。這意味著「波蘭人的波蘭」，終成事實。

¹⁹ 根據波蘭國家通訊社 2022 年 8 月 16 日報導，波蘭文化和國家遺產部副部長賽林（Jaroslaw Sellin）呼籲烏克蘭政府，必須承認烏國在二戰期間所犯下的種族屠殺罪行，導致十多萬多名波蘭人死於非命。一位波蘭外交官說：「烏克蘭人必須承認這一點，因為這是事實，一項經政治決策所實施的種族清洗，消滅了幾個世紀以來生活在那裡的整批少數民族波蘭人。」

然而，許多人對這段悲慘黯淡的歷史卻缺乏認識。例如：2023 年 9 月 24 日，澤倫斯基訪問加拿大期間，加拿大下議院議長羅塔（Anthony Rota）在國會表揚一名烏克蘭裔的 98 歲加拿大老兵洪卡（Yaroslav Hunka）的英勇事蹟，羅塔說：「洪卡是烏克蘭英雄、加拿大英雄，我們感謝他所做的一切貢獻」。

隨後，猶太人權組織「西蒙維森塔爾之友中心（Friends of Simon Wiesenthal Center）」旋即揭露洪卡其實是二戰時期的納粹份子，曾服役於納粹德國親衛隊第 14 武裝擲彈兵師，這是一支由納粹指揮、烏克蘭人組成的志願部隊，被指控曾殺害波蘭和猶太平民。面對猶太組織的指控，最終羅塔不堪壓力，只能道歉並辭職。顯示在許多政治人物眼裡，只要「反俄羅斯」就是政治正確，卻對歷史真相欠缺全面了解。

七、結語：俄烏衝突的可能發展

截至 2023 年 10 月底為止，俄烏雙方的傷亡人數已超過 50 萬人，其中烏克蘭人約居其半。自 2023 年 6 月以來，烏克蘭的反攻行動並未成功，卻已損失 500 多輛坦克和七萬多烏軍，至於外逃的難民，自戰爭以來的一年半期間已接近一千萬人。

但因為烏克蘭貪腐十分嚴重，許多男性透過賄賂手段，以躲避徵兵（平均每人 6 千元至 1 萬美元）。面對嚴峻的腐化問題，澤倫斯基解除了原先由地方政府負責的徵兵辦公室，改為由軍方直接領導。此外，2023 年 9 月 3 日，身陷貪瀆爭議的國防部長列茲尼科夫及其六位副手也被革去職務，改由克里米亞韃靼裔的烏梅羅夫繼任，藉此凸顯反腐之決心，以爭取西方各國的持續支持。

由於兵源嚴重不足，犧牲慘烈，烏軍的徵兵對象擴大為 18 至 60 歲的所有公民，而且不分男女。至於俄軍的徵兵，據悉將增加 40 萬人，除了動用雇傭兵之外，也將擴大至俄羅斯境內的中亞族群。這反映出戰爭的犧牲的確十分嚴重。

歷經一年半的戰爭後，俄烏兩國均已精疲力竭，而且耗費鉅大。據德國智庫基爾世界經濟研究所的分析，烏克蘭接受的各類型援助已超過 2,000 億歐元，其中三分之二來自歐盟，三分之一源於美國。但是歐美雙方都已顯露疲憊，甚至表達厭戰情緒，拒絕繼續馳援。

波蘭總統杜達於 9 月 19 日在紐約參加聯合國大會期間對波蘭記者表示，波蘭有權自保，「烏克蘭的行為就像溺水者，拚命的抓住任何一樣東西」，「有可能將那些試圖幫助的人拖下水。我們有權採取措施，有力而果斷的保護我們的利益，因為我們不能承擔被拖下水的風險。」緊接著，波蘭總理莫拉維茨基宣布將不再對烏軍供應武器，但會「執行先前商定的彈藥和軍備交付」。另外，許多美國共和黨議員也表態反對繼續援烏，迫使 2024 的美國聯邦預算中不再列入援助經費，而總統候選人川普也反對援烏。今後美國政府能否持續大規模的施以援手，待成疑問。

目前烏東戰場上烽煙四起，死傷枕藉，國土淪喪，民生凋敝。無論是侵略方俄羅斯、或反攻方烏克蘭及北約成員國，迄今沒有任何一個是真正的贏家。根據聯合國的人權監督團的統計，從 2023 年 2 月至 7 月期間，烏克蘭境內平均每天有 6 人死亡，20 人受傷。俄羅斯的入侵已導致數以百萬計的烏克蘭平民陷入貧困線以下，生活極其窘迫。

關於俄烏衝突今後的發展，依據 2023 年秋季的戰況，不外下列三種可能：

其一，戰爭持續進行至 2024 年春，由於美國總統選舉將至，拜登擔心選情不利而不得不宣佈停戰。由美國、歐盟出面調停，俄烏雙方展開和談。依據屆時的交戰狀況決定兩國的國土疆界如何劃分、公民身分如何界定，以及戰後秩序如何維持，並擬定在國際監督之下的和平協議，逐步推動。

其二，俄羅斯主動宣佈停戰，保留烏東四州和克里米亞，歸由俄羅斯聯邦管控。但烏克蘭方面拒不承認，但也無力改變事實。此即「不言而喻的妥協 (unspoken compromise)」。

其三，戰爭繼續進行，變成持久戰，而且規模還會進一步擴大，變成北約與俄羅斯、白俄羅斯直接交戰，戰場將延伸到波蘭、立陶宛、加里寧格勒等地，甚至有可能爆發核戰。這也就是擴大成為「第三次世界大戰」。

在上述三者之中，以第一、二種可能性較高；但若持續惡化下去，北約決定擴大戰場，全面對抗俄羅斯，進而出現上述第三種情境，那可是全人類的災難了。

綜上所述，烏克蘭危機與俄烏衝突的起因，可能是美國與歐洲的外交失策與戰略誤判。其根源在於兩國間的歷史背景極其複雜，而且千頭萬緒、彼此糾結，不易梳理。但若硬要將其簡化成「黑與白」、「民主與威權」、「正義與邪惡」的鬥爭，那就失去真相了。俄烏衝突若真要尋求善解，並建立起和平秩序，下列的策略與作法是必要的：

- 1、必須妥慎處理烏東四州與克里米亞歸屬問題，美國與歐盟必須協調俄烏雙方，擬定戰後和平方案，立即停火並推動和談；進一步應建立起某種形式的「中立化」機制，讓俄語與烏語居民和平共存。一次世界大戰之後由國際聯盟推動實施的芬蘭歐蘭群島 (Åland Islands) 高度自治，是值得參考的解決方案。
- 2、烏克蘭若要加入歐盟，必須推動政治改革與憲政改造，力行真正的自由民主建設，並肅清貪腐，改變寡頭干政的積弊。若無相應的改革，戰後烏克蘭勢將面對嚴重的民主困境，以及新納粹的嚴峻挑戰。至於戰爭結束後的復興與重建，也有賴大國的強力支持。由於規模龐大，據估計可能將耗資 7,500 億美元以上，此一任務必然十分艱鉅。

- 3、烏克蘭必須妥善處理與其鄰邦，包括俄羅斯、波蘭、匈牙利、羅馬尼亞、摩爾多瓦等國的歷史疆界和民族傾軋問題，如果烏克蘭始終抱持激進的民族主義與排外立場，高調的紀念納粹及其遺緒，而且拒不承認過去黑暗的歷史，盡早與鄰邦和解，恐怕終將再次面對激烈的衝突與挑戰。
- 4、西方各國應記取國際戰略專家的警示，停止北約東擴，並應尊重不同文明體系的價值觀和世界觀，避免激化民族衝突，釀成新的國際爭端。迄今為止，除了美國、日本、韓國與歐盟各國積極支持烏克蘭外，絕大多數的發展中國家，約占全球人口的八成左右，抱持中立的態度，不願介入俄烏衝突，也未聲援美國所推動的北約東擴政策。這是值得重視的警訊。

參考文獻

中文部分

1. 王家豪、羅金義《歐亞融合與俄羅斯復興》，（台北：秀威科技，2021）。
2. 王承宗《烏克蘭史》，（台北：三民書局，2006）。
3. 布里辛斯基（Zbigniew Kazimierz Brzezinski）著，林添貴譯，《大棋盤—全球戰略大思考》，（台北：立緒文化，2021）。
4. 杭廷頓（Samuel P. Huntington）著，黃裕美譯《文明的衝突與世界秩的重建》，（台北：聯經出版公司，1997）。
5. 史奈德著（Timothy Snyder），陳榮彬，劉維人譯，《血色大地》，（台北：衛城出版，2022）。
6. 周陽山〈從「文明的衝突」到「文明的終結」〉，輯入周陽山《監察與民主》，（台北：監察院，2006）。
7. 金亞娜《東正教密碼》，（北京：商務印書館，2021）。
8. 浦洛基（Serhii Plokhy）著，曾毅、蔡耀緯譯《烏克蘭》，（台北：聯經出版，2022）。
9. 羅威（Keith Lowe）著，鄭煥昇譯《二次大戰後的野蠻歐陸》（台北：馬可波羅出版，2020）。

外文部分

1. Richard Butterwick, *The Polish-Lithuanian Commonwealth*, (New Haven: Yale University Press, 2020) .
2. Jack Matlock, "Today's Crisis Over Ukraine", (ACURA, 2022/2/14) .

第二章、俄烏衝突與能源政策的典範移轉

張四立

國立臺北大學自然資源與環境管理研究所特聘教授

1970 年代的兩次石油危機，及所導致之全球性經濟衝擊，使能源議題躍居全球性政策議題的核心。隨著化石燃料燃燒的空氣汙染與溫室氣體排放問題日趨嚴重，世人對環境議題的關注重點，由最初的地方性議題，逐步向外擴散並登上全球議程。自此以能源系統為核心所帶動的經濟與環境系統的 3E 互動關聯性議題架構，正式成形，主導相關政策分析的方法與方向。且因化石燃料生產與區域分布的地緣政治敏感性，單一旦局部的能源事件，一旦觸發國家性、區域性或全球性的能源市場、技術或政策法規的變動，亦可能會引發經濟及環境系統在經濟效率及環境永續議題的連鎖反應，進而形成大尺度的能源政策典範轉移 (Paradigm Shift)。而典範轉移之所以重要，乃因其涉及政策制定者於決策當時的世界觀與價值觀，代表其看待政策議題的認知與觀點。因此，解析典範轉移的脈絡，不僅有助於政策議題的界定，而且還可為探索問題成因和可能解決方案提供方向。

本章計分五節，第一節提出能源政策典範轉移的定義，並回顧自 1970 年代迄今之能源事件帶動的經濟系統及永續發展概念的演進及能源的典範轉移；第二節及第三節則分別檢視俄烏衝突的主角—俄羅斯與烏克蘭在戰爭爆發前，各自面臨的能源議題與挑戰，以瞭解兩國與能源相關的地緣政治因素；第四節主要檢視俄烏戰爭爆發所引發的短期、立即可見的能源產業典範轉移效果；第五節為本章結論，並將重點聚焦於分析俄烏戰爭所誘發的能源政策典範轉移，由短期效果的體現，延續至長期、持續的影響時，所需密切觀察的關鍵因素。

一、能源政策的典範轉移：定義與回顧

能源是社會經濟發展及環境與氣候議題的核心驅動力。能源系統直接或間接地與經濟、社會和環境系統互動，經由複雜的交互作用，彼此影響。隨著全球極端氣候事件頻繁發生，對經濟及生態系統造成的衝擊及損失規模不斷擴大，如何使能源系統的發展，可以兼顧經濟社會系統與環境生態系統的平衡，成為永續發展的核心議題。

檢視並追蹤自 20 世紀 70 年代以來的全球能源議題發展，可發現能源議題持續經歷多次典範轉移。而典範轉移的概念之所以重要，乃因其涉及政策制定者於決策當時的世界觀與價值觀，代表其看待政策議題的認知與觀點。因此，解析典

範轉移的脈絡，不僅有助於政策議題的界定，而且還可為探索問題成因和可能解決方案提供方向。

（一）典範的定義

「典範」一詞係由美國著名的科學哲學家 Thomas S. Kuhn 提出 (Kuhn, 1962)，乃是傳統科學所發展並賴以運作的理論體系，包括理論基礎和實踐規範，是從事某特定科學領域的研究者所共同遵從的世界觀和行為模式。在哲學的層面上，乃享有共同的本體論 (Ontology)、認識論 (Epistemology) 與方法論 (Methodology)。這些理論、原則和方法，對特定的科學研究者具有規範作用，協調並建立群體共同的價值觀、假設、認知及其行為模式 (Schwandt, 2001)。換言之，典範的組成，包括特定議題的本質 (稱為本體論，即我們對現實的本質相信什麼?)、認識方法 (稱為認識論，即我們如何知道我們知道什麼?)。因此，典範引導我們提出某些問題，並使用適當的方法進行系統性的研究 (稱為方法論，即我們應該如何研究提出的議題?) (Chilisa & Kawulich, 2012)。

（二）能源政策的典範轉移

能源政策的典範轉移之所以重要，因為其代表世界看待能源議題的角度及定位發生了變化 (Spittler et al., 2019)。根據 Kuhn (1962) 的觀點，新知識、創新的技術及單一的危機事件，可能是推動典範轉移的契機。表 2-1 彙整自 20 世紀中葉迄今具全球衝擊性的單一能源事件及能源相關概念，並臚列特定時期的能源系統一系列顯性和隱性假設 (見表 2-1 之概念形成欄)，以及能源系統在經濟、社會和環境領域所面臨的挑戰。這些挑戰可以被理解為危機、技術進步或新的政治議程，而對能源系統的基本假設的改變，最終並決定其在能源政策設計的方法與方向，從而形成促進技術面、政策面、市場面及社會面創新與變革的驅動力。

綜整上世紀中期以來能源領域之重大危機及代表性事件，可發現能源政策的典範，在歷經 1970 年代的兩次石油危機，已經由傳統關注的石油供給面價格與數量議題，及能源系統與經濟系統的互動連結，逐漸延伸並納入與環境及社會系統，並與永續發展及氣候變遷等全球性議題整合。

面對快速演進的市場、技術、環境及社會的現實，能源議題經過反覆的界定與審視，使能源政策議題不斷納入新的元素，亦開發出新的系統性方法，為愈趨複雜的能源議題尋找解決方案，終使傳統的能源政策典範，在潛移默化中產生變化。

表 2-1 導致能源政策典範轉移的歷史事件與概念形成

時期	發展背景	概念形成	能源事件	能源議題研究
1969 年以前	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 新古典經濟學成長理論 ◇ 非再生能資源的最適耗竭理論 (Hotelling, 1931) ◇ 世界能源大會 (世界能源理事會前身) 成立 (1968) 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 資源無限 Vs. 資源有限的辯論 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 1960 年石油輸出國家組織 (OPEC) 成立 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 個別之煤炭、原油及 (或) 油品的技術、市場議題
1970 年代	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 聯合國人類環境會議 (1972) ◇ 成長的極限 (1973) ◇ 國際能源總署成立 (1974) 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 資源有限假設 ◇ 化石燃料可開採年限 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 1973 年第一次石油危機 ◇ 1979 年第二次石油危機 (源於 1978.1~1979.4 伊朗革命與隨後的伊朗與伊拉克戰爭) 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 能源—經濟互動關係 ◇ 油價 (能源價格) 上漲對經濟系統的衝擊評估 ◇ 油價 (能源價格) 上漲所驅動之要素替代及能源替代 ◇ 石油進口國尋求提升原油自產能力, 降低對 OPEC 石油進口依賴度
1980 年代	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 世界環境與發展委員會報告: 我們共同的未來 (1987) ◇ 政府間氣候變遷委員會 (IPCC) 設立 (1988) 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 永續發展 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 1980.9 兩伊戰爭 ◇ 1986 年油價跌破 \$10 美元/桶 (源於兩次石油危機造成景氣不佳, 石油長期供過於求) 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 節約能源成本 Vs. 能源供給曲線
1990 年代	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 聯合國環境與發展會議或地球高峰會 (UNCED, 1992) ◇ 聯合國氣候變化綱要公約及 21 世紀議程 (1992) 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 氣候變遷 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 1990.8-1991.8 第一次波斯灣戰爭 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 能源—經濟—環境互動關係 ◇ 能源與氣候議題相關研究合併 ◇ IPCC 之排放情境特別報

時期	發展背景	概念形成	能源事件	能源議題研究
	<ul style="list-style-type: none"> ◇ IPCC 第一次評估報告 (1990) ◇ 氣候變化綱要公約生效 (1994) ◇ 京都議定書簽署 (1997) 			告
2000 年代	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 聯合國千禧年高峰會訂定千禧年目標 (MDGs) (2000) ◇ 京都議定書生效 (2005) ◇ ETS、JI、CDM 三京都機制建立 ◇ 歐盟第一期能源行動計畫，訂定 20/20/20 目標 ◇ 聯合國綠色新政-UNEP, GGND 2009 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 確認能源為永續發展的核心議題 ◇ 連結能源與社會經濟發展議題 (如能源貧窮、綠能科技、都市化、人口動態) 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 2003 年 3 月伊拉克戰爭爆發 (第二次波灣戰爭) ◇ 2005-2008 國際大宗原物料價格進入超級循環的成長階段，導致國際油價持續上漲至 2008 年 7 月之 \$147 美元/桶之歷史高點。 ◇ 美國頁岩革命，頁岩氣產量占比由 2007 年之 8.07% 增至 2009 年的 15.19%。並於 2017 年成為天然氣淨出口國。 ◇ 2008 年 9 月全球性金融風暴。 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 能源需求與經濟成長脫鉤 ◇ 低碳經濟

時期	發展背景	概念形成	能源事件	能源議題研究
2010年代	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 巴黎協定簽訂 (2015) 與生效 (2016) ◇ 聯合國永續發展目標 (UN SDGs (2015)) ◇ IPCC 發布 1.5°C 特別報告 (2018)。 ◇ 歐盟發布「歐洲綠色政綱」(European Green Deal, 2019)，宣示 2050 達成氣候中和目標。 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 短期 Vs. 長期目標的思辨 ◇ 再生能源的侷限性及其與經濟發展的關連性 ◇ 氣候變遷對能源系統的衝擊 ◇ 2015-2017 各國提交「國家自訂貢獻」2030 年減碳目標 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 2010 年 12 月，阿拉伯之春 ◇ 2014 年 2 月克里米亞危機爆發，俄羅斯佔領烏克蘭領土克里米亞。 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 能源轉型 ◇ 包容性成長 ◇ 深度脫碳 ◇ 社會轉型 ◇ 1.5°C 特別報告提出 2050 年需達淨零排放目標的模型模擬結果。
2021 年迄今	<ul style="list-style-type: none"> ◇ IEA 發布 2050 全球能源部門淨零排放路徑報告 (2021.5) ◇ 歐盟 55 套案 (Fit-for-55 Package, 2021) 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 淨零轉型 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 2022 年 2 月俄烏戰爭爆發 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 2021 年的極端氣候及 2022 年第四季天然氣價格暴漲，多國政府提供化石燃料補貼與補助。 ◇ 2023 年 10 月共計 42 國將淨零目標入法，52 國納入國家政策目標。

資料來源：Spittler, N., Gladkykh, G., Diemer, A and Davidsdottir, A., Understanding the Current Energy Paradigm and Energy System Models for More Sustainable Energy System Development, *Energies* 2019, 12, 1584;2. 作者整理。

表 2-2 比較了傳統的能源典範與逐漸形成的新興典範，在議題範疇、資源限制性、能源多元性、能源系統特性等面向的差異。

表 2-2 能源政策的典範轉移

	傳統典範	新興典範
議題範疇	◇ 能源屬於特定部門別議題	◇ 能源的使用具經濟面、產業面、社會面及環境面衝擊
資源限制性	◇ 化石燃料蘊藏量的有限性	◇ 地球及大氣涵容能力的有限性
能源多元性	◇ 著重化石燃料供給量的持續擴張	◇ 著重發展更廣泛的能源組合，並強調更潔淨的低碳能源技術
能源系統特性	◇ 集中式	◇ 分散式
能源的外部成本	◇ 忽視化石燃料燃燒的外部社會及環境成本	◇ 尋求解決能源生產與使用的外部成本與負面衝擊的方法
3E 目標優先順位	◇ 經濟成長目標的優先性	◇ 理解經濟與生態系統的互動關聯性，將環境影響納入成本效益評估
地方 Vs. 全球	◇ 關注焦點集中於地方性汙染議題	◇ 認識到環境影響的類型及不同規模間（地方、區域及全球）的關聯性，必須採全面性、系統性的策略因應
數量 Vs. 品質	◇ 強調能源供給『量』的增加	◇ 強調能源服務品質的改善、擴大普及性，及能源效率的持續提升
當代 Vs. 後代	◇ 關注自身及當代的需求及福祉	◇ 認知人類共同的未來及後代子孫的需求與福祉

資料來源：本章作者。

新興能源政策典範的內涵，乃是全球經濟系統認知到能源系統與經濟系統及環境系統具有緊密的互動關聯，從而長期致力於推動潔淨能源轉型的反思與行動所累積的成果。

2022 年 2 月的俄羅斯入侵烏克蘭，對於當前長期、緩慢且漸進式能源政策典範轉移，究竟產生甚麼影響？將是本章後續的分析重點。而為充分掌握俄烏兩國在全球及區域性能源供應面的戰略地位，本章第二節乃將分析重點，放在探討身為能資源生產大國的俄羅斯面臨的困境與挑戰。

二、位居全球能資源生產大國的俄羅斯所面臨的困境與挑戰

前節回顧的能源典範研究的發展歷程，顯示自上世紀的 70 年代開始，受到頻繁發生的地緣政治事件，所造成的全球性能源市場動蕩，經濟景氣衰退及因化石燃料燃燒所產生的區域性及全球性環境生態議題。不僅確認能源、經濟與環境系統間，存在密切的相互依存關係，並啟發以清潔能源作為替代燃料的迫切性。使得以清潔燃料取代傳統化石燃料的能源低碳轉型，隱然成形。

然而，能源轉型畢竟非一夕發生，且能源事件若以戰爭形式爆發，其影響將更為複雜。雖然軍事衝突本身可能並非是造成能源危機的主因，但是戰爭往往會催化原本已經存在於能源市場的結構性問題，使其愈趨複雜化。因此，本節擬回顧俄羅斯在 2022 年 2 月俄烏衝突爆發前的能源系統特性，檢視其在逐漸轉型的全球 3E 互動體系中的角色定位，俾作為本章後續分析的基礎。

俄羅斯以其在全球化石燃料及關鍵原物料供應的重要地位，向被視為世界能資源的強權之一。回顧 2021 年俄羅斯在化石燃料供給市場的地位，根據國際能源總署 (International Energy Agency, IEA) 的統計數據 (IEA, 2022a)，俄羅斯的石油總產量為 11.31 百萬桶/天 (包括凝析油及天然氣液 NGLs 等非傳統石油及原油)、僅次於美國的 17.6 百萬桶/天及沙烏地阿拉伯的 12 百萬桶/天，為世界第三大石油生產國。俄羅斯同時也是僅次於沙烏地阿拉伯的世界第二大原油出口國。此外，俄羅斯的石油煉製產能位居全球第三位，而其石油煉製品的淨出口量，亦僅次於沙烏地阿拉伯，居全球第二位。以天然氣而言，俄羅斯產量亦僅次於美國，居世界第二位，並擁有全球最大的天然氣蘊藏量，也是世界最大的天然氣出口國 (IEA, 2022b)。至於煤炭，俄羅斯分別為全球第六位的產煤國及的第三位的煤炭淨出口國 (IEA, 2021a)。

雖然俄羅斯憑藉其在化石燃料供給市場的強權地位，持續發揮其影響力，但亦無力遏阻緩慢但持續發展的能源轉型腳步。自 2010 年代中期以來，具有成本競爭力的再生能源 (如太陽能及風力發電，及電池電動汽車) 的出現，打破了原本以化石燃料為中心的傳統能源結構。而能源技術的前沿研究，也不再集中於石油與天然氣的開採煉製技術的研發，轉而致力於研發替代的清潔燃料，目的在於將傳統的石油與天然氣作為「擱淺資產」留在地底。朝向永續能源消費的方向日趨明確，新興關鍵材料，因為與再生能源與儲能技術相關，創造出新一波的稀土資源需求，與油氣資源同樣具有供需不對稱的特性，也造成地緣政治權力的重分配，並且逐漸侵蝕俄羅斯在傳統能源典範下的超級能源強權的地位及影響力。

俄烏衝突將世界帶至一個歷史轉折點，但是對俄羅斯而言，其所面臨的化石燃料危機及地緣政治影響力的斷層早已開始。唯有將俄烏衝突造成的全球短期動盪現象，置於長期能源典範轉型趨勢下，進行系統性的檢視與分析，方有可能對目前正在發生的經濟、能源與環境系統的變化，以及利害衝突，有全面的理解與詮釋。

筆者乃由以下三個觀點，分析延續自 20 世紀 80 年代以來緩慢進展的能源轉型進程，如何影響到俄羅斯的國際能源強權地位，作為其角色定位發展的推論基礎。

（一）在能源轉型過程中，化石燃料面臨危機

此處所指的化石燃料危機，乃針對石油市場的變化。在歷經 2008 年全球金融風暴後，國際油市陷入長期需求不振的困境，唯一的需求大戶，中國，亦在多元化能源供應的前提下，逐步降低對進口化石燃料的依賴，使得全球石油的消費量於 2019 年首見負成長（IEA, 2022e）。

但同時間，非 OPEC 成員國的油氣產量持續成長，削弱 OPEC 對全球石油市場的影響力，使原本來就不穩固的寡頭壟斷格局，更形脆弱。到 2014 年上半年，OPEC 成員國的總產量，與 2007 年同期相比，僅增加 4%；其產量占全球石油產量的比重，從上世紀 70 年代曾高達 53% 占比的狀況，下降至 2021 年的 35.3% 左右。其中沙烏地阿拉伯的石油生產占比，從最高點的 17% 降至 2021 年的 12.2%，且產量亦在 2014 年被美國超越，失去全球第一大產油國的封號²⁰。

（二）2014 年 6 月的油價崩跌後，國際油市的秩序重組

2014 年 6 月以來，國際油市受到多方因素的打擊。包括供給端的 OPEC 成員國對售油收入的依賴，限縮其減產保價的策略運用空間；需求端的歐元區歷經債務危機所實施的財政樽節措施，使得大宗商品交易呈現悲觀的預期心理；美元利率與匯率因素造成的美元流動性缺口；金融風暴後歐美監管機構對大型銀行從事高風險交易的管控力道趨嚴；以及除了中國以外的新興經濟體的成長前景趨緩等等。

導致 2014 年 6 月至 2016 年 1 月間，國際油價進入一波崩跌區段，期間布倫特原油的現貨價格，從 115.19 美元/桶的高點，跌至 26.01 美元/桶，最大跌幅達 76%（US EIA, 2023）²¹。而這波國際油價的暴跌，促使國際油市的秩序，發生下列的變化：

1. 國際石油公司大幅削減上游的探勘與開採投資，使得 2021 年全球石油和天然氣產業的上游投資規模只剩 2014 年的 50%（Skalamera, 2023）。
2. 美國頁岩油氣的產量持續增加，總計 2009 年至 2019 年間，頁岩油及頁岩氣產量的年均複合成長率分別為 8.56% 與 5.25%²²，進一步擴大石油市場供過於求的程度。

²⁰ 本節各年度 OPEC 成員國之石油生產量占比，係作者根據 BP Statistical Review of World Energy Data 2022 資料庫之統計數據自行估算。

²¹ Brent 原油價格的最大跌幅，係作者參考 U.S. Energy Information Administration, Europe Brent Spot Price FOB 資料庫（<https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/rbrteD.htm>），擷取 2014 年 6 月 19 日及 2016 年 1 月 20 日之現貨 FOB 價格，自行估算。

²² 作者根據 BP Statistical Review of World Energy Data 2022 資料庫之統計數據，自行估算。

3. 2016 年 OPEC+組織成立，其成員國包括 OPEC 原有的 13 個中東及非洲的產油國，以及由俄羅斯領導的 10 個非 OPEC 石油輸出國（包括俄羅斯、亞塞拜然、巴林、汶萊、哈薩克、馬來西亞、墨西哥、阿曼、菲律賓、南蘇丹、蘇丹）所組成。此 23 國的原油生產量，約占全球的 54.8% (BP, 2021)，其占比已高於 OPEC 在最具市場影響力的 1970 年代(IEA, 2022e)。這段期間，OPEC+組織分別於 2016 年 11 月 30 日及 2018 年 6 月 25 日兩度達成減產協議及數次延長協議。在 2020 年新冠疫情蔓延前，對國際油價發揮一定程度的穩定效果，吸收了美國頁岩油氣對油價下跌的壓力。2017 年至 2018 年的國際平均油價，除 2017 年第二季曾短暫下跌至 50 美元/桶以下外，其餘月份均可維持在 50~90 美元/桶的區間變動²³。
- 但從另一角度分析，在面臨石油需求持續下滑，市場規模快速萎縮的趨勢時，新的 OPEC+組織如何達成生產配額協議，反成為影響成員國團結的不穩定因素。

（三）2022 年前全球天然氣市場的發展

俄烏衝突前的天然氣市場也受到許多因素的影響，其中以中國的國內天然氣需求尤為關鍵。自 2010~2020 年間，中國的天然氣需求成長近 3.5 倍，由 2010 年的 108.9 (Billion Cubic Meters, bcm)，成長至 2022 年的 375.7 bcm (BP, 2022)。主因在於中國為提升能源供應安全，降低對進口石油的依賴及減碳考量，積極推動以天然氣替代燃煤的碳達峰及碳中和的「雙碳政策」(莊貴陽, 2022)。同時期，中國自產天然氣之產量與占比同步下降，進口天然氣在 2021 年的占比已超過 40%。上述趨勢使得中國於該年取代日本成為全球最大的液化天然氣 (Liquefied Natural Gas, LNG) 進口國。

面對俄羅斯及美國全球二大天然氣出口國，為確保天然氣的穩定供應，中國的天然氣戰略規劃深具彈性。一方面，普丁與習近平在俄烏衝突爆發前的 2021 年於北京會面，雙方議妥中國每年由俄羅斯進口 10 bcm 的管道天然氣 (Pipeline Natural Gas, PNG)；另一方面，中國能源公司亦與美國 LNG 公司簽署一系列買賣協議，包括至少兩份長期協議及一份中期協議 (Thompson, 2022)。

由此一發展觀之，雖然中美關係歷經 2018 年以來的貿易戰及全球新冠疫情源頭爭議而削弱，但在能源利益上，雙方卻具有各取所需的互補性。就美國的立場而言，中國的市場規模，遠大於德國與日本的加總，三方的需求具有強烈競爭性，亦賦予美國 LNG 出口商及能源政策決策者更多戰略性選擇。

²³ 參考並比對 U.S. Energy Information Administration, Europe Brent Spot Price FOB 資料庫 (<https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/rbrteD.htm>)。

三、俄烏衝突爆發前，烏克蘭天然氣供應安全的隱憂

烏克蘭位於東歐，南接黑海和亞速海，東連俄羅斯，北與白俄羅斯毗鄰，西與波蘭、斯洛伐克、匈牙利、羅馬尼亞和摩爾多瓦諸國相連。面積 60.37 萬平方公里。人口約 4,350 萬人 (UN, 2022)。烏克蘭雖擁有豐富自然資源，但在石油、天然氣和煤炭等三類化石燃料的產量，尚不足以滿足其國內消費需求。而高度的化石燃料進口依賴度，亦使烏克蘭成為能源安全相當脆弱的國家。

於此同時，俄羅斯的天然氣出口的 53%，係經過途經烏克蘭的管線運送。故烏克蘭在俄羅斯向歐洲市場輸送天然氣方面居於關鍵的地位，但也因此使俄烏雙方長期陷入領土與能源議題的利益糾葛而紛爭不斷。

造成此一長期糾葛關係的根源，須追溯至前蘇聯時期的產業規劃。為建立各共和國間的經濟依存關係，以強化內部的團結與穩定，前蘇聯刻意分散產業供應鏈，切割上游的原料生產與中下游的產品製造，使其分屬不同共和國，讓各共和國的經濟無法自立，而形成相互依賴的經濟狀態。例如：烏克蘭幾乎不生產石油，但卻有大約三十座大型石油煉製廠，將精煉的石油製品向其他共和國輸出，使烏克蘭的油品煉製產能約占全蘇聯地區 50% 以上，但其原油消費的 90% 及天然氣消費的 60% 仍須倚賴俄羅斯進口。而俄羅斯對歐洲地區輸出的原油及天然氣，則必須取道烏克蘭境內的管線，或經由烏克蘭的敖得薩港 (Odessa) 出口 (吳雪鳳與曾怡仁，民 103 年)。

這種相互依存的體制，在蘇聯時代有助於強化中央政府的政經統治，但隨著蘇聯解體，俄羅斯能源系統喪失大型海洋輸出通道及主要油氣輸送管線。相對的，烏克蘭則因擁有重要出口港及油氣輸送管線，握有俄羅斯油氣出口的控制權。俄烏兩國自此陷入長期的經濟與領土紛爭。

以下筆者將概述俄羅斯對天然氣管道過境烏克蘭衍生的爭議，並分析俄羅斯為降低天然氣過境烏克蘭採取之戰略對烏克蘭的衝擊。

(一) 俄羅斯天然氣管道過境烏克蘭依賴程度高

對烏克蘭而言，俄羅斯天然氣管道過境烏克蘭，其實本可視為對烏克蘭國內天然氣供應的安全保障，防止俄羅斯隨意切斷對烏克蘭的天然氣供應。因此，烏克蘭國會早在 2004 年橘色革命²⁴爆發前，即主張基於國家主權的獨立運作，應爭取烏克蘭對天然氣輸送管線的管理權。但此一要求，因為烏克蘭長期積欠俄羅斯之天然氣供應款項，使得情況更形複雜。

2004 年以前，烏克蘭進口俄羅斯天然氣，乃享有每千立方公尺比歐洲至少低 40 美元的優惠。但在橘色革命後，隨著兩國關係的惡化，俄羅斯要求烏克蘭接受

²⁴ 又稱栗子花革命，發生於 2004 年至 2005 年間，因烏克蘭總統大選舞弊事件導致的一系列抗議活動，最終導致重新大選，由親歐的尤申科以 52% 支持率擊敗對手亞努科維奇，當選總統。

將天然氣售價上漲至歐洲平均價格，從而引發 2006 至 2009 年的天然氣危機。2009 年 1 月俄羅斯天然氣工業有限公司(Gazprom)為迫使烏克蘭接受價格調漲，一度停止向烏國供氣，連帶衝擊羅馬尼亞、捷克、斯洛伐克、波士尼亞、保加利亞、克羅埃西亞、希臘、匈牙利、馬其頓、塞爾維亞、奧地利、法國、義大利、土耳其等 17 國，直到歐盟介入協商才恢復供氣(de Micco, 2014; 楊芬瑩, 2014)。

其後，烏克蘭石油天然氣公司 Naftohaz Ukrayiny 和俄國的 Gazprom，在天然氣供應價格和債務上的糾紛依然層出不窮。在歷經 2009 年的斷氣危機之後，俄烏雙方於 2010 年 1 月 19 日簽署了為期十年的天然氣供氣協議。根據協議內容，2009 年俄羅斯供給烏克蘭的天然氣價格相當於歐洲氣價的 80%，並於 2010 年起恢復以市場價格為基準的定價公式。但在 2010 年 2 月，親俄的亞努科維奇當選烏克蘭總統後，與俄國簽署新天然氣協議，將天然氣價格從 485 美元/千立方公尺降至 234 美元/千立方公尺左右；烏克蘭則同意，將俄國位於克里米亞半島上的塞瓦斯托波爾海軍基地的租期從 2017 年延長至 2042 年，作為交換(Financial Times, 2014)。

2014 年 2 月，烏克蘭爆發廣場革命，總統亞努科維奇出逃，克里米亞半島併入俄羅斯。俄羅斯宣布從 2014 年 4 月 1 日起，輸往烏克蘭的天然氣價格恢復成 485 美元/千立方公尺，並恢復天然氣進口的預付款機制，不然關閉輸往烏克蘭的天然氣管道(de Micco, 2014; 張春友, 2014 年)。

(二) 俄羅斯降低過於依賴天然氣管道過境烏克蘭的對策

俄羅斯亦早有尋找降低對烏克蘭輸氣管線依賴的想法，例如：波蘭、白俄羅斯與俄羅斯於 1993 年簽署協議，同意建造亞馬爾—歐洲天然氣管道，通過白俄羅斯—波蘭走廊輸送天然氣到德國，並於 2006 年完工；穿過波羅的海、不過境第三國的「北溪(Nord Stream)」海底天然氣管線計畫則於 2011 年完工，進行單線營運；此外，於 2007 年提出，原本預計於 2017 年完工通氣的「南溪(South Stream)」天然氣管線計畫²⁵，均係在此背景下產生，屬於俄羅斯整體 PNG 網路計畫的一部分。

這亦可從俄羅斯 2009 年向歐盟出口的天然氣管道建設計畫(總計 11 條)一見端倪。為降低運輸風險，俄羅斯採取的規劃原則，為盡量減少過境國，並以經過公海為優先選項。因此 11 條管道中，有三條不經過其他國家，四條通過白俄羅

²⁵ 南溪天然氣管道計畫由俄羅斯天然氣工業股份公司(Gazprom)與意大利埃尼公司(Eni)共同發起，旨在使中亞天然氣向北穿過俄羅斯南部平原地區，連同俄羅斯天然氣一起輸往歐洲。該管道從俄羅斯新羅西斯克開始橫穿黑海，海底管道長度 900 公里，之後從保加利亞港口瓦爾納上岸，分為兩支：向北進入塞爾維亞、匈牙利和奧地利，向南進入希臘和意大利。南溪計畫總投資額達 80 億~250 億歐元，天然氣運輸量預計將達俄羅斯出口天然氣的 35%，原規劃於 2015 年啟動，2017 年建成通氣，但在 2014 年 6 月遭保加利亞反對，俄羅斯於 12 月初宣布放棄，改以擴建由俄羅斯的伊扎比熱內經黑海海底至土耳其首都安卡拉的土耳其溪管道計畫代替，以擴大對南歐的天然氣供氣規模。

斯，四條通過烏克蘭。前述的「北溪」、「南溪」和「藍溪（Turkish Stream，故又稱土耳其溪）」²⁶都有繞過烏克蘭的意圖。

然而，在 2014 年烏克蘭危機後，「南溪」計畫因歐盟反對而中止，顯示黑海天然氣管道系統的地緣政治風險明顯提升。相比之下，「藍溪」計畫有利於平衡俄羅斯天然氣出口網路，故取而代之。此外，土耳其是俄羅斯僅次於德國的第二大天然氣出口市場，擴大對土耳其天然氣出口可有效彌補 2014 年烏克蘭危機中，歐美國家對俄羅斯實施經濟制裁，導致西歐市場需求下降的損失，「藍溪」計畫有助於俄羅斯穩固土耳其天然氣市場²⁷而更形重要。

2014 年至 2015 年的烏克蘭危機中，俄羅斯已遭到歐美國家對其實施的多輪經濟制裁行動。加上美元升值與油價下跌等因素，導致盧布暴跌，俄羅斯陷入經濟衰退困局。迫使俄羅斯的全球能源戰略布局，做出相應的調整。考量黑海南岸的土耳其是俄保住南歐天然氣市場的門戶與樞紐，因此俄羅斯加快調整能源戰略，在原有的「西穩東進」戰略的基礎上，增加「南下」的戰略，而「藍溪」擴建計畫成為俄羅斯推進南下戰略的重要突破口，可藉由提高能源出口多元化程度，進而強化俄羅斯的整體能源與經濟安全的保障。

（三）俄羅斯天然氣管道佈局調整對烏克蘭的衝擊

如前所述，俄羅斯為降低其 PNG 借道烏克蘭之輸氣風險，有一個整體的戰略佈局。俄羅斯若真的能顯著減少對烏克蘭的過境依賴，對烏克蘭的衝擊，至少包括以下三點：

1. 根據烏克蘭與俄羅斯 Gazprom 公司簽訂的長期運輸協議，在 2020~2024 年間，烏克蘭每年約可獲得約 20~30 億美元的過境運輸費收入。失去這筆收入，對於公共債務龐大，財政空虛的烏克蘭而言，無疑是巨大的損失（IMF, 2019）。
2. 增加俄羅斯切斷對烏克蘭供應 PNG 的威脅籌碼。兩國協商時，亦無需顧慮管道中段消費國（如德國及義大利）之牽制，因而升高烏克蘭的能源安全脆弱度，降低其天然氣外交的談判空間與地緣政治的影響力。也迫使烏克蘭尋求西方世界的支持，進而升高俄烏衝突層級，限縮和平解決爭端的可能性。
3. 從 2014 年 3 月起，俄羅斯完全取得塞瓦斯托波爾（黑海艦隊基地）和

²⁶ 藍溪計畫係由 1997 年 12 月 15 日，俄羅斯與土耳其簽署一項政府間協定，規定俄氣通過「藍溪」管道向土耳其供應 25 年共 365 億立方米的天然氣。1999 年 2 月，俄氣與意大利埃尼公司簽署了共同參與「藍溪」項目實施的諒解備忘錄。同年 11 月 16 日，俄氣和埃尼公司注冊成立合資公司，負責管道建設項目的實施，如平攤投資費用，共同勘探、開發、運輸、供應天然氣。2005 年 11 月，在土耳其的薩姆松慶祝「藍溪」管道順利竣工（鉅亨網新聞中心 2015/03/25）。

²⁷ 根據 Gazprom 的統計，2013 年 Gazprom 向土耳其出口天然氣 267 億立方公尺的天然氣中，超過半數乃透過藍溪管道出口，總計由 2003 年 2 月至 2014 年 3 月間，俄羅斯經「藍溪」管道向土耳其出口天然氣超過 1000 億立方公尺（鉅亨網新聞中心，2015）。

黑海中部海岸的控制權，使其得以發展港口基礎設施。且 2022 年俄羅斯已經成爲世界上最大的小麥出口國，市場占有率接近 21%（中華食物網，2023），同時也是最大的化肥出國。俄烏的軍事衝突，無法避免的將擾亂全球糧食的流通，並分化北約成員國間的利益與合作空間。更重要的是，經過數次爭端，烏克蘭已於 2015 年 11 月停止直接從俄羅斯購買天然氣，轉而向歐盟東部成員國（如斯洛伐克），間接購買該國從俄羅斯進口的天然氣。但當歐洲轉向以海運方式進口 LNG，烏克蘭在敖德薩以外地區成爲內陸國，而俄羅斯又控制著周圍水域，那烏克蘭將難以保證天然氣的穩定供應。

綜合前述分析，充分說明烏克蘭在 2022 年 2 月俄烏衝突爆發前的主客觀情勢發展方向，及烏克蘭所面臨的天然氣供應安全的困境與隱憂。

四、俄烏戰爭引發的能源產業典範轉移

誠如本章第一節所述，能源政策的典範轉移，非僅肇因於某個單一事件，而是一段緩慢、長期、漸進的變化過程，且與全球去碳化能源轉型趨勢相伴相生。自 2020 年以來，接續不斷的疫情、極端氣候事件及俄烏衝突引發的全球能源危機。接連遭到複合性危機打擊，讓全球自然與人造系統接近全面崩潰。從價值體系、基本假設、策略方法，到前瞻政策目標的訂定，各國能源政策發生根本性的變革。多數國家也對其相關政策的規劃及資源配置，進行程度不等的檢討或修正。

本節參考世界經濟論壇 2023 年能源轉型指數報告（WEF, 2023），將 2020-2023 年稱爲「能源轉型動盪期」，並聚焦俄烏戰爭引發之能源市場連鎖反應，並將之定位為長期能源政策典範轉移的一種短期體現。

表 2-3 彙整了造成 2020-2022 年能源動盪期的關鍵因素及結果，呈現出全球新冠疫情、極端氣候事件及俄烏戰爭爆發造成的短期、立即的衝擊。亦顯示了全球的油氣市場，在歷經 2020 年及 2021 年的危機之後，原本羸弱的體質已備顯疲態。

2022 年爆發的俄烏戰爭，無疑是壓垮駱駝的最後一根稻草。除油氣市場的供需及價格受到直接衝擊外，一般咸認為俄烏戰爭已改變能源政策、技術及市場的運作軌跡。一個顯而易見的例子是天然氣貿易流的改變，讓來自美國的 LNG 成爲俄羅斯 PNG 的重要的替代品。此外，各國亦優先考量區域內能源供應來源多樣化、加速發展再生能源，以嘗試建構能源系統的新常態。

其他短期衝擊則包括：

1. 全球能源佈局的劇烈變化，由被少數國家寡占的化石燃料，移轉至自產再生能源及核能這類自產或準自產的低碳能源；歐洲各國積極推動需求端的節能與提升能源效率策略，以彌補歐盟於 2023 年冬季面臨近 30 bcm 的天然氣需求缺口。

表 2-3 能源動盪期 (2020-2022)

關鍵衝擊	2020 年 全球新冠疫情	2021 年 極端氣候事件	2022 年 俄羅斯-烏克蘭戰爭 全球能源危機 全球通膨危機
結果	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 全球石油市場價格體系的結構變動 ◇ 全球總能源需求下降 4% ◇ 全球經濟萎縮 5.2% ◇ 能源商品價格下降 40% ◇ 全球能源產業投資驟降 4000 十億美元 ◇ 全球化石燃料燃燒之 CO2 排放量下降 5.8% 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 供應鏈中斷，供應短缺 ◇ 全球能源消費的反彈效應達 5% ◇ 全球能源短缺影響人口數達 3.5 億 ◇ 51 國政府提供的化石燃料補貼與補助，金額倍增至 6970 億美元 ◇ 煤炭及天然氣市場緊縮促使價格上揚 80% ◇ 全球均溫較工業革命前上升 1.1 度 C ◇ 需求反彈效果之 CO2 排放增加 6% (363 億公噸) 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 供應鏈破壞嚴重衝擊能源安全 ◇ 油價一度狂飆超過 100 美元/桶 ◇ 發電成本上漲 30% ◇ 現貨天然氣價格漲至相當於 250 美元/桶之油價 ◇ 全球無電可用的人口，在電價下跌後，仍持續增加至 7.7 億 ◇ 化石燃料補貼金額創歷史新高 (1 兆美元) ◇ 能源貧窮及工業生產力下降成為政府新議題
里程碑	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 歐盟氣候目標計畫 ◇ 全球去碳化投資金額創 5013 億美元的歷史紀錄 ◇ 太陽能發電成為成本最小的發電方式 (0.048 美元/度) 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 啟動公正能源轉型夥伴關係 (JETPs) 和先行者聯盟 ◇ 新增可再生能源發電能力達到創紀錄的 295GW ◇ G20 中，15 國已宣布的振興經濟方案金額達 17.2 兆美元 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 全球已有 8 國達成淨零排放目標 ◇ 美國降低通貨膨脹法案 ◇ 歐盟淨零工業法案 ◇ 歐盟 55 套案 ◇ 日本綠色轉型計畫 ◇ 先行者聯盟 ◇ 全球對低碳技術投資金額增至 1 兆美元，主要用於再生能源發電及運具電動化

關鍵衝擊	2020 年 全球新冠疫情	2021 年 極端氣候事件	2022 年 俄羅斯-烏克蘭戰爭 全球能源危機 全球通膨危機
喪失的機曾	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 低溫室氣體排放量為短暫的現象，而非系統性的行為改變結果 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 私部門欠缺投資再生能源的經濟誘因工具 ◇ G20 國家的疫後振興經濟資金僅有 6%投入再生能源 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 對煤炭、石油和天然氣的持續補貼，以及缺乏結構性改革和大膽行動逐步淘汰化石燃料發電、提升能源效率及擴大再生能源發電

資料來源：World Economic Forum, Fostering Effective Energy Transition-Insight Fostering Effective Energy Transition 2023 Edition, p. 7; 2. Compile by the author.

2. 基於能源安全考量，制定積極的綠能轉型策略，加速再生能源發展，美國的降低通貨膨脹法案、歐盟的 REPowerEU 計劃和日本的 GX 綠色轉型計劃均為其中具代表性的案例。
3. 為因應歐盟執委會於 2022 年 5 月發布的 REPowerEU 計劃，會員國多研提更積極的行動計劃，加碼對再生能源財務支持，並制定綠色金融的配套措施。IEA 以此為基礎，大幅上修其對歐盟經濟成長的預測，調幅超過 30%。其中，德國（上調 55%）和西班牙（上調 65%）漲幅最大。影響所及，包括整體經濟與產業的轉型、就業、所得及環境生態(IEA, 2023)。
4. 於 2022 年 3 月的《凡爾賽宣言》中，歐盟承諾「儘速」停止進口俄羅斯化石燃料，使俄羅斯在歐洲天然氣消費所占份額，從 2022 年的 23% 降至 2023 年 1 月的 10% 以下。此一轉變，將在未來幾年改變歐陸的能源和天然氣市場，並影響全球貿易市場。

綜言之，因為國際油氣市場過度受制於市場政策槓桿（例如禁運、油價上限等，詳見第三章內容）的操作，俄烏戰爭的短期影響在於產量的高度不確定性，導致市場價格波動及流動性減少，並引發需求端的連鎖變化。

然須強調的是，本研究雖將俄烏戰爭爆發後，各方致力重建國際能源系統新常態的趨勢，視為能源政策典範轉移的證據之一，但在新舊典範過渡的過程中，仍有一些不變的事實需面對：

1. 當前的能源秩序仍然高度依賴碳氫化合物（石油、天然氣、煤炭），因而限制了外交談判與折衝的選擇空間。
2. 能源安全重回能源政策的核心，而保障能源安全有其代價，若與其他能源目標（如環境永續、價格可負擔）彼此衝突，就必須進行妥協與讓步。例如：化石燃料補貼政策雖可降低民眾負擔，但這是以增加能源消費與溫室氣體排放作為代價。
3. 隨著地緣政治的摩擦加劇，以及能源市場區域化發展與全球化速度的放緩甚至逆轉，過渡至能源新秩序的過程可能漫長、崎嶇且充滿障礙。

五、結語：俄烏戰爭對能源政策典範轉移的長期影響

過去十多年間，油氣市場呈現供過於求現象，使得能源價格維持在相對較低的水準，導致決策過程中能源安全議題的重要性下滑，俄烏戰爭的爆發提升了全球對於能源安全的關切，亦讓人們對於潔淨、低碳、永續及價格可負擔的能源充滿渴望。如何讓這種價值觀的改變所誘發的能源政策典範轉移，由短期的效果，從根本改變能源決策制定過程，尚須取決於下列因素：

1. 政府角色的積極介入：能源轉型策略訂定、提供系統性的支持措施，以加速綠能技術的開發應用。例如：前期投資資金、綠電躉購/補貼、政府

基金投入技術研發、示範獎勵及應用推廣等。

2. 市場誘因機制的規劃：提供綠能轉型所需之財務支持，降低技術開發成本及替代能源的相對成本，以提升市場競爭力及消費者接受度。
3. 開發可行的商業模式，提升創新技術的投資報酬率，以創造市場誘因。

藉由前述的政府、市場及商業模式開發的策略運用所發揮的綜效，大規模吸引民間資金的投入。

4. 再透過教育宣導策略，改變消費者行為與偏好。

然而，俄烏戰爭所引發的天然氣價格遽漲及供應量下降的危機，以及油氣進口國的短期因應措施，亦對能源典範轉移的長期效果的發揮，有著程度不等的潛在影響：

1. 受到疫情的影響，資金成本上升，各國政府的財政能力受到打擊，開發中國家的財政運作空間尤其受到限制。在欠缺政府資金挹注的情況下，相關清潔技術的投資（如氫能及碳捕捉、利用與封存等技術），難以大規模擴展。
2. 政府基於能源價格可負擔的考量，對化石能源提供補貼，雖減緩製造業及最終消費者受到價格上漲的衝擊程度，但亦降低消費端尋求能源轉型的積極度與迫切性。
3. 各國雖然持續上修再生能源目標值，但為滿足短期能源穩定供應的要求，對化石燃料的需求仍然有增無減。且在天然氣價格暴漲的情況下，普遍以煤炭作為替代燃料，從而增加溫室氣體排放量。
4. 在油氣價格高漲的環境下，化石燃料的現金流及報酬率相對較高，不利於再生能源之發展。
5. 歐美各國對其國內油氣業者課徵暴利稅等市場干預措施，可能影響其國內投資者的信心，並削弱部分油氣公司進行能源轉型的財務能力。
6. 綠能科技（如儲能電池及電動運具）具有供應鏈長且集中的特性，因稀有金屬成本上漲、供應鏈瓶頸及本地化特性，導致電池及電動運具之成本增加，影響電動車普及率。

在距離俄烏戰爭爆發已近二十個月的今天，筆者思考這場戰爭對能源政策典範轉移的意義與效果，仍存在諸多不確定性。一方面，觀察到各國對於傳統化石燃料的需求，仍呈現持續成長趨勢，使全球減碳目標出現缺口。另一方面，各國投資於再生能源及綠能科技的金額與規模下降，故以再生能源替代化石燃料的目標亦同時出現缺口。故能源政策典範轉移的長期效果，須視「減碳」及「再生能源發展」此二缺口的消長而定。

然而，此雙重目標缺口的存在，適足以作為各國身處大時代詭譎多變的能源變局中，二盞指引國家能源政策發展方向的明燈。因此，筆者建議可藉由持續追蹤各國政府、工業部門與最終消費者對於能源供應短缺及油氣價格變動幅度，以測試不同類型的能源消費者對數量及價格波動的容忍程度。再藉由分析不同因應策略對能源消費者偏好與行為的影響，做為未來政府的管制策略及經濟誘因政策工具規劃的參考。

參考文獻

外文部分

1. BP, Statistical Review of World Energy 2021-2023.
2. Chilisa, B. and Kawulich, B., S Paradigm, Methodology and Methods, in Wagner, C., Kawulich, B., and Ganer, M., (eds) Doing Social Research : A Global Context, pp.51-61, McGraw Hill, 2012.
3. De Micco, P. The Russian-Ukrainian gas deal : Taking the bite out of winter? EU policy briefing, [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2014/536415/EXPO_BRI_\(2014\)_536415_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2014/536415/EXPO_BRI_(2014)_536415_EN.pdf)
4. FAO. e022. FAO Food Price Index. In : FAO, World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022. Rome. Cited October 2022. <https://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/https://doi.org/10.4060/cc2211en-fig42>
5. Russia and Ukraine reach gas deal, Financial Times, 30 October 2014.
6. Fuso Nerini, F.; Tomei, J.; To, L.S.; Bisaga, I.; Parikh, P.; Black, M.; Borrion, A.; Spataru, C.; Castán Broto, V.; Anandarajah, G.; et al. Mapping synergies and trade-offs between energy and the Sustainable Development Goals. Nat. Energy 2018, 3, 10–15, doi : 10.1038/s41560-017-0036-5.
7. IEA (2022a) , Oil Market and Russian Supply--Russia plays an outsized role in global oil markets, <https://www.iea.org/reports/russian-supplies-to-global-energy-markets/oil-market-and-russian-supply-2>.
8. IEA (2022b) , Energy Fact Sheet : Why does Russian oil and gas matter? <https://www.iea.org/articles/energy-fact-sheet-why-does-russian-oil-and-gas-matter>.
9. IEA (2021a) , Key World Energy Statistics 2021.
10. IEA (2021b) , Ukraine Energy Profile, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ac51678f-5069-4495-9551-87040cb0c99d/UkraineEnergyProfile.pdf>
11. IEA (2022c) , Press release, 07 April, 2022, <https://www.iea.org/news/iea-confirms-member-country-contributions-to-second-collective-action-to-release-oil-stocks-in-response-to-russia-s-invasion-of-ukraine>. Retrieved July 1, 2023.

12. IEA (2022d) , Gas Market and Russian Supply--The role of Russia and Ukraine's transit in Europe's gas supply, <https://www.iea.org/reports/russian-supplies-to-global-energy-markets/gas-market-and-russian-supply-2#abstract>.
13. IEA (2022e) , World Energy Balances Highlights—2022 edition.
14. IEA (2023) , Russia's War on Ukraine--Analysing the impacts of Russia's invasion of Ukraine on global energy markets and international energy security, Website : <https://www.iea.org/topics/russias-war-on-ukraine>. Retrieve date : September 10, 2023.
15. International Monetary Fund, Ukraine Technical Assistance Report—State-Owned Enterprises—Fiscal Risk Management, IMF, December 2019.
16. Kuhn, T.S. The Structure of Scientific Revolutions; University of Chicago Press : Chicago, IL, USA, 1970.
17. Macrotrends, Brent Crude Oil Prices - 10 Year Daily Chart, <https://www.macrotrends.net/2480/brent-crude-oil-prices-10-year-daily-chart>. Retrieved July 1, 2023.
18. Modi, V.; McDade, S.; Lallement, D.; Saghir, J. Energy Services for the Millennium Development Goals. UNDP : New York, NY, USA, 2005.
19. Schwandt, T.A. (2001) . *Dictionary of qualitative inquiry* (2nd ed.) , Thousand Oaks : Sage.
20. Skalamera, M. (2023) , The Geopolitics of Energy after the Invasion of Ukraine, *The Washington Quarterly*, 46 : 1, 7-24.
21. Spittler, N., Gladkykh, G., Diemer, A., and Davidsdottir, B., Understanding the Current Energy Paradigm and Energy System Models for More Sustainable Energy System Development, *Energies* 2019, 12, pp.1584-1605.
22. Thompson, H. (2022) , The Front lines of the Green War, in GREEN. Géopolitique, réseaux, énergie, environnement, nature, n°2, year 2, Paris, Groupe d'études géopolitiques, 2022.
23. UN, 2022, World Population Prospects 2022, <https://population.un.org/wpp/>.
24. US Energy Information Administration, Europe Brent Spot Price

網路資料

1. 公視新聞網，歐美為何反對北溪 2 號天然氣管線？與烏俄衝突有何關係？2022 年 2 月 23 日，<https://news.pts.org.tw/article/568855>，擷取日期：2023 年 9 月 8 日。

2. 中華食物網，2022/2023 各國家/地區小麥出口量，<https://www.foodchina.com.tw/DB/AD/chart/chart-wheat.html>，資料擷取日：2023 年 9 月 8 日。
3. 吳雪鳳、曾怡仁，俄羅斯對歐洲的天然氣能源戰略－國際政治經濟學的觀點，問題與研究第 53 卷第 2 期，民國 103 年 6 月，頁 97-133。
4. 莊貴陽，2022，我國實現“雙碳”目標面臨的挑戰及對策，人民科技網，<http://stdaily.com/cehua/Mar4th/202203/7d2b473b7bd443c1b0edff147c6c47dd.shtml>，擷取日期：2023 年 7 月 5 日。
5. 鉅亨網新聞中心，俄羅斯為何“棄南抽藍”？<https://news.cnyes.com/news/id/430436>，2015 年 3 月 25 日，擷取日期：2023 年 7 月 7 日。
6. 張春友，2014，俄烏天然氣談判陷僵局 俄指烏將談判引向死胡同，中國新聞網，2014 年 06 月 17 日，<http://energy.people.com.cn/n/2014/0617/c71890-25159906.html>，擷取日期：2023 年 7 月 7 日。
7. Europe Brent Spot Price FOB, <https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/rbrteD.htm>, 擷取日期：2023/09/07。

第三章、俄烏衝突對油氣市場的影響

廖惠珠

淡江大學經濟系教授

劉致峻

財團法人中技社資源暨環境研究中心研究員

天然氣與石油具有互補與替代關係，在生產上，原油²⁸與天然氣開採常有伴生現象，同時產出原油與天然氣；而在用途上，因同屬碳氫化合物，可煉製出來的石化產品也部分相同，因此互補與替代效果更明顯。由於油氣與關係密切，兩者很難完全切割，為更清楚瞭解俄烏衝突對市場造成的影響，故將本章標題訂為俄烏衝突對油氣市場的影響。

整體而言，本章主要針對天然氣市場，但部分不易切割部分則摻雜油氣議題，例如：俄烏戰爭所引發的暴利稅，其徵收標的是油氣公司的超額利潤，資料通常無法區分利潤是來自石油或天然氣。另外，本章主要針對 2022 年 2 月 24 日俄烏戰爭爆發對國際油氣市場衝擊分析，不再論述 2022 年前俄烏長久衝突情形。表 3-1 羅列俄烏戰爭以來國際油氣市場重要事件。

本章第一節論述俄烏戰爭前國際天然氣市場運作概況；第二節說明俄烏戰爭引發國際天然氣市場價格飆漲及歐洲的因應對策；第三節探究各國採行的能源補貼與暴利稅措施；第四節論述各國對俄羅斯採用的禁運與油價上限等貿易制裁措施；第五節說明俄烏戰爭下油氣市場的贏家；第六節說明俄烏戰爭及國際各項措施對天然氣市場造成的即時影響；第七節闡述俄烏戰爭對國際天然氣市場後續的影響；第八節則是本章結語。

表 3-1 俄烏戰爭以來國際油氣市場重要事件

時間點	發生事件
2022 年 2 月 24 日	俄羅斯正式入侵烏克蘭
2022 年 3 月 1 日	IEA 成員國準備釋出 6000 萬桶石油以因應俄烏戰爭
2022 年 3~4 月	俄羅斯陸續針對 5 個 EU 成員國停止供給天然氣
2022 年 6 月	歐盟宣布將於 2022 年 12 月啟動石油禁運

²⁸ 注意原油與石油有別，原油是指由地底下開採出來的液態碳氫化合物；而石油則是指包括原油及其所有煉製之油品，如汽柴油等成品油。

時間點	發生事件
2022 年 7 月中旬	俄羅斯國營能源公司 Gazprom 減少輸往歐盟北溪管線 60% 供應量
2022 年 9 月 30 日	歐盟通過對暴利稅，稅收將用於減輕企業及消費者負擔 ²⁹
2022 年 10 月 21 日	IEA 與歐洲議會提出協助中小企業因應能源危機方案
2022 年 10 月 27 日	2022 年世界能源展望 (WEO22) 指出俄烏能源危機是走向清潔能源與能源更安全的轉捩點
2022 年 12 月 5 日	歐盟宣布對俄羅斯船運原油實施禁運
2022 年 12 月 5 日	歐盟、G7 和澳洲宣布對俄羅斯原油的價格上限
2023 年 2 月 5 日	歐盟啟動對俄羅斯船運石油產品實施禁運
2023 年 2 月 5 日	歐盟、G7 和澳洲啟動對俄羅斯石油產品的價格上限

資料來源：粗體字由作者自行整理，其餘由 IEA 資料翻譯而得，IEA 資料詳 <https://www.iea.org/topics/russias-war-on-ukraine>，擷取日期：2023 年 7 月 2 日。

一、俄烏戰爭前國際天然氣市場運作概況

(一) 三大國際天然氣市場運作有別

國際天然氣市場大致可切割為美洲、歐洲與亞洲三大市場(劉致峻, 2023)。俄烏戰爭前國際天然氣三大市場的價格有別，但走勢約略一致。

1. 生產成本是各地天然氣價格差異的主因

一般而言，自產天然氣越多的國家，其天然氣平均價格越低；可由鄰近國家進口管線天然氣 (Pipeline Natural Gas, PNG) 國家，通常可享受較低價格；而大量仰賴液化天然氣 (Liquefied Natural Gas, LNG) 進口國，則必須付出較高價格。

這是因為 LNG 出口國需將所生產的氣態天然氣以-162°C 的低溫轉化為液態，再藉由 LNG 運輸船運送至進口國的接收站，最後於當地再氣化為常態天然氣供用戶使用。因為增加多道製程，自然拉高整體生產成本。而各地區因進口來源不一，加上部分國家仍然擁有一定比率的自產天然氣，因此反應在個別市場之平均價格，就有明顯差異。

2. 國際天然氣套利市場運作可調節區域價格差異

國際天然氣市場往往可藉由套利 (Arbitrage) 行為的運作，而使三大國際天然氣市場價格走向一致。套利行為促使價格便宜地區運送天然氣轉賣至價格較高地區，而縮小各地區價格走勢差距。

不過，若國際市場臨時出現緊急狀況而造成明顯供需失衡，如 2011 年日本 311 大地震與 2022 年俄烏戰爭，因套利行為帶來的調節能力有限，無法維持區域價格平衡，造成國際三大地區之天然氣價格走勢出現明顯偏離現象。這可從下一小節的說明中，一窺端倪。

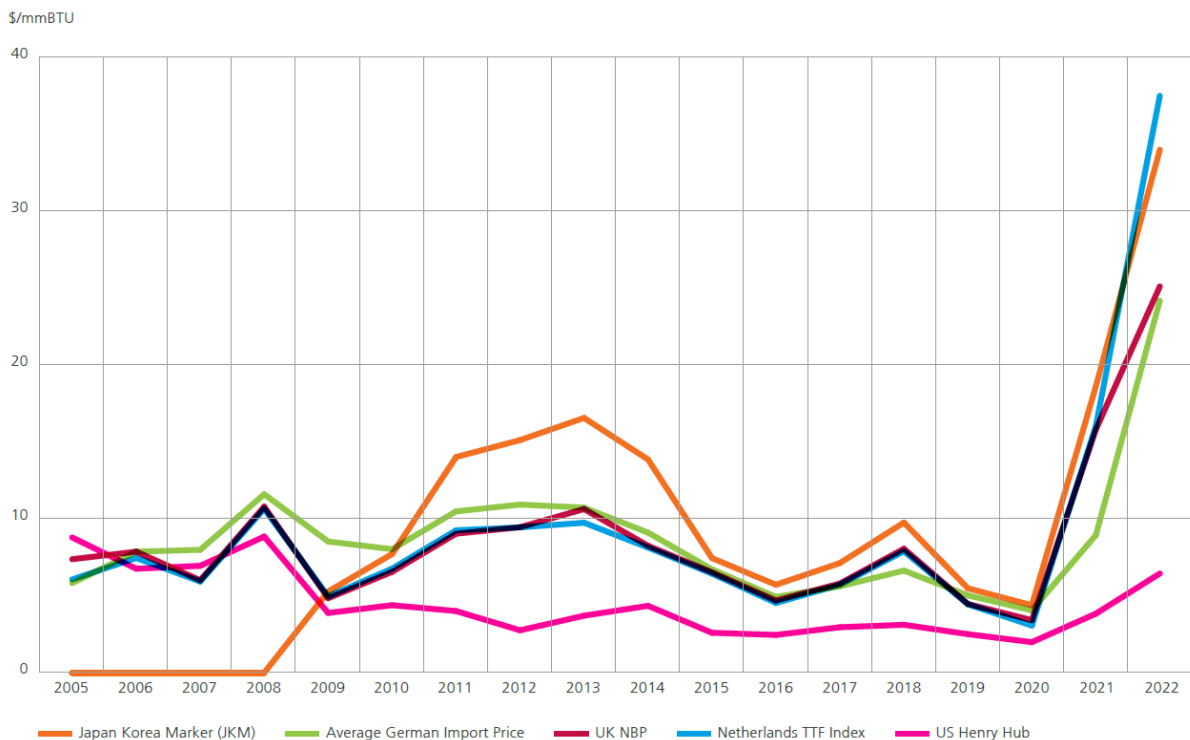
²⁹ 在此之前，歐盟部分國家早已施行暴利稅，如希臘早在 2021 年 10 月就開始課徵暴利稅。

(二) 2021 年前三大國際油氣市場走勢簡析

以圖 3-1 為例，美洲的天然氣市場以 PNG 為主，並以美國亨利港(Henry Hub, 以粉紅線表示)為天然氣網路樞紐。在 2008 年前，美國自產天然氣量有限，故價格偏高；2008 年後，隨著頁岩油氣開採技術突破且日益精進，美國天然氣產量大增，使得 Henry Hub 氣價大幅降低，多在 4 美元/mmbtu 以下，偶有市場低迷時，價格甚至可低至 2 美元/mmbtu 以下(例如：2020 年平均氣價僅 1.99 美元/mmbtu)，遠遠低於其他地區的天然氣價格。

代表歐洲地區的荷蘭 TTF 氣價 (Title Transfer Facility, 以淺藍表示)、德國平均進口氣價 (以黃綠色表示) 與英國 NBP 氣價 (National Balancing Point, 以棕色表示) 的趨勢亦如圖 3-1 所勾勒。歐洲天然氣的價格始終處於三大市場的中間位置，約在 6 至 10 美元/mmbtu 間。這樣的趨勢主要是受惠於來自俄羅斯、挪威與鄰近歐亞國家的 PNG 供應，再加上部分自產的天然氣，成本較高的 LNG 占總天然氣供應的比率不高。

至於代表亞太地區的普氏日韓指標 (Japan-Korea Marker, JKM, 以橘色表示) 則在 2010 年至 2020 年間皆為三大市場最高價。尤其在 2011 年後，因為日本 311 大地震導致日本核能機組一度全面停擺，改以大量的天然氣發電替代，但受限於天然氣液化、運輸與儲存的量能限制，歐、美地區的天然氣無法在短時間內轉銷至以 LNG 為主的亞太地區，進而導致該地區 LNG 價格的飆漲，當時中油公司的天然氣事業部門也因而產生巨大損失 (見圖 3-1)。



資料來源：Energy Institute, *Statistical Review of World Energy 2023*, p34。

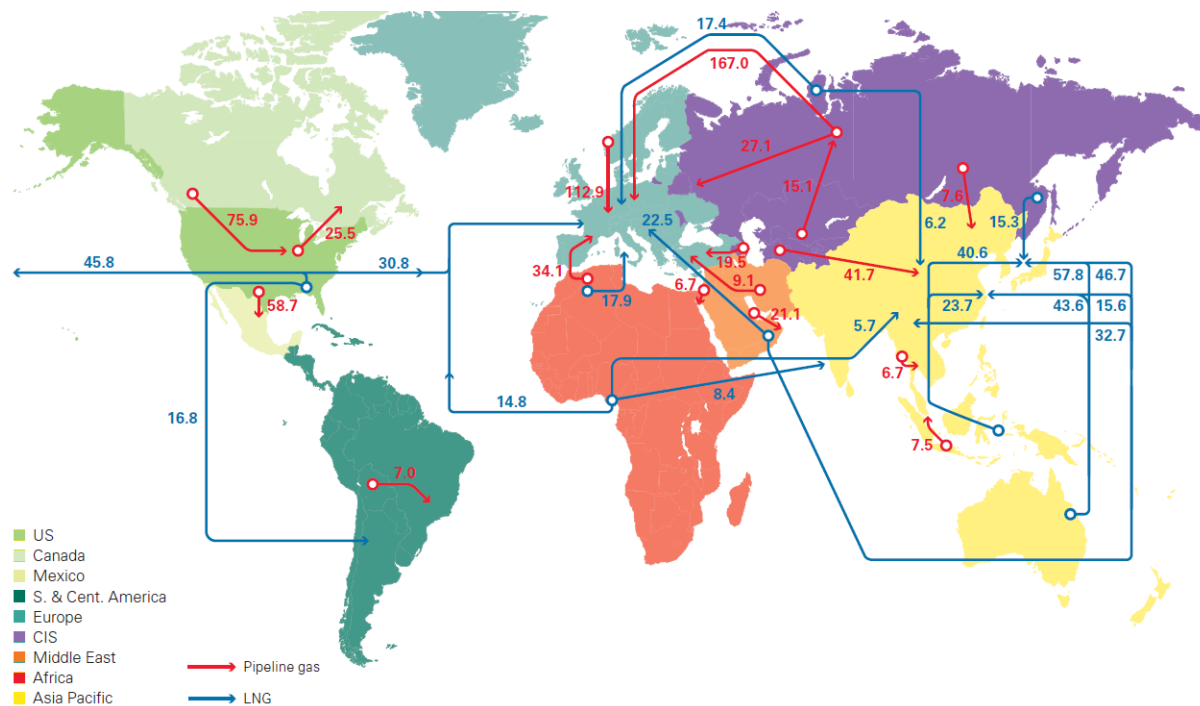
圖 3-1 國際天然氣市場天然氣價格走勢 (2005-2022)

簡言之，國際三大天然氣市場價格走勢雖多一致，但仍因各地區 PNG 與 LNG 比例有別、進出口與生產消費比例不一，而深受國際地緣政治、經濟與環境變化影響。尤其是各主要交易市場除了實體面交易外，也提供期貨市場或衍生性商品市場等金融交易；這些金融交易往往只需要極低的保證金，就可在極短時間內從事大筆買賣行為，因而更誘發投機炒作現象，加劇了市場價格波動。

俄烏戰爭帶動全球天然氣價格飆漲，就是因為歐洲過度仰賴俄羅斯 PNG，在戰爭可能引發天然氣供應短缺疑慮下，透過投機者的炒作行為，而引發一系列國際油氣市場變化的結果。

二、俄烏戰爭引發國際天然氣市場價格飆漲及歐洲的因應對策

前節指出國際天然氣市場的脆弱，只要出現地緣政治、經濟與環境變化，天然氣價格就會波動。圖 3-2 是 2021 年國際天然氣市場主要貿易流量圖，可清楚理解為何俄烏戰爭會對國際天然氣價格造成顯著影響。



單位：Billion Cubic Meters, bcm.

註：紅色線條是 PNG 貿易流；而藍色線條是 LNG 貿易流。紅藍線旁註明的數據代表由出口地點（圓圈處）至進口地點（箭頭處）的貿易量。

資料來源：圖形取自 BP, Statistical Review of World Energy 2022, p37。

圖 3-2 國際天然氣貿易流（2021 年）

整體而言，2021 年全球 PNG 貿易量（505.6 bcm）略低於 LNG 貿易量（516.2 bcm）。其中，PNG 貿易主要集中於歐洲地區；而亞洲地區則以 LNG 為主。

而從圖 3-2 可發現俄羅斯無論是 PNG 或 LNG 出口，在全球都占舉足輕重地位。2021 年俄羅斯 PNG 出口量約占全球 PNG 總出口量的三成。其中，歐洲最為

倚賴來自俄羅斯的 PNG，2021 年歐洲地區 PNG 進口有 45% 來自於俄羅斯，高達 167.0 bcm，比諸第二名挪威³⁰ 出口至歐洲地區的 112.9 bcm 仍高出許多。其中，德國是最依賴俄羅斯 PNG 進口的國家之一，占比高達該國用量近六成。此現象凸顯了俄羅斯在國際天然氣市場（尤其是歐洲市場）的重要性。

由於歐洲諸國大幅倚賴俄羅斯天然氣，使得俄烏戰爭初期，許多國家都採取保守策略，僅建議俄烏雙方應採取和談方式解決爭議，並多以人道救援方式提供援助。其中，歐洲最大經濟體的德國尤為保守，相較於其他諸國支援各式武器，德國在戰爭初期僅捐贈五千個頭盔，還要求境外取貨。原因就在於德國高度仰賴俄羅斯 PNG，一時之間受制於俄羅斯而必須採取保守方式因應。

以下第一小節先說明俄烏戰爭引發國際天然氣市場價格飆漲的狀況，第二小節再論述歐洲因應天然氣短缺之對策。

（一）國際油氣市場價格飆漲

國際天然氣市場本就脆弱，加上歐洲多國對俄羅斯天然氣的高度倚賴，讓俄烏戰爭造成國際天然氣價格飆漲。

其實早在 2022 年 2 月 24 日俄羅斯正式對烏克蘭開戰之前，由於俄羅斯在俄烏邊境屯兵日增，市場對地緣政治動盪的不安開始發酵，國際天然氣價格即已開始蠢蠢欲動³¹，此現象可從前節的圖 3-1 觀得之。而俄烏戰爭開打後，2022 年國際天然氣價格更是一度大漲。尤其是處於戰場風暴鄰近的歐洲地區，價格更是大幅飆高。其中，期貨交易量龐大的荷蘭 TTF 氣價甚至還高於代表亞洲 LNG 市場的 JKM 氣價。

若仔細檢視 TTF 日資料（如圖 3-3 所示），可發現在俄烏戰爭初期，TTF 價格指數係隨著戰情變化而上下大幅波動並朝上飆漲。若戰情緩和，TTF 指數就下滑；反之，則一路飆漲。爾後，出於對當年冬季天然氣庫存不足的擔憂，歐盟於 2022 年 6 月制定新的《天然氣儲存法規（Gas Storage Regulation EU/2022/1032）³²》強制要求成員國需在冬季前將其天然氣儲存設施填充至 80%，加上 7 月間俄羅斯國營能源公司 Gazprom 宣布減少輸往歐盟的北溪天然氣管線六成的供應量，加上對寒冬即將來臨的擔憂，於是歐洲各國紛紛搶購囤積天然氣，使得 TTF 天然氣價格於八月下旬一度飆升至 244.55 歐元/MWh（若換算為原油計量，約等值每桶原油 410 美元）的歷史高點。

此一天價改變了國際天然氣慣常的貿易流，不僅美國將其天然氣轉出口至歐洲；連一向供應給亞洲地區的 LNG 也轉向歐洲，迫使諸多亞洲國家跟著搶購 LNG。

³⁰ 挪威並非歐盟成員國。

³¹ 2021 年國際能源，除天然氣外，其他能源價格也多上漲。除了俄烏戰爭謠言外，其他原因尚包括有疫情漸歇後之景氣復甦、綠色通膨（為因應氣候變遷而衍生各式能源生產成本上揚）等因素。

³² https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-security/gas-storage_en

由於美國輸往歐洲之天然氣，必須以 LNG 方式跨過大西洋運送，而 LNG 出口終端需配備足夠的液化設施，接收終端則需要運、儲及再氣化設備，故也刺激了 2022 年天然氣產業大量的 LNG 相關投資。



單位：歐元/MWh

資料來源：<https://www.investing.com/commodities/dutch-ttf-gas-c1-futures>，擷取日期：2022.8.23

圖 3-3 俄烏戰爭期間 TTF 天然氣期貨價格走勢

(二) 歐洲因應天然氣短缺之政策

歐洲地區為因應天然氣短缺的挑戰，國際能源總署（International Energy Agency, IEA）早在 2022 年 3 月 3 日就出版了十項行動方案以降低天然氣短缺對歐盟的衝擊，其內容如下：

- 行動一：不再與俄羅斯簽訂新天然氣供應合約
- 行動二：以其他國家供氣合約替代既有俄羅斯供氣合約
- 行動三：極大化天然氣應有儲備量以提升市場彈性
- 行動四：加速風力與太陽光電計畫的部署
- 行動五：極大化既有低碳能源（核電與生質能）發電量
- 行動六：保護脆弱用電族群因應高能源價格
- 行動七：加速以熱泵替代天然氣鍋爐
- 行動八：加速改善建築與產業部門能源效率

行動九：鼓勵消費者暫時性調整空調溫度以降低能源使用量³³

行動十：逐步走向多元化與低碳化以提升電力系統的靈活性

根據 Energy Institute (2023b) 發布的數據顯示，2022 年全球天然氣總消費量較 2021 年下降 3.1%，而歐洲地區更是下降了 13.5%。歐盟 2022 年天然氣用量是自 2002 年以來倒數第二低數據，僅比曾發生烏克蘭天然氣危機事件³⁴的 2014 年略高一些。歐洲天然氣消費量的明顯下降，雖與暖冬減少暖氣需求有關，但檢視相關媒體報導，歐洲確實有不少民眾發揮同仇敵愾精神，響應上述十項行動方案，才讓天然氣需求明顯降低。

整體而言，IEA 十大行動方案，確實發揮指導功效，讓歐盟國家能安然渡過 2022 年冬季。此十大行動方案，有些擴及更多政策施行（如能源補貼政策），有些則引發更多討論與爭辯，例如一些原來已走向非核國家（如義大利與德國），轉向探討是否應建置新的核能機組（或延役），以確保國家的能源安全問題。

三、能源補貼與暴利稅

俄烏戰爭期間，不僅只國際天然氣價格飆漲，無論是石油、煤炭或電力，各類能源價格均大幅上揚。普羅大眾生計受創，迫使各國紛紛啟動能源補貼政策（Energy Subsidy）。諷刺的是，當民眾因高價能源而苦不堪言之際，各家能源公司卻享受大量超額利潤。各界批評蜂擁而至，促使各國政府以課徵暴利稅（Windfall Tax）方式，企圖消弭此不公平現象。以下兩個小節將分別闡述各國在能源補貼與暴利稅的相關作法：

（一）能源補貼

戰爭期間，各國除了面對超高天然氣價格外，電價也因為燃料成本（歐洲燃氣發電占比高）的上揚而提高。圖 3-4 顯示，自 2021 年下半年起，歐盟地區的家庭電力與天然氣價格就開始走高，而 2022 年更是一路上揚。其中，天然氣價格漲了近兩倍，由 2021 年上半年的 6€/100kwh 上漲至 11.4€/100kwh；而電力價格則上漲 42%，由 2021 年上半年的 20€/100kwh 上漲至 28.4€/100kwh³⁵。此一漲幅讓普羅大眾難以消受，怨聲四起，各國政府因而紛紛祭出補貼機制。

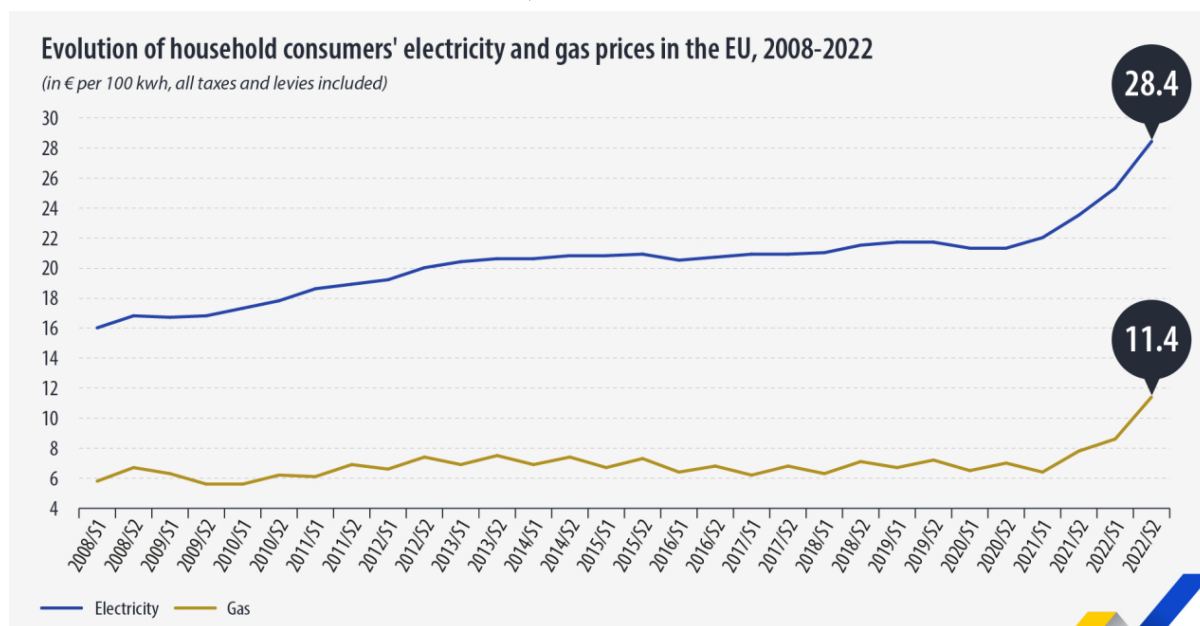
歐盟各國的能源補貼，大多於 2022 年下半年至 2023 年上半年實行。至於補貼方式則相當多元，例如價格上限、固定金額補貼；亦有多國採取減稅措施（各國所採用詳細的減稅比例可參閱歐盟官方網站）。上述這些補貼措施亦常以混和

³³ 歐盟建築物若降低 1°C 則一年可減少約 10 bcm 天然氣用量。

³⁴ 該事件造成第一次歐洲天然氣短缺危機，導致歐洲多國發生民眾凍斃死亡事件，亦促使歐洲地區增建更多天然氣管線以降低從俄國進口之 PNG 大多過境烏克蘭的現象。

³⁵ 另外，非家計部門的電價亦呈類似漲幅，礙於篇幅限制，本文不再贅述，有興趣讀者可併同能源補貼措施一併參閱網址如下 https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_price_statistics#Electricity_prices_for_household_consumers，擷取日期:2023.8.14。

方式實施，例如：愛爾蘭補貼其國內用電戶，每戶在 2022 年 4 月至 6 月間，可收到 200 歐元的補貼，亦自 2022 年 5 月起減稅 13.5% 至 9%。



單位：€/100kwh

資料來源：<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/DDN-20230426-2>，擷取日期：2023.8.14

圖 3-4 歐盟家庭電力與天然氣價格走勢（2008~2022 年）

除了政府補貼外，一些國家的民間團體也紛紛抬出各種救濟措施，來接濟貧困家庭。例如：已脫離歐盟的英國，其國內就有許多社會福利團體設立了暖氣銀行，專門供應給貧困無力支付暖氣賬單的民眾，到暖氣銀行接受溫暖庇護，喝喝熱茶，度過寒冬。

相較於上述諸多國家以設定價格上限、定額補貼、減稅或混和式的作法，臺灣政府則要求國內的兩大國營事業凍結零售價或只能少部分反映國際價格。因此臺灣在這段期間內，無論是油、氣或電價，在同期間皆遠低於其他國家（Liao, 2022）。政府的想法是：因為天然氣與電力是產業生產的必備要素，油氣與電力價格的上揚，勢必引發連鎖效應，讓物價膨脹像脫韁野馬，一發不可收拾。

然而，臺灣政府以管制油氣價格對市場進行干預，並非沒有代價。一方面，低廉的能源價格無法提供能源用戶足夠的節能誘因，其使用能源的行為並沒有產生改變，也不利於長期減碳目標的達成。臺灣電力消費在 2022 年則僅年減 1.3%，天然氣消費則年增 3.8%，相較之下，歐盟地區在 2022 年天然氣消費則下降 13.5% 的用量。

另一方面，由國營事業吸收高額進口成本，亦導致中油公司與台電公司虧損累累。依據經濟部國營事業管理司的國營事業績效報告顯示，中油公司與台電公

司在 2022 年分別虧損 2,123 億元與 2,271 億元；而 2023 年截至 6 月底，也分別虧損 269 億元與 1,229 億元³⁶。如此高額的虧損，極不利於此兩公司的永續經營。

(二) 暴利稅

1. 能源公司產生暴利緣由

自由市場的價格由供給與需求共同決定，若市場出現突發狀況，造成供給大幅減少，市場價格就會飆漲。供應量未受影響的供給方不須付出額外成本，就可享有更高額的利潤。俄烏戰爭發生前後，國際能源市場價格多次飆高，許多掌握諸多能源資產的能源公司的價值暴增，充分享受價格飆漲帶來的好處。

2. 俄烏戰爭期間各大能源公司暴利概況

仔細檢視各大能源公司獲利現象，可發現早在俄烏戰爭前，國際能源公司的利潤已隨國際能源價格而悄然上漲。俄烏戰爭帶來的能源價格飆漲，更擴增了各大能源公司獲取的暴利。

根據紐約時報 (New York Times) 2022 年 11 月 18 日的報導，2022 年上半年，荷蘭皇家殼牌公司 (Shell) 賺進 200 億美元；而英國 BP 公眾公司 (BP plc) 與法國道達爾公司 (Total Energies) 則分別賺進 166 億美元與 290 億美元³⁷。英國衛報 (The Guardian) 則在 2023 年 7 月以聳動標題指出，因為油價與利率的飆漲，全球有 722 家大型企業共賺進超過上兆美元。其中，能源公司獲取破新高紀錄的暴利最是驚人。名列富士比雜誌 (Forbes) 全球前兩千家企業的 45 家大型能源公司，在 2021 年與 2022 年，平均賺進 2,370 億美元³⁸。

另依據美國參議院 2023 年 2 月的報告，美國艾克森美孚 (Exxon Mobil)、美國雪佛龍 (Chevron)、英國 BP 公眾、荷蘭皇家殼牌與法國道達爾等五家公司，在 2022 年的稅前淨利共計 2,643 億美元³⁹。歐洲議會也於 2023 年提出分析報告，指出歐洲四大能源公司 2021 年與 2022 年間確實獲得遠高於過去的暴利 (European Parliament, 2023)。

3. 各國課徵暴利稅相關歷史與爭議

雖然歐盟直到 2022 年 9 月才通過對能源公司課徵暴利稅的協議，但其實早在俄烏戰爭發生前，先進諸國就已有課徵暴利稅案例。依據美國國會研究服務團 (Congressional Research Service, CRS) 2022 年 3 月 2 日報告，清楚說明所謂的

³⁶ 詳 https://www.moea.gov.tw/Mns/cnc/content/ContentLink.aspx?menu_id=10256。

³⁷ 詳紐約時報，<https://www.nytimes.com/2022/11/18/business/economy/windfall-taxes.html>。

³⁸ 詳英國衛報，<https://www.theguardian.com/business/2023/jul/06/worlds-722-biggest-companies-making-1tn-in-windfall-profits>。

³⁹ 詳美國參議院報告，<https://www.whitehouse.senate.gov/news/release/after-record-year-for-big-oil-whitehouse-se-revamps-bill-to-claw-back-windfall-profits-and-send-relief-to-the-american-public>。

「暴利」乃指超額、未經努力而取得的不公平利潤；而暴利稅則可透過所得稅與營業稅來課徵。

以美國為例，卡特總統在 1980 年就對其自產原油課徵暴利稅。其作法係針對油價與物價指數之差，徵收一定比率的營業稅⁴⁰。該次暴利稅徵收，以失敗收場，並於 1988 年終止。根據事後分析報告顯示：該次暴利稅的徵收，造成美國原油生產下降 8%，進口則增加 13%。此係因暴利稅讓美國自產原油成本增加，企業轉而向相對便宜的阿拉伯國家進口原油。對比當時美國的頭號對手蘇聯正大舉開發油氣田，該暴利稅降低美國對自產油氣的開發誘因，降低自主能源供應能力。

相形之下，2022 年俄烏戰爭為油氣公司帶來的暴利，非 1980 年代美國石油公司能夠比擬。全球在戰前已經歷了兩年多的 Covid-19 疫情，戰爭爆發更迫使各國須提供大筆能源補貼，原本就財政緊絀各國政府的財政狀況更是捉襟見肘，讓一向標榜著尊重市場自由機制的歐美國家紛紛開始推動暴利稅。但各大能源公司則聲稱該稅違背自由經濟機制，許多專家學者也提出各種分析評估，一度延宕各國課徵暴利稅的議程。

吾人可以觀察到，市場的自由程度與國家財政的困窘程度，影響暴利稅課徵時程與稅率的高低。一般而言，市場越自由，企業反彈聲浪越高，暴利稅課徵時程越晚。例如：希臘甚至早在的 2021 年 10 月就已開始課徵暴利稅；英國則一直到 2022 年 5 月才開始施行；而就筆者所知，美國國會雖從 2022 年就有多次課徵暴利稅的提案，但在截稿前仍未通過。

4. 暴利稅課徵原則

課徵暴利稅有其利弊得失，故國際貨幣基金(International Money Fund, IMF)不僅提出課徵能源暴利稅的原則，也蒐集諸多暴利稅案例，具有相當的參考性(IMF, 2022)。本小節摘錄暴利稅課徵原則如下：

原則一：若一國目前尚無恆久性暴利稅措施，可考量課徵暴利稅。

原則二：若採行暫時性暴利稅，宜注意此舉可能會引發投資風險、扭曲市場機制；另外，暫時性暴利稅之課徵機制應與恆久性暴利稅一致，以維持一個能源投資者可接受且可預期的經濟環境。

原則三：鼓勵轉向再生能源以符合全球電力低碳化趨勢，再生能源發展有助於提升地區能源安全，故不建議對再生能源發電業者課徵暴利稅。

原則四：若在政治壓力下，必須課徵暴利稅時，務必落實下列四個動作：

(1) 清楚衡量期間內之暴利金額；

⁴⁰ 詳 Congressional Research Service (2022)。

- (2) 不可只依照營收高低來課徵暴利稅，因為較高的營收可能來自於投資與產量的增加或通貨膨脹；
- (3) 稅收課徵必須是對稱的，企業有暴利時課稅，但企業損失時亦應有對應之補償機制；
- (4) 如果暴利現象長久存在，則可課徵恆久性暴利稅。

原則五：應考量改革行為對市場造成衝擊後，是否還存在有暴利的現象。例如：課徵關稅或出現市場進入障礙後，企業暴利可能消失。

5. 各國暴利稅課徵情形的綜整

IMF (2022) 除揭露上述五大課徵暴利稅指導原則外，也彙整全球各主要國家課徵暴利稅的稅率與徵收方式。

在恆久性暴利稅部分，課徵的國家均為當前主要油氣生產國，包括澳洲、巴西、加拿大、馬來西亞、挪威、俄羅斯、沙烏地阿拉伯、英國，及中亞與非洲共計 18 個原油與天然氣開採國。各國因生產成本、市場狀況與國情差異，課徵稅率明顯有別。另外，各國國內也因不同地區的油氣田差異，而有不同稅率。其中，稅率最低的是巴西 (0%至 10%)；稅率最高的則是亞塞拜然 (55%至 90%)；國內稅率差距最大的是安哥拉 (30%至 90%) 與沙烏地阿拉伯 (15%至 80%)。

除了上述恆久性暴利稅之外，由於在俄烏戰爭爆發前，國際油氣價格業已飆漲，迫使一些非主要油氣開採國 (如希臘) 課徵暴利稅；或是原已有暴利稅，但仍嫌不足的國家 (如英國) 課徵額外的暴利稅。依據金融時報 (Financial Times) 2023 年 8 月 3 日報導⁴¹，歐洲地區自 2022 年起，共計有超過 30 個課徵暴利稅案例，範圍包括能源、銀行與食品等多個部門。共有 24 個歐盟國家宣稱，已經或即將針對能源公司課徵暴利稅。

綜合 IMF (2022)、金融時報 (2023) 與網路資料，筆者將各國針對能源產業課徵暴利稅的相關作法，臚列如下：

- (1) 希臘：實施期間為 2021 年 10 月~2022 年 3 月；針對其國內電力生產者課徵 90% 暴利稅。
- (2) 匈牙利：實施期間為 2022 年~2023 年；針對能源部門課徵 40% 的暴利稅；其暴利的計算係國際市場價格與實際從俄羅斯進口價格之差額。
- (3) 義大利：實施期間為 2021 年 10 月~2022 年 4 月；針對所有油氣與電力產銷公司課徵一次性 25% 的暴利稅；其暴利的計算此段期間較前一年度利潤超過 500 萬歐元之差額。

⁴¹ 詳 <https://westobserver.com/business/europes-thriving-businesses-face-mounting-windfall-tax-hit/>。

- (4) 西班牙：實施期間為 2022 年~2023 年；針對其國內電力生產者課徵暫時性的暴利稅。
- (5) 英國：實施期間為 2022 年 7 月至 2025 年 12 月；針對油氣生產者課徵額外 25% 的暫時性暴利稅，加計既有已課徵稅率，共計 65% 的稅率；但新增投資可享有高達 80% 的補貼。
- (6) 羅馬尼亞：實施期間為 2022 年~2023 年；針對其國內油氣、煤炭與煉製業者課徵 60% 暴利稅；其暴利的計算係在 2022 年~2023 年可課徵利潤超過 2018 年~2021 年的平均可課徵利潤 120% 之差額⁴²。

以 2022 年為例，利用數學式表示，令 2022 年可課徵之營業利潤為 X，2018 年~2021 年的可課徵營業利潤分別為 Y1、Y2、Y3，與 Y4，則暴利 Z 之計算方式如下：

$$Z = X - (Y1 + Y2 + Y3 + Y4) / 4 \times 120\%$$

- (7) 保加利亞：實施期間為 2023 年 7 月~2023 年 12 月；針對化石能源產業課徵 33% 的暴利稅；其暴利的計算與羅馬尼亞相同。
- (8) 克羅埃西亞：實施期間為 2022 年；針對總所得超過 4,000 萬歐元的公司課徵 33% 的暴利稅；其暴利的計算與羅馬尼亞相同。

簡言之，全球經過俄烏戰爭帶來的衝擊，更多的反思正陸續引發迴響。諸如政府干預與自由市場之間的抉擇；化石能源除造成氣候變遷，也對各國能源安全帶來隱憂。凡此種種議題，都值得吾人深思。

四、各國對俄羅斯油氣制裁措施

俄烏戰爭讓歐洲各國疲於奔命，藉由能源補貼與暴利稅等諸多措施，來減緩對民生經濟的衝擊。為求更長期的能源安全，歐盟也祭出多項反擊措施。包含了迅速停止與俄羅斯重要人員的往來，並訴諸國際法庭，懲治俄羅斯總統普丁及相關官員（如凍結其國外資產）等等。

在經濟面，也提出許多經濟杯葛措施。其中，最主要且頗具影響力的是貿易制裁，希望藉由這些制裁以迫使俄羅斯及早停止戰爭。在出口至俄羅斯方面，禁止各項高科技（如半導體）、能源產品、航空與海運，以及奢侈品等多項重要商品；而由俄羅斯進口到歐洲方面，則禁止原油與煉製品、煤炭鋼鐵與其製品、黃金（包括珠寶）、水泥、瀝青、木材、紙、橡膠與塑膠化合物、海產與酒，以及香菸與化妝品等俄羅斯重要出口品。其中，石油禁運與設定油價上限與本報告主題關聯性較大，故詳述於下：

⁴² 詳 <https://www.orbitax.com/news/archive.php/Romania-Implements-Windfall-Ta-51677>。

（一）禁運

2022年6月歐盟宣告自2022年12月起，將禁止購買、進口或轉賣來自於俄羅斯的原油；而自2023年2月起，此禁令將擴及所有的石油產品。不過，此一禁令也附帶一個暫時性的例外，讓少數仍高度仰賴俄羅斯進口石油且無其他替代能源產品的特殊地區得以豁免，例如：保加利亞與克羅埃西亞。

由於歐盟是俄羅斯石油的主要出口地區，故此石油禁運措施大約囊括俄羅斯出口至歐洲石油總量的九成，重創俄羅斯的貿易利益。不僅歐盟，2022年12月5日G7成員國（美國、加拿大、英國、德國、義大利、法國與日本）以及澳大利亞，均施行此一禁運令，其他與歐美關係較佳的國家，也盡量配合此一禁令。另外，自2023年2月5日起，歐盟、G7，與澳大利亞也都將此禁令擴及所有石油產品。

（二）油價上限

為了抑制國際油價上漲，歐盟也同時自2022年12月起啟動原油及各種石油產品的價格上限機制。其中：

原油：價格上限為 \$60 美元/桶（自 2022 年 12 月 5 日起施行）

低價油品：價格上限為 \$45 美元/桶（自 2023 年 2 月 5 日起施行）

高價油品：價格上限為 \$100 美元/桶（自 2023 年 2 月 5 日起施行）

上述低價油品（Discounted Petroleum Products）是指石油產品中價格較低廉的產品，通常買方享有較多的折扣（Discount），如輕油（Naphtha，亦稱石油腦）；而高價油品（Premium Petroleum Products）則指石油產品中較貴的產品，通常買方必須付出較高的溢價（Premium），如航空燃油（Jet Fuel）。注意上述價格上限可隨時間變動而修正，以反映市場變動與科技進步。

價格上限機制不僅可降低俄羅斯油氣收入，限制俄羅斯持續攻打烏克蘭的量能；亦可穩定全球能源價格，減緩俄烏戰爭對全球經濟的衝擊。為了落實此價格上限機制，歐盟也要求於歐盟國家註冊的船隻，不得協助運送俄羅斯原油與石油產品至其他國家，也不可提供技術、轉介或財務協助。此價格上限機制在2022年12月5日與2023年2月5日施行時，G7與澳大利亞也都一致響應配合。

五、俄烏戰爭的油氣贏家

俄羅斯一方面減少供應天然氣給歐洲，另一方面，其原油與石油產品的出口則受到歐盟、G7與澳大利亞等多國的抵制。而俄國為維持其收入，亟欲將其無法順利出口的油氣改道（Reroute）至其他國家。

然而，無論是天然氣或原油的採購都設有一定比例的長約。尤其是LNG的採購，受限於出口商初期需建設的天然氣液化與超低溫輸儲設施，其合約往往長

達 15~20 年。即使目前國際 LNG 買賣更加普及而出現不少現貨市場買賣，但是各國考量供應穩定性，也常會簽定較長的合約。舉例來說，中油公司於 2021 年 7 月與卡達國營石油公司（Qatar Petroleum）簽署每年 125 萬噸 LNG 的買賣合約，期間長達 15 年。一般而言，為了確保油氣源的穩定供應，大部分國家不會輕易變更長約的期間約定，因此各國轉向購買俄羅斯油氣的部分就有所限制。

在此限制下，中國與印度這些不受禁運規範的國家，就越發凸顯出買方優勢，由俄羅斯提供折扣，並接受中國人民幣與印度盧比進行交易，讓中國與印度從中獲取不少利益。另外，俄烏戰爭引發國際油氣價格飆漲，也平白讓其他油氣出口國（例如：美國、挪威與中東國家）充分享受能源出口的超額利潤，而成為另一批獲益者：

（一） 中國

路透社（Reuters）在 2023 年 5 月 11 日的兩篇報導，論述中國以人民幣支付從俄羅斯進口大量油氣的情形。該報導指出⁴³，中國用人民幣支付俄羅斯進口商品的金額，從 2021 年的 4% 急遽上升至 2022 年的 23%。其中，從俄羅斯進口石油、PNG、煤炭與鐵礦（都是歐盟的禁運商品）大都以人民幣支付。

中國以人民幣向俄羅斯採購能源，起於 2022 年 4 月俄羅斯被逐出「環球同業銀行金融電訊協會（Society for Worldwide Interbank Financial Telecommunications, SWIFT）」系統。俄國因而改以人民幣與印度盧比（後述）的方式，進行國際交易。在 2023 年 5 月後，所有俄羅斯銷往中國的原油與石油產品幾已全部改採人民幣支付。路透社並引用俄羅斯總統普丁的說法，中俄當前約有三分之二的貿易以人民幣進行。至 2023 年 3 月，中國以人民幣支付的跨國交易額已取代美元，成為中國跨國交易的最主要貨幣。不過報導亦指出，根據 SWIFT 的官方資料，中國人民幣占全球跨境交易的比率僅為 2.5%，而美元與歐元則分別占 39.4% 與 35.8%。

此外，中國亦在與俄羅斯的油氣貿易中，享有極高的折扣。中國於 2022 年由俄羅斯購買的石油、煤炭，以及鋁製品，約只需支付市價的 52%⁴⁴。比諸 2021 年，2022 年間，中國由俄羅斯的煉製業者、電力公司以及冶煉廠進口的折扣商品總值成長 52%。2023 年第一季，俄羅斯已超越過沙烏地阿拉伯，成為中國最主要的原油進口國，進口量約為每天 2.05 百萬桶，占中國總進口量的三分之一強⁴⁵。

（二） 印度

有關印度與俄羅斯石油貿易的網路資訊相當繁雜，以下內容主要彙整自可信度較高的知名媒體（如路透社等）。由於各媒體所報導時間點有別，故所揭露數據

⁴³ 詳 <https://www.reuters.com/markets/currencies/vast-china-russia-resources-trade-shifts-yuan-dollars-ukraine-fallout-2023-05-11/>。

⁴⁴ 52% 的折扣應有其參考性，其他資料來源亦有 50% 折扣的說法。詳 <https://asia.nikkei.com/Politics/Ukraine-war/Russia-becomes-China-s-discount-gas-station-Ukrainian-experts>。

⁴⁵ 詳 <https://www.reuters.com/markets/commodities/chinas-oil-commodities-import-russia-2023-05-11>。

常有差異，此時筆者會比對媒體報導時點與相關資訊而選用可靠度較高的訊息進行整理⁴⁶。不過，本小節的資訊來源畢竟屬於新聞報導，雖具參考價值，但欠缺官方認證，故請讀者自行參酌⁴⁷。

印度是全世界第三大的石油消費國與進口國，其石油消費八成仰賴進口。自俄烏戰爭開打，印度即大量購買俄羅斯打折後的原油，遂成為俄羅斯海運原油的頭號買家，而俄羅斯亦晉升為印度第四大原油進口國。2022年，印度平均每日從俄羅斯進口 97~98.1 萬桶原油，約占當時印度總進口量的五分之一強。OPEC 國家向來為印度主要原油進口來源，曾在 2008 年時，高居印度總進口占比的 87%，但在 2022 年時已跌至 64.5%。

時至 2023 年 6 月，印度由俄羅斯進口的原油每日已高達 2.17 百萬桶（占印度每日總進口量 4.78 百萬桶的 45%）。此進口數據甚至高於其他四個主要進口國（伊拉克、沙烏地阿拉伯、美國與阿拉伯聯合大公國）的總和。

時至 2023 年 6 月，印度由俄羅斯進口的原油每日已高達 2.17 百萬桶（占印度每日總進口量 4.78 百萬桶的 45%）。此進口數據甚至高於其他四個主要進口國（伊拉克、沙烏地阿拉伯、美國與阿拉伯聯合大公國）的總和。印度由俄羅斯購油係依照兩國簽訂之盧比—盧布貿易協定運作，除降低美元壓力與外匯持有成本外，更享受高額的價格優惠。多個媒體報導，印度支付俄羅斯價格低於國際原油價格之差額曾一度高達每桶 30 美元⁴⁸。

不過目前此折扣額度已日漸縮小，到 2023 年 8 月已縮小到每桶 4 美元左右。折扣額縮小的主要原因有二：一是俄羅斯已找到其他買家，如巴基斯坦與阿富汗等國；二是印度需承擔越來越貴且越不透明的船運與保險費。筆者判斷應是歐盟禁運的要求日趨嚴格所致。因為依據歐盟禁運規定，歐盟各國不僅不得幫忙運輸禁運清單的商品，更不得提供相關財務與技術協助。由於先進諸國主導全球之技術與財金系統，當歐盟、G7 與美國自 2023 年的生效日開始落實執行時。國際船運成本與相關保險支付金額自然水漲船高。

（三） 美國、挪威與中東國家

根據多家媒體引用自 IEA 的說法，全球油氣產業 2022 年的總收入超過四兆美元，遠高於前幾年平均的 1.5 兆美元⁴⁹。四兆美元的總收入隱含國際間主要油氣出口國皆藉俄烏戰爭大發利市。

⁴⁶ 詳 <https://indianexpress.com/article/business/commodities/after-hitting-fresh-high-in-june-indias-russian-oil-imports-may-decline-in-july-8699762/>；<https://jamestown.org/program/india-losing-its-steep-discount-on-russian-crude-oil/>；<https://www.reuters.com/world/india/india-continue-buying-cheap-russian-oil-discount-be-finalised-source-2022-05-25/>。

⁴⁷ 因本節論述內容多違背國際主要國家禁運指令，故難以找到具公信力的官方佐證。

⁴⁸ 30 美元的數據在許多媒體均有類似之報導，因此可靠度頗高。

⁴⁹ 詳 <https://oilprice.com/Energy/General/Global-Oil-And-Gas-Industry-Sees-Profits-Soar-To-4-Trillion.html>。

以美國而言，雖然民眾必須支付較高的能源費用，但美國是能源淨出口國，其 2022 年國內能源總生產量已超過其總消費量。美國並於 2022 年成為全球最大的天然氣出口國，歐洲地區在 2022 年所增加的 LNG 進口量的三分之二均來自於美國。雖然其售價難以判定，但讀者可從本章第二節的論述中可知，美國諸多油氣公司在戰爭期間的獲利十分驚人。

中東諸國亦在俄烏戰爭期間獲利甚豐，全球最大油氣公司沙烏地阿拉伯國家石油公司 (Saudi Aramco) 2022 年的淨收入共計 1,610 億美元，較 2021 年上升了 46%，該公司 2022 年第二季的利潤亦較前一年提高了九成，2022 年第四季則高達 195 億美元⁵⁰。另外，卡達為中東最大天然氣出口國，該國的國營事業卡達能源公司 (Qatar Energy) 2022 年獲利上升了 58%，共計 425 億美元。

挪威也是俄烏戰爭期間的受益者，於 2022 年取代俄羅斯成為歐洲地區 PNG 最大進口來源。依據富士比在 2023 年 7 月份的報導，相較於戰前官方的預測，挪威在 2022~2023 年的油氣收入增加了 1,700 億美元⁵¹。若只針對 2022 年而言，其收入約 1,400 億美元，較 2021 年上升了 3 倍以上⁵²。

六、俄烏戰爭及國際各項措施對國際天然氣市場的即時影響

俄烏戰爭至截稿時已持續超過一年半有餘，由於戰爭尚未結束，不確定因素仍多，本節只論述已發生之影響：

(一) 歐洲地區大幅抑低天然氣消費

依據 Gas Market Report (IEA, 2023 Q2)，歐洲國家在 2022~2023 年冬天的天然氣消費相較前一年度下降了 16% (共約減少了 55 bcm)，其減少的幅度打破了歐洲冬季減少用量有史以來的紀錄。此現象除了暖冬效應外，更肇因於超高的天然氣價格。此一報告，詳列了這 55 bcm 減少的來源，且分述於下：

1. 住商部門減少了 25 bcm

住宅與商業部門是歐洲天然氣用量下降最多的部門，約占總減量的 45%。其原因主要有三點：

- (1) 暖冬影響：相較以往，2022~2023 年冬天暖和許多，暖氣需求大減，此部分減量約占住商部門總減量的四成。

⁵⁰ 詳 <https://www.forbes.com/sites/bobeccles/2023/07/24/what-should-norway-do-with-an-extra-170-billion-from-oil-revenues/?sh=5274628573f4>；<https://fortune.com/2023/03/12/saudi-aramco-profit-161-billion-2022-46-percent-increase-arabia-national-oil-company/>。

⁵¹ 詳 <https://www.forbes.com/sites/bobeccles/2023/07/24/what-should-norway-do-with-an-extra-170-billion-from-oil-revenues/?sh=5274628573f4>。

⁵² 詳 <https://sputnikglobe.com/20230307/norway-rakes-in-record-oil-and-gas-revenues-amid-ukraine-conflict-1108135201.html>。

(2) 天然氣節約行為：為應付冬季天然氣短缺危機，歐洲祭出多樣行政措施，包括強制溫度管控、改用生質能與油品或廢棄物、裝置熱泵、提高能源效率，以及改變行為。極高的天然氣價格及人們積極配合，讓上述各項節約措施，獲得極大成效。

(3) 天然氣難以負擔：預計停止使用暖氣的弱勢貧困家庭的人口占比將從 2021 年的 6.9% 進一步增加。

2. 發電部門用氣量減少了 10 bcm

發電部門的天然氣用量，比起上一年度，下降約 12%，最主要原因來自於電力消費減少。由於暖冬與工業用電減少，使得歐洲國家的電力消費量較 2021 年同期減少 7%。

3. 工業部門用氣量減少了 20 bcm

工業部門天然氣用量，比起上一年度，下降約 20%。許多工業用戶以其他能源替代，或因生產成本偏高而停工。尤其是天然氣密集產業，紛紛降低開工率，以極小化高天然氣價格衝擊。

(二) 國際天然氣貿易流改變

俄羅斯為壓迫烏克蘭及早投降，於 2022 年 3、4 月間脅迫歐盟，陸續針對五個歐盟成員國停止供給天然氣，於 7 月間更提高壓迫力道，俄羅斯國營能源公司 Gazprom 減少輸往歐盟北溪天然氣管線六成供應量。這些行為迫使歐盟國家採取一系列因應措施，明顯改變全球天然氣貿易流（2021 至 2022 年間，全球天然氣貿易流變化，可詳見本報告之附錄一與附錄二）。

若以歐洲為例，吾人可由表 3-2 觀得，歐洲的 PNG 進口明顯由俄羅斯轉向挪威、其他歐洲與亞塞拜然。其中自俄羅斯進口的 PNG 從 2021 年的高點（167 bcm）下降為 2022 年的 85.4 bcm，讓挪威以 116.8 bcm 反超；而 LNG 則改自美國大量進口，由 2021 年 30.8 bcm 上升至 2022 年的 72.1 bcm，增至 2.34 倍之多。

歐洲地區天然氣價格飆漲，除了促使美國 LNG 出口量能大增外，也讓美國 LNG 出口轉向。對照美國 2021 年與 2022 年 LNG 對亞洲地區的出口情形，可發現在諸多美國的亞洲出口對象中，僅只臺灣與泰國有少量增額，其餘國家全都明顯減少。2021 年美國出口至亞洲地區有 45.8 bcm，但在 2022 年則壓縮至 24.1 bcm。換言之，2022 年美國約有 21.7 bcm 的 LNG 出口地由亞洲改至歐洲地區。（詳見附錄二）

再仔細追蹤 2021 年與 2022 年間，美國對個別國家出口 LNG 的變化（詳見附錄二），可發現美國對亞洲地區 LNG 的出口減少最主要來自於中國，共減少 9.8 bcm（12.4 bcm → 2.6 bcm）。美國對其他亞洲國家的 LNG 出口如下：印度（5.6 bcm → 3.3 bcm）、日本（9.6 bcm → 5.6 bcm）、韓國（12.1 bcm → 7.8 bcm）、

馬來西亞 (1.2 bcm → 0.1 bcm)、臺灣 (2.4 bcm → 2.9 bcm)、泰國 (0.5 bcm → 0.7 bcm)。至於各國從美國減少進口的數量，部分以 PNG 來補足 (例如：中國與印度)，其他則改由自他國進口 LNG (例如：日本改由澳大利亞進口)。簡言之，2022 年的天然氣國際貿易流出現巨變，明顯迥異於過去的貿易模式。

表 3-2 歐洲地區 2021 年至 2022 年 PNG 與 LNG 進口來源國的變化

年	美國	帛琉	千里達及多巴哥	歐盟	挪威	其他歐洲	亞塞拜然	俄羅斯	阿曼	伊朗	卡達	阿爾及利亞	利比亞	安哥拉	埃及	奈及利亞
PNG (單位：十億立方公尺)																
2021	-	-	-	12.3	112.9	11.2	19.5	167	-	9.1	-	34.1	3.1	-	-	-
2022	-	-	-	14.2	116.8	96.7	22.4	85.4	-	9.1	-	31.5	2.5	-	-	-
LNG (單位：十億立方公尺)																
2021	30.8	1.3	2.4	-	0.2	0.8	-	17.4	-	-	22.5	15.4	-	0.8	2.5	13
2022	72.1	2.4	4.1	-	3.7	2.4	-	19.6	0.8	-	28	13.4	-	2.9	6.5	12

資料來源：作者自製，原始數據 2021 年取自 Statistical Review of World Energy 2022 (BP 出版)；2022 年取自 Statistical Review of World Energy 2023 (Energy Institute 出版)。

七、俄烏戰爭對國際天然氣市場後續的影響

依據本報告第一章的論述與說明，在俄烏戰爭後續可能出現三大情境中，最可能出現的是第一、二種情境，亦即戰爭持續進行至 2024 年春天後出現和談，再擬定出國際監督下的和平協議，或是俄羅斯主動宣布停戰；而第三種情境，俄烏戰爭持續擴大的機率極低。本報告的見解與經濟學人智庫 (Economist Intelligence Unit, EIU) 發表的 Risk Outlook 2024 的論點一致⁵³。由於第三種情境所引發的全球衝擊巨大，分析內容迥異於一般市場分析，再加上發生機率特低。因此，本節並不考慮第三種情境。

另外，在戰爭期間，一些重要天然氣管線遭受破壞，且國際天然氣貿易流也因戰爭禁運管制而有明顯改變，這些改變將明顯衝擊國際天然氣市場後續的運作。相形之下，無論俄羅斯未來是否主動宣布停戰，皆已無法扭轉上述既有的改變，國際天然氣市場後續的運作，故以下將第一與第二情境進行整併，並據此闡述俄烏戰爭對國際天然氣市場後續的影響。

綜整而言，俄烏戰爭對後續國際天然氣市場的影響，主要可針對三大面向來論述如下。

⁵³ EIU 將俄烏戰爭列為 2024 全球十大風險，並指出俄烏戰爭風險擴大為核戰/世界大戰的機率極低，但若成真其影響將為毀滅性。

(一) 能源安全成為能源進口國能源政策之鑰

俄烏戰爭引發天然氣短缺的現象，除了帶給歐洲各國極大的衝擊外，也讓全球的能源進口國深受其害。進口國在此重大痛苦經驗後，都陸續改弦易轍，將能源安全提升為首要的能源政策，強化各項能源安全議題，以確保各自國家不會再因為進口中斷而引發經濟社會的危機。

部分國家，如西班牙，延長擬除役核電廠的使用年限。連原本一些已決議廢除核電的國家，也興起了是否重新啟動核電的爭議。最明顯的案例就是德國與義大利這兩個工業大國。

(二) LNG 成為進口天然氣的新寵

各國為提升能源安全，紛紛提出各種降低進口能源依賴的方式。不過，天然氣畢竟是能源轉型最重要的橋接能源。在走向 2050 淨零碳排放的道路上，短期仍需仰賴排碳量較低，可有效搭配間歇性風力與太陽光電的天然氣。故展望未來，在俄烏戰爭的衝擊下，天然氣市場的短期發展趨勢可歸納為三大方向：

1. PNG 市場的萎縮與轉向

過去全球進口最多 PNG 的歐洲市場，因為北溪管線受損與對俄羅斯的不信任，將大幅減少 PNG 的進口。至於俄羅斯則因為是引發戰爭禍首，導致國際油氣公司陸續撤出俄國，影響相關投資規劃，進而減少天然氣產量；俄國現餘天然氣產量則在過去一年中陸續的尋找到新買家，轉向至亞洲各國。

2. LNG 的蓬勃發展

檢視 International Gas Union (IGU) 相關文獻，可觀得 2022 年是全球 LNG 的爆發年，各國紛紛搶建 LNG 船、LNG 專用港。其中，歐洲諸國在燃眉之急下，相關 LNG 設施的建設更是加速，使得全球 LNG 產業蓬勃發展：

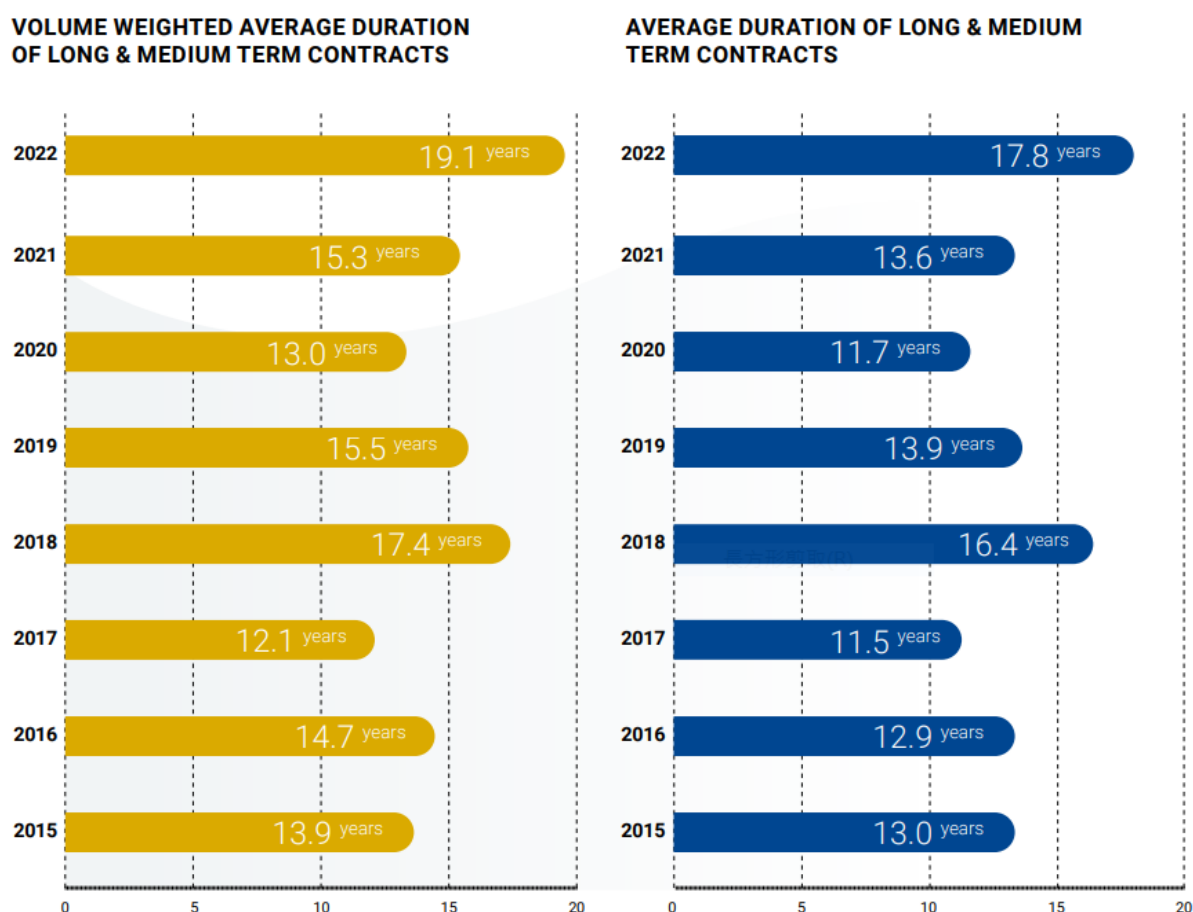
- (1) 2022 年全球 LNG 運輸船增加了 27 艘(運量以 17~18 萬立方公尺為主)，總量達 668 艘，年增 4.2% (航次增加 2.7 %，主因為能源安全考量，不願釋放過剩航次；運費由噸-程改為噸-日計算，並漲至高點。
- (2) 液化設備：2022 年全球的總供應能力為每年 478.4 百萬噸(Million Tonnes Per Annum, MTPA)；處於「最終投資決定(Final Investment Decision, FID)」階段並將於數年內部署的投資共計 88.62 MTPA；處於「最終投資決定『前』(Pre-Final Investment Decision, Pre-FID)」階段的投資更高達 997.1 MTPA，其中過半數位於北美。
- (3) 再氣化設備：2022 年新增能力 31.2 MTPA，使總供應能力達 970.6 MTPA (2022 年設備利用率 41%，與 2021 年相當)。全球當前已商轉的浮動式 LNG 接收站(Floating Storage Regasification Units, FSRU) 共計 44 座(177.2 MTPA)。其中，2022 年荷蘭的新增供應能力 5.9 MTPA、德國 5.5

MTPA；另外，全球建設中的FSRU共有16座（58.3 MTPA），因為具備較快的部署能力，歐洲大量部屬FSRU，預計在2024年四月底前即有德國Lubmin、Elbehafen以及芬蘭的Inkoo商轉。

3. LNG中長約年限的遽增

國際LNG的買賣，早期因為港口與運輸船等設施昂貴，故買賣合約多為20年期，後來因市場競爭，在許多現貨市場（Spot Market）交易的競爭下，才出現短約與中長期合約，合約的年限也隨買賣雙方約定，因此合約的平均年限也因市場的變化而有差異。一般而言，供給來源較吃緊時，買方傾向於簽訂較長的合約，以確保進口來源的穩定性。

圖3-5顯示近年國際LNG中長期合約平均年限的走勢，圖中右方藍色長條是中長期合約的平均年限；而左方黃色長條則是依據各合約簽訂貿易量進行加權的平均年限。可發現不論有無加權，合約平均年限從2020年皆呈現增加情形。尤其是2021年至2022年，中長期合約平均年限更是遽增至2015年以來的最大值。此現象代表合約貿易簽訂量較多買賣，傾向於訂定較長的貿易年限。



資料來源：GIIGNL Annual Report, 2023, p21.

圖 3-5 近年國際 LNG 中長期合約平均年限走勢

（三）俄烏戰爭解套氣候變遷僵局，長期則將促成天然氣市場的式微

聯合國氣候變化綱要公約（The United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC）針對氣候變遷政策的因應措施（Response Measures of Climate Change Policy）議題討論時，國際油氣出口國因降低油氣消費將嚴重損及其經濟利益，而曾提出補償油氣出口國損失的論點。雖然此提議不得多數國家所苟同，但也延宕了許多氣候政策的推展。UNFCCC 相關化石能源減量的一些具體倡議也因而停擺。俄烏戰爭帶給油氣出口國超額暴利，因此在後續氣候變遷會議時，將難再有充分的理由繼續拖延國際氣候政策。長期來看，UNFCCC 若因而提早限縮化石能源的使用量的進程，將會加速國際天然氣市場的式微⁵⁴。

在 IEA 最新發布的 World Energy Outlook 2023 報告的「既定政策情境 (Stated Policies Scenario, STEPS)」下，全球天然氣供應總量 (含經 CCUS 處理的天然氣) 在 2030 年達到高峰的 149 (Exajoule, EJ)⁵⁵ 後，將微幅下降至 2050 年的 145 EJ，約占該期間全球初級能源供應總量的 20.0~22.3%；而在其「2050 年淨零碳排情景 (Net Zero Emissions by 2050 Scenario, NZE)」下，2050 年全球天然氣供應總量更將降至 32 EJ，僅約占該時初級能源供應總量的 5.9%。這樣的規劃，標示了天然氣「黃金時代的尾聲 (The end of the “Golden Age”)」(IEA, 2023)

八、結語：國際油氣市場將步入新賽局

俄烏戰爭至今已持續超過二十個月，戰爭造成國際油氣市場的重大改變。其中，歐洲受到的衝擊最大，不僅承擔超高油氣價格，更經歷了冬季燃料不足可能引發經濟社會動盪的恐慌。幸好歐洲先進諸國政經體制完備，及時提出各種因應措施，再加上暖冬助益，而安然度過 2022 與 2023 年間的冬季。

俄烏戰爭不僅抑制歐洲地區天然氣消費，也改變了國際天然氣的產銷與貿易的狀況。PNG 市場因北溪天然氣管線嚴重破壞，其 2022 年貿易量相較 2021 年減少了 15.5%；LNG 作為替代品，大幅增加各種液化、船舶、儲備與在氣化設備投資，而其貿易量則增長 5.2%，中長期合約平均年限也增加不少。此消彼長之下，全球天然氣貿易將明顯偏向 LNG 市場。

展望未來，由於天然氣市場已出現結構性的改變，加上全球地緣政治對立狀態，種種現象都促使各國更大力推動再生能源或其他無碳能源以替代天然氣。此一現象也呼應了本報告第二章所提及 2021 年迄今的能源政策典範移轉，在俄烏戰爭的刺激下，促使全球加速轉型，降低化石能源的倚賴而朝向低碳能源發展的長期趨勢。

綜論之，俄烏戰爭使得全球天然氣市場的運作明顯有別於過去。我國參與國

⁵⁴ 在本章截稿後，於 2023 年 12 月舉行的 COP 28 會議，首次在決議文中寫下「轉型脫離化石燃料 (Transition away from all fossil fuels)」的承諾。

⁵⁵ 1 Exajoule (EJ) = 1 X 10¹⁸ J = 26.06 (Billion Cubic Meters, bcm)。

際天然氣市場時，宜注意新賽局中買家與賣家的互動新模式，以尋求我國最大利益。另外，應多仿效歐洲作法，除努力節能外，亦應積極發展再生能源或氫能，及早降低我國天然氣進口的倚賴，方可提升能源安全。值得注意的是，俄烏戰爭大幅提升先進諸國的能源安全意識，部分非核國家，如義大利與德國，再次掀起是否應恢復核能之論戰。

參考文獻

中文部分

1. 國營會（2022），111年12月國營事業稅前盈虧，國營事業績效報告。
2. 國營會（2023），112年6月國營事業稅前盈虧，國營事業績效報告。
3. 劉致峻（2023），國際天然氣市場的運作機制，永續跨域能源學習電子報，2023年9月號。能源教育資源總中心，成功大學。

外文部分

1. BP（2021），Statistical Review of World Energy.
2. BP（2022），Statistical Review of World Energy.
3. Congressional Research Service（2022），Crude Oil Windfall Profits Taxes：Background and Policy Considerations.
4. Energy Institute（2023a），Statistical Review of World Energy.
5. Energy Institute（2023b），Statistical Review of World Energy Data.
6. Economist Intelligence Unit（2023）Risk Outlook 2024.
7. European Parliament（2023），The effectiveness and distributional consequences of excess profit taxes or windfall taxes in light of the Commission's recommendation to Member States.
8. GIIGNL（2023），The LNG Industry Annual Report.
9. IEA（2022），A 10-Point Plan to Reduce the European Union's Reliance on Russian Natural Gas, 3 March 2022
10. IEA（2021~），Gas Market Report.
11. IEA（2022），World Energy Outlook 2022. Revised Version.
12. IEA（2023），World Energy Outlook 2023.
13. IGU（2022），Global Gas Report.
14. IGU（2022~），World LNG Report.
15. IMF（2022），Taxing Windfall Profits in the Energy Sector.

16. Liao, Huei-chu (2022), “Freeze the Market Prices : Two National Energy Companies Alleviates World Inflation Impact on Taiwan.”, Energy Forum, 4 quarter.
17. WEF (2023), The Global Risks Report 2023, 18th edition, World Economic Forum.

網路資料

1. 英國衛報 (2023) : <https://www.theguardian.com/business/2023/jul/06/worlds-722-biggest-companies-making-1tn-in-windfall-profits> , 擷取日期 : 2023.8.15。
2. 紐約時報 (2022) : <https://www.nytimes.com/2022/11/18/business/economy/windfall-taxes.html> , 擷取日期 : 2023.8.15。
3. 美國參議院報告 (2023) : <https://www.whitehouse.senate.gov/news/release/after-record-year-for-big-oil-whitehouse-revamps-bill-to-claw-back-windfall-profits-and-send-relief-to-the-american-public> , 擷取日期 : 2023.8.16。
4. 金融時報 (Financial Times) (2023) : <https://westobserver.com/business/europes-thriving-businesses-face-mounting-windfall-tax-hit/> , 擷取日期 : 2023.8.16。
5. 路透社 (2023) : <https://www.reuters.com/markets/currencies/vast-china-russia-resources-trade-shifts-yuan-dollars-ukraine-fallout-2023-05-11/> , 擷取日期 : 2023.8.17。
6. 路透社 (2023) : <https://www.reuters.com/markets/commodities/chinas-oil-commodities-import-russia-2023-05-11/> , 擷取日期 : 2023.8.18。
7. 路透社 (2023) : <https://www.reuters.com/world/india/india-continue-buying-cheap-russian-oil-discount-be-finalised-source-2022-05-25/> , 擷取日期 : 2023.8.19。
8. Nikkei ASIA (2023) : <https://asia.nikkei.com/Politics/Ukraine-war/Russia-becomes-China-s-discount-gas-station-Ukrainian-experts> , 擷取日期 : 2023.8.18。
9. EURASIA DAILY MONITOE (2023) : <https://jamestown.org/program/india-losing-its-steep-discount-on-russian-crude-oil/> , 擷取日期 : 2023.8.18。
10. Indian Express (2023) : <https://indianexpress.com/article/business/commodities/after-hitting-fresh-high-in-june-indias-russian-oil-imports-may-decline-in-july-8699762/> , 擷取日期 : 2023.8.18。
11. 美國白宮參議員 <https://www.whitehouse.senate.gov/news/release/after-record-year-for-big-oil-whitehouse-revamps-bill-to-claw-back-windfall-profits-and-send-relief-to-the-american-public> , 擷取日期 : 2023.8.19。

12. Oil Price : <https://oilprice.com/Energy/Energy-General/Global-Oil-And-Gas-Industry-Sees-Profits-Soar-To-4-Trillion.html> , 擷取日期 : 2023.8.23 。
13. ARABIAN GULF BUSINESS INSIGHT : <https://www.agbi.com/articles/qatar-energy-2022-profit-surges-58-to-42-5bn/> , 擷取日期 : 2023.8.23 。
14. 富士比 <https://www.forbes.com/sites/bobeccles/2023/07/24/what-should-norway-do-with-an-extra-170-billion-from-oil-revenues/?sh=6e3fc92f73f4> , 擷取日期 : 2023.8.21 。

第四章、我國液化天然氣供應安全分析

劉文筠

國立成功大學資源工程系研究生

吳榮華

國立成功大學資源工程系教授

林虹汶

國立成功大學資源工程系研究生

一、前言

2022 年是國際能源市場異常動盪的一年，俄烏衝突影響全球液化天然氣（Liquefied Natural Gas, LNG）市場的供需平衡，許多國家因此陷入能源危機。回溯半世紀前，因以色列與阿拉伯爆發戰爭所引發的第一次石油危機，許多先進國家意識到能源安全的重要性，開始實施全面的能源安全政策，並建立國際能源總署（International Energy Agency, IEA）以強化國際間能源市場的穩健發展。石油危機後，為拓展能源使用的多樣性，全球逐漸擴大使用天然氣，加上近年全球環保意識抬頭，基於天然氣高效能、低污染等特性，天然氣逐漸成為全球能源發展主力之一。

有鑒於此次俄烏戰爭對國際 LNG 市場造成的衝擊，確保穩定 LNG 供應變成重要議題。本章首先將介紹目前國際 LNG 供應大國之出口終端產能及主要 LNG 進口市場概況；其次針對臺灣 LNG 相關設施興建概況、中油公司購氣簽訂情形及需求情況進行介紹；接著探討俄烏衝突對 LNG 市場價格的影響，同時比較日本、韓國及臺灣等東亞地區的 LNG 供需變化及發展方向；最後參考亞太能源研究中心（Asia Pacific Energy Research Centre, APERC）於 2017 年發布之「石油與天然氣安全指標（Oil and Gas Security Indexation）」的方法論，依其內容所涵蓋的安全指標篩選影響天然氣安全之主要因子，針對臺灣天然氣供應安全進行議題式討論。

二、國際液化天然氣供需概況

隨著全球各國陸續提出落實 2050 淨零碳排的目標，LNG 因具備潔淨與高效的特性，被認為是全球能源轉型中具有前景的項目之一。根據 IEA 2022 年發布

之 World Energy Outlook 2023 報告的數據指出，2022 年全球天然氣貿易量達 810 (Billion Cubic Meters, bcm)，LNG 貿易量為 479 bcm，約占 59%；在「既定政策情境 (Stated Policies Scenario, STEPS)」之下，預期貿易量於 2030 年增加到 919 bcm，其中 LNG 市場份額增加至 611 bcm，約占 66%，由此可看出 LNG 在全球能源市場扮演重要的角色。

由於 LNG 市場呈現穩定發展的趨勢，受到各國政府、能源公司和投資者的廣泛關注，故本節首先對主要 LNG 供應大國及進口國進行介紹：

(一) 國際液化天然氣供給市場

近年來，全球 LNG 的供應能力不斷增強，LNG 的供給增加主要為技術進步和投資的推動。液化技術的改進和基礎設施的投資促使 LNG 的供應鏈更加強大和靈活，有助於滿足全球不同地區對 LNG 的需求。

根據 Energy Institute 發布之 Statistical Review of World Energy 2023 報告的數據指出，世界上最大的 LNG 出口國依序是卡達、澳洲、美國、俄羅斯、馬來西亞及奈及利亞。表 4-1 可見上述國家在 2022 年 LNG 出口量及占比，分別為 114.1 bcm (21.0%)、112.3 bcm (20.7%)、104.3 bcm (19.2%)、40.2 bcm (7.4%)、37.4 bcm (6.9%) 及 19.6 bcm (3.6%)。茲對前三大的卡達、澳洲及美國介紹如下：

表 4-1 全球 LNG 出口量與占比 (2022 年)

國家	LNG 出口量與占比
卡達	114.1 (21.0%)
澳洲	112.3 (20.7%)
美國	104.3 (19.2%)
俄羅斯	40.2 (7.4%)
馬來西亞	37.4 (6.9%)
奈及利亞	19.6 (3.6%)

資料來源：Energy Institute, Statistical Review of World Energy 2023.

註：單位為十億立方公尺 (Billion Cubic Meters, bcm)。

1. 卡達

卡達為全球最大的 LNG 出口國，擁有多個 LNG 出口終端。分別是：(1) Ras Laffan，由 Qatar Petroleum 全資擁有和營運，擁有多個生產線，總產能超過 7,700 萬公噸/年，是卡達首座且產能最大的 LNG 出口終端，也是世界上最大的 LNG 出口設施之一；(2) Hamad，由 Qatar Petroleum 擁有和營運，於 2021 年開始營運，具有 330 萬公噸/年的產能；(3) Shahine Export Terminal，亦由 Qatar Petroleum 擁有和營運，是卡達繼 Ras Laffan 後的第二大 LNG 出口終端，擁有多個生產線，總產能超過 6,600 萬公噸/年。

卡達同時擁有龐大的 LNG 運輸船隊，為該國的 LNG 出口提供了強大的運輸

能力，同時也確保了其 LNG 供應的穩定性。而卡達的 LNG 出口主要集中在亞洲市場，特別是日本、中國、南韓、印度和臺灣等國家。

2. 澳洲

澳洲亦積極參與全球 LNG 貿易，成為國際上重要的 LNG 出口國之一。澳洲的出口終端目前有六個，分別是：(1) Gorgon，由 Chevron 等公司合作開發，擁有三個生產線，總產能約為 1,500 萬公噸/年；(2) North West Shelf，由多家公司共同營運，擁有五個生產線，具有 1,600 萬公噸/年的產能；(3) Wheatstone，是由 Chevron 營運，擁有兩個生產線，總產能約 1,000 萬公噸/年；(4) Queensland Curtis，由 Shell 公司開發，擁有兩個生產線，總產能約為 800 萬公噸/年；(5) Darwin，由 Inpex 等公司營運，總產能約為 400 萬公噸/年；(6) Prelude，全球首個浮動式 LNG 生產設施，其產能約為 300 萬公噸/年。澳洲的 LNG 產業不僅為國家經濟帶來重要收益，同時也在全球能源市場中發揮重要作用，尤其是亞洲市場，包括日本、中國、南韓及臺灣等。

3. 美國

美國 LNG 出口終端目前有七個，分別是：(1) Sabine Pass，由 Cheniere Energy 營運，於 2016 年投產，成為美國首個 LNG 出口終端，目前擁有五個生產線，總設計容量約為 2,200 萬公噸/年；(2) Cove Point，由 Dominion Energy 營運，於 2018 年開始營運，是美國東海岸的第一個 LNG 出口終端，目前擁有一個生產線，設計容量約為 750 萬公噸/年；(3) Corpus Christi，由 Cheniere Energy 營運。該終端於 2018 年開始營運，目前有兩個生產線，總設計容量約為 2,300 萬公噸/年，並計劃進一步擴展其出口能力；(4) Freeport，由 Freeport LNG 營運，於 2019 年開始營運，目前有三個生產線，總設計容量約為 2,100 萬公噸/年；(5) Elba Island，由 Kinder Morgan 營運，該終端是小型的移動式 LNG 出口終端，於 2020 年開始部分營運，有十個 LNG 小型生產單元，總設計容量約為 800 萬公噸/年；(6) Cameron，由 Sempra LNG 營運，於 2020 年開始營運，目前有三個生產線，總設計容量約為 1,500 萬公噸/年；(7) Calcasieu Pass，由 Venture Global LNG 營運，於 2021 年開始營運，設計容量約為 1,000 萬公噸/年。這些建設和營運對美國能源出口和全球能源市場產生了重要影響，同時也提升了美國在全球能源領域的地位。

美國 LNG 出口航線主要分佈在大西洋航線、墨西哥灣航線和太平洋航線。在大西洋航線上，美國東海岸的 LNG 出口終端（如 Cove Point）將 LNG 運輸到歐洲國家，如英國、法國、西班牙等。大西洋航線為歐洲提供了一個來自美國的新來源，幫助歐洲減少對俄羅斯天然氣的依賴，增強了歐洲的能源安全。同時，部分東海岸出口終端也通過巴拿馬運河進入太平洋，運輸到亞洲市場，如日本、韓國、臺灣等，這條航線為亞洲國家提供了多樣化的能源供應，滿足了亞洲不斷增長的 LNG 需求。美國墨西哥灣沿岸的 LNG 出口終端（如 Sabine Pass、Corpus

Christi、Freeport 等) 主要將 LNG 運輸到拉丁美洲國家，如墨西哥、巴西等。

(二) 國際液化天然氣需求市場

天然氣需求歷年逐步成長，而增長主要因為其多樣性的應用。不僅可用於發電，也可以用於工業生產、交通運輸和居民生活等多個領域。尤其是在發電部分，燃氣電廠可以快速啟動和關閉，具備靈活性。隨著全球對氣候變遷議題日益關注，越來越多國家承諾減少碳排放，故越來越多國家和地區將天然氣作為替代傳統燃煤發電的重要選擇，作為淨零排放過程的重要過渡能源，以減少碳排放和改善空氣品質。然而，由於許多國家因缺乏天然氣資源或不具備天然氣管道輸送條件，因而尋求 LNG 進口以確保能源供應的多元性和可靠性。

根據 Energy Institute 發布之 Statistical Review of World Energy 2023 報告，世界最大的 LNG 進口國依序是日本、中國、南韓、法國、西班牙、印度及臺灣，在 2022 年其 LNG 進口量及占比分別是 98.3 bcm (18.1%)、93.2 bcm (17.2%)、63.9 bcm (11.8%)、35.1 bcm (6.5%)、28.8 bcm (5.3%)、28.4 bcm (5.2%) 及 27.4 bcm (5.1%)。而亞洲是全球最大的 LNG 進口地區，亞洲國家擁有龐大人口和快速增長的經濟，對能源需求不斷攀升；歐洲也是重要的 LNG 進口地區，如本報告第二章與第三章所述，歐洲國家因為俄烏戰爭的緣故，以進口 LNG 降低對俄國管線天然氣 (Pipeline Natural Gas, PNG) 的依賴。(見表 4-2)

表 4-2 全球 LNG 進口量及占比 (2022 年)

國家	LNG 進口量及占比
日本	98.3 (18.1%)
中國	93.2 (17.2%)
南韓	63.9 (11.8%)
法國	35.1 (6.5%)
西班牙	28.8 (5.3%)
印度	28.4 (5.2%)
臺灣	27.4 (5.1%)
英國	25.3 (4.7%)
土耳其	15.1 (2.8%)
義大利	14.3 (2.6%)

資料來源：Energy Institute, Statistical Review of World Energy 2023.

註：單位為十億立方公尺 (Billion Cubic Meters, bcm)。

簡言之，LNG 市場已成為全球能源供應鏈中重要的一環。在供給方面，為了滿足日益增加的 LNG 需求，全球主要出口國藉由對終端設施技術的提升及營運擴增以提高其生產效率及產能；在需求方面，進口國因經濟成長之需求、能源多元化或能源轉型政策等原因，逐漸擴大對 LNG 之需求。然而，在 LNG 供需市場擴大的同時，可能面臨一些挑戰，包括供需失衡使能源價格產生波動、地緣政治

對供需穩定產生影響及氣候政策對能源需求的改變等，未來供需雙方的共同合作與對話將成為穩定 LNG 市場的重要關鍵。

三、臺灣液化天然氣供需概況

隨著經濟成長和能源轉型的驅動，臺灣對能源的需求持續增加，也使得 LNG 市場日益重要。然而，臺灣缺乏足夠的自產天然氣，故必須依賴進口來滿足國內的需求。本節將探討臺灣 LNG 相關設施興建概況、中油公司購氣簽訂及需求情況。

(一) 臺灣液化天然氣供應相關設施

臺灣天然氣主要仰賴國外進口，LNG 接收站等基礎設施扮演極為重要的角色。臺灣現有永安及台中共兩座 LNG 接收站，永安接收站之供應能力為 1,050 萬公噸/年，共有 2 座卸收碼頭，3 座 10 萬公秉之儲槽及 3 座 13 萬公秉之儲槽；台中接收站之供應能力則為 600 萬公噸/年，共有 1 座卸收碼頭及 6 座各 16 萬公秉之儲槽，全國天然氣總供應能力總計 1,650 萬公噸/年（見表 4-3）。

表 4-3 臺灣天然氣接收站設施現況

項目	永安接收站 (一接)	台中接收站 (二接)	總計
卸收碼頭	2 座	1 座	3 座
氣化能力	1,920 公噸/時	1,200 公噸/時	3,120 公噸/時
儲槽數量	10 萬公秉：3 座 13 萬公秉：3 座	16 萬公秉：6 座	12 座
儲槽容積	69 萬公秉	96 萬公秉	165 萬公秉
供應能力	1,050 萬公噸/年	600 萬公噸/年	1,650 萬公噸/年

資料來源：本研究整理自中油公司網站。

由於天然氣供應穩定與否對國家發展極為重要，政府近年積極推動「液化天然氣設施擴建投資計畫」，以擴大天然氣供應能力；並研訂「研訂天然氣安全存量規範」，強化天然氣風險管理以因應未來進口中斷、船期延誤或其他因素的可能風險。

1. 天然氣安全存量規範

臺灣天然氣有 99% 仰賴國外進口，來源遍及全球，由於進口的過程可能因各種因素造成進口中斷、船期延遲、卸收延期等不可抗力風險之發生。因此，經濟部依法制定天然氣安全存量規範，以確保天然氣事業供應穩定。相關規範包括：

依據天然氣事業法第三十一條第三項定義之「儲槽容量」，係指事業為維持供氣穩定，所應自備一定天數之儲槽容積，並為保障能源安全，應儲存一定天數之安全容量；而「事業存量」的定義指天然氣生產事業及進口事業於其自備儲槽中儲存之天然氣數量，加計已抵港 LNG 運輸船所裝載之 LNG 數量，並於 2018

年 8 月 27 日公告修正《天然氣生產或進口事業自備儲槽容量規範》，規定「儲槽容積天數」2019 年須達 15 天，2022 年須達 16 天，2025 年需達 20 天，至 2027 年需達 24 天，並增訂「安全存量天數」，明定天然氣業者應儲備足夠之天然氣安全存量，2019 年安全存量天數至少達 7 天，至 2027 年需達 14 天（表 4-4）。考慮到儲槽興建需要 6 至 8 年，安全存量天數之制定採階段式調整，以維持供氣穩定，降低天然氣進口可能產生之斷氣、船期延誤等供應風險。

表 4-4 安全存量天數與儲槽容積天數法定標準

年份	2019	2022	2025	2027
儲槽容積天數	15	16	20	24
安全存量天數	7	8	11	14

資料來源：經濟部能源署網站。

2. 天然氣儲槽容積及安全存量現況

依據天然氣事業法規，天然氣供應事業應於每年 1 月 31 日及每月 15 日前向主管機關呈報自備儲槽容積及事業存量備查。

我國天然氣進口業務及生產事業主要由中油公司負責營運，其 2021 年儲槽容積天數為 20.6 天，2022 年儲槽容積天數為 21.1 天，皆符合經濟部法定之規範。另根據經濟部公告之 2022 年進口事業平均存量天數，截至 7 月之平均存量天數為 10.7 天，亦符合法定之規範天數（表 4-5）。

表 4-5 進口事業平均存量天數（2023 年）

月份	進口事業平均存量天數
1	10.2
2	11.4
3	11.1
4	10.6
5	10.4
6	10.8
7	10.4
2023 年 1-7 月	10.7

資料來源：經濟部能源署網站。

3. 液化天然氣設施擴建投資計畫現況

臺灣現有永安及台中接收站每年天然氣總供應能力為 1,650 萬公噸，然而，臺灣 2022 年 LNG 總進口量為 1,995 萬公噸。換言之，國內接收站之利用率已達 121%，運營風險大增。

政府考量未來天然氣需求仍將持續增加，規劃多項天然氣設施擴建投資計畫，以確保天然氣供應的穩定充足。其中，包括中油公司興建中的觀塘（第三）接收站、台中及永安接收站擴建計畫、台中廠至通霄的陸管興建工程及永安廠至通霄

之第二條海管興建工程。另外，台電公司也配合政府優先使用天然氣發電政策，規劃推動台中電廠新建燃氣機組計畫、通霄海底輸氣管線工程及協和接收站的興建。藉由新建之接收站計畫，未來天然氣可於北、中、南分區供氣，有助於提升天然氣供應能力的穩健性。

中油公司投資計畫的詳細內容整理於表 4-6：

表 4-6 中油公司 LNG 相關設施投資計畫

計畫名稱		計畫內容	接收站 年營運量	計畫 時程
台中接收站	二期	<ul style="list-style-type: none"> ● 3 座 16 萬公秉 LNG 儲槽 ● 氣化設施 300 公噸/時 ● 台中廠至烏溪 26 吋輸氣管線 ● 第 2 席 LNG 碼頭及相關港埠設施 	800 萬公噸/年	2012-2023
	三期	<ul style="list-style-type: none"> ● 2 座 18 萬公秉 LNG 儲槽 ● 氣化設施 1,600 公噸/時 (含備用) 	累計達 1,000 萬公噸/年	2020-2026
	四期	<ul style="list-style-type: none"> ● 4 座 18 萬公秉 LNG 儲槽 ● 氣化設施 1,600 公噸/時 (含備用) ● 2 席卸收碼頭及相關港埠設施 	累計達 1,300 萬公噸/年	2021-2028
	台中至通霄新設陸管興建工程	<ul style="list-style-type: none"> ● 1 條 36 吋陸上輸氣管線 ● 增建 2 座隔離站、1 座計量站 	往北供氣可增加 50 萬公噸/年	2016-2023
永安接收站	增建儲槽投資計畫	<ul style="list-style-type: none"> ● 2 座 20 萬公秉地下式 LNG 儲槽 ● 氣化設施 400 公噸/時 	1,100 萬公噸/年	2019-2027
	永安至通霄第二條海管興建工程	<ul style="list-style-type: none"> ● 1 條 36 吋海底輸氣管線 ● 1 座開關計量站 	備援第一條海管用量	2024-2028
觀塘接收站	三接	<ul style="list-style-type: none"> ● 2 座 16 萬公秉 LNG 儲槽 ● 氣化設施 1,200 公噸/時 (含備用) ● 1 席 LNG 碼頭、外廓防波堤及相關港埠設施 	300 萬公噸/年	2016-2029
	二期	<ul style="list-style-type: none"> ● 6 座 18 萬公秉 LNG 儲槽 ● 氣化設施 1,200 公噸/時 (含備用) 	累計達 600 萬公噸/年	2021-2027
洲際接收站	七接	<ul style="list-style-type: none"> ● 4 座 18 萬公秉 LNG 儲槽 ● 氣化設施 1,600 公噸/時 (含備用) ● 聯外輸氣管線 ● 1 席卸收碼頭及相關港埠設施 	600 萬公噸/年	2023-2031

資料來源：本研究整理自中油公司網站、中油公司 111 年度中央政府總預算書。

其中，中油公司目前興建中的觀塘接收站，當初因擔憂興建過程可能危害藻礁以及棲地，在 2018 年環評通過後即爭議不斷。政府為兼顧能源供應及環境保護，修正計畫採行「外推方案」，以降低對藻礁之破壞，並預計延後兩年半，於 2025 年 6 月份開始供氣。

而中油公司的永安至通霄第二條海管環評已於 2023 年 7 月通過，工程預計將沿著既有永安至通霄海管東側約 1 公里（間距 500 公尺以上）範圍鋪設管線，總長度大約 233 公里。此外，為了備援永安接收站，以增加南部供氣安全，中油公司於 2023 年新增「洲際液化天然氣接收站投資計畫」，計畫期間為 2023 年至 2031 年，預計年營運量可達 600 萬公噸/年。

台電公司為確保北部供電穩定，於 2018 年擬在協和發電廠原址改建及興建四接天然氣接收站，以接應核二廠及協和電廠除役後將短少的供電缺口。原規劃填海 29.25 公頃，但因此工程受到可能對環境有重大衝擊的質疑，台電公司於 2019 年縮小填地面積至 18.6 公頃（圖 4-1），復又因外界擔憂珊瑚生態遭受破壞，2022 年台電公司再提出東移方案，並將填地面積進一步縮小至 14.5 公頃。直至 2023 年五月基隆市長公開宣布廢止早前基隆市政府原則同意之協和接收站東移方案，接續 7 月環評第五次初審仍未有結論再度延期，預計此計畫將延至 2027 年後商轉。



資料來源：台電公司官網資訊

圖 4-1 協和接收站計畫內容及東移方案

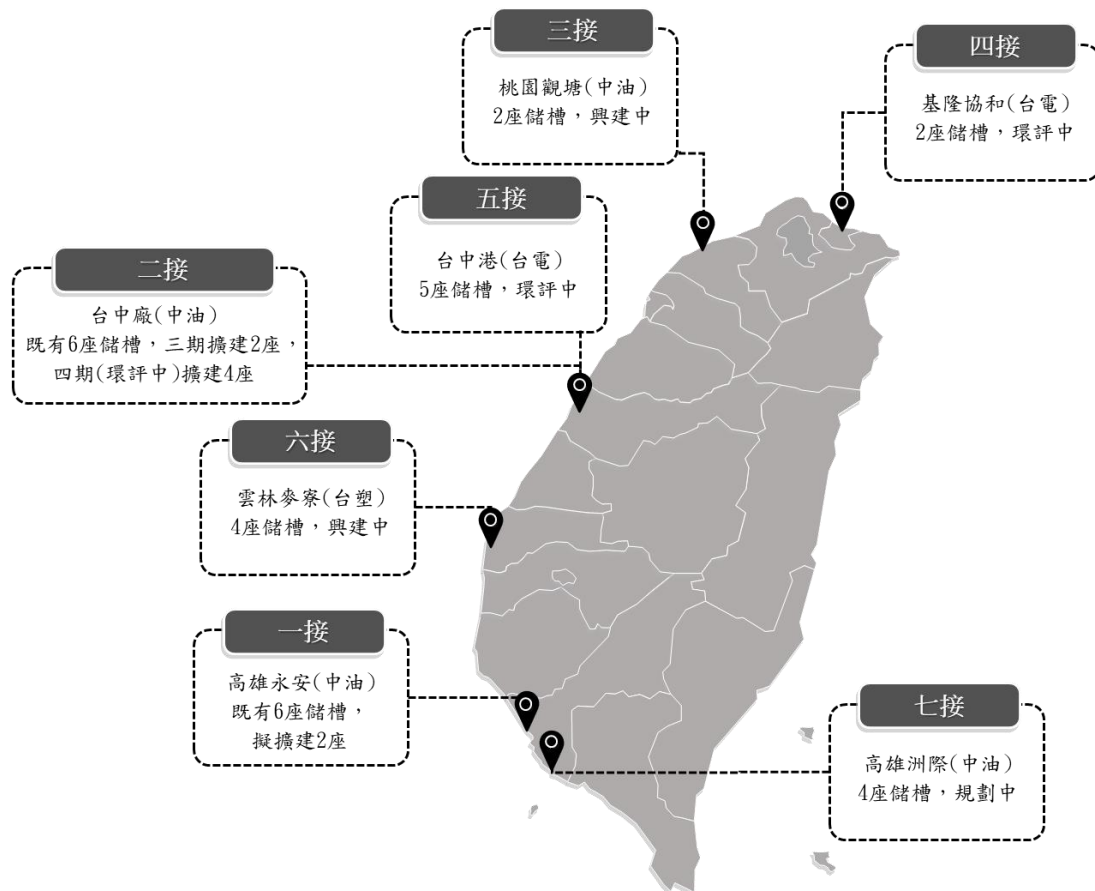
由台電開發興建的台中港接收站（五接），內容包括：於台中發電廠內設置兩組燃氣複循環機組、兩席 LNG 碼頭、五座 LNG 儲槽及再氣化設施及管線。由於台中港接收站設置於台中港外港區，並建置門字型外廓堤。由於此計畫坐落海域與白海豚棲息地重疊，故環保團體擔憂該工程可能影響白海豚洄游方向，因此目前仍於環評階段。此外，通霄電廠第二期更新改建計畫於 2023 年 7 月舉行公聽會，再由內政部海岸管理審議會審議，若得通過，該計畫才會動工。（見表 4-7）

表 4-7 台電公司天然氣相關設施投資計畫

計畫名稱	計畫內容	計畫時程
協和接收站（四接）	<ul style="list-style-type: none"> ● 1 席 LNG 碼頭 ● 2 座 16-18 萬公秉儲槽 ● 2 組燃氣複循環機組 ● 氣化設施 	2018-2032
台中港接收站（五接）	<ul style="list-style-type: none"> ● 1 席 LNG 碼頭 ● 5 座 16 萬公秉儲槽 ● 2 組燃氣複循環機組 ● 氣化設施 	2018-2027
通霄電廠第二期更新改建計畫	<ul style="list-style-type: none"> ● 2 條 36 吋海管（55km 及 56km） 	2019-2030

資料來源：本研究整理自台電公司網站、台電 112 年度中央政府總預算表。

除了上述中油公司及台電公司所屬之天然氣投資計畫外，台塑集團亦研議麥寮接收站（六接）之興建。該案為第一座民間企業所負責之天然氣接收站，其計畫內容包含設置 2 部燃氣複循環機組，另闢建一座天然氣接收站及卸收碼頭，及相關儲氣、氣化設施。該計畫於 2022 年 12 月通過環評審查，預計於 2027 年完工啟用。圖 4-2 為我國目前既有及未來規劃之天然氣接收站示意圖。



資料來源：本研究繪製。

圖 4-2 臺灣天然氣接收站分布圖（含既有及規劃中）

(二) 購氣合約簽訂情形

以合約期間來看，2022 年中油公司的 LNG 採購合約，屬於中、長約的採購量約占 71%，主要進口氣源來自卡達、澳洲、巴布亞紐幾內亞及美國；短約現貨則占 29%，顯示臺灣 LNG 採購合約主要以中長期契約為主（見表 4-8）。中、長約的合約年限介於 20-25 年之間，其優點在於買方可確保供氣之穩定，賣方可有穩定之收入來源，對彼此較有保障。另外，由於 LNG 之投資計畫通常動輒數十億美金以上，常需與金融機構融資進行，長期合約可作為出口商穩定收入保障之證明，有利於融資審核之進行。

以氣源地來看，臺灣 LNG 進口合約類型主要分為單一國家及氣源組合兩種模式，氣源組合通常為國際級大型石油及天然氣供應商主導，其組成來源來自不同的 LNG 出口地，並未有目的地之限制，可達到分散進口來源風險的目的。而我國目前中長期合約以單一國家的合約類型為主，氣源組合為輔。（見表 4-8）

目前全球 LNG 之貿易條件主要分為三類，一為買方以離岸價 (Free On Board, FOB) 作為基礎，賣方於出口終端交貨給買方後，貨物之所有權即移轉至買方，買方需負擔運費並承擔運輸過程之風險；二為以到岸價 (Cost, Insurance and Freight, CIF) 為基礎，所有權於出貨港口由賣方轉移至買方，但賣方需負責貨物之成本、保險費及運送至買方港口之航運費用；三為目的港船上交貨 (Delivered Ex Ship, DES) 則由賣方負擔貨物運輸費用，並承擔至卸貨港口前的風險。根據表 4-8，我國 LNG 合約簽訂之貿易條件主要為 FOB 及 DES。

表 4-8 中油公司 LNG 中長期合約簽訂情形

合約類型	出口國家	供應商	合約量 (萬公噸)	合約期限	貿易條件
單一國家	卡達	Qatar Energy	125	2022-2036	DES
		RasGas II T3	300	2008-2032	FOB
		RasGas III T2	150	2013-2032	DES
	澳洲	Ichthys LNG	175	2018-2032	DES
		OPIC Australia	18	2019+	FOB
	巴布亞紐幾內亞	PNG & LNG	120	2014-2033	DES
	美國	TotalEnergies	80	2019-2038	DES
氣源組合	Portfolio	Cheniere	200	2021-2045	DES
		Shell	200	2017-2036	DES

資料來源：本研究整理自 GIIGNL Annual Report 2023

而依據 International Group of Liquefied Natural Gas Importers (GIIGNL) 於 2023 年發布之 The LNG Industry Annual Report 中可知，我國 2022 年 LNG 之中、長約合約量總計為 1,368 萬公噸。

然而，如本報告第三章第七節所述，俄烏衝突對全球 LNG 市場影響甚鉅，買方為求穩定供應，更傾向簽訂中長期買賣合約。然而，我國近年中長約的進口量占比卻有下降趨勢（見表 4-9）。例如：2017 年中長約進口量與進口額占比均為八成，但在 2022 年前八月，比率降低成七成與四成七。中長約比率降低，導致 LNG 價格出現較大波動時，面臨更高的價格風險。故考量在可見的未來天然氣需求將持續增長的情況下，宜增加新約或延續舊約，以穩健 LNG 安全程度⁵⁶。

表 4-9 中油公司 LNG 進口量與金額統計（依現貨與長短約分類）

單位：萬噸；百萬美元

	2017 年		2018 年		2019 年		2020 年		2021 年		2022 年 (1~8 月)	
	進口量	進口額	進口量	進口額	進口量	進口額	進口量	進口額	進口量	進口額	進口量	進口額
現貨	334	1,245	408	1,919	172	598	397	831	546	4,868	385	6,507
	20.2%	19.9%	24.3%	24.1%	10.4%	8.0%	22.4%	15.0%	28.1%	43.6%	29.1%	53.2%
中長約	1,317	5,003	1,273	6,049	1,486	6,860	1,378	4,724	1,398	6,307	938	5,718
	79.8%	80.1%	75.7%	75.9%	89.6%	92.0%	77.6%	85.0%	71.9%	56.4%	70.9%	46.8%
總計	1,651	6,248	1,681	7,968	1,658	7,458	1,775	5,555	1,944	11,175	1,323	12,225

說明 1. 採購契約期間一年以上為中長約，一年以下為現貨採購。

說明 2. 以抵港日之整船貨氣計算。

資料來源：臺灣中油股份有限公司 110~112 年度營業預算評估報告，本研究整理。

（三）天然氣需求概況及趨勢

1. 臺灣的天然氣需求現況

隨著國內經濟增長，電力需求持續上升，因為天然氣具有靈活調度與溫室氣體排放量低的特性，臺灣的天然氣消費已達到 2,044 萬公噸的規模（見表 4-10），主要集中在發電部門，占比接近八成；其次為工業部門。天然氣可說是國家經濟發展的重要支柱。

2. 電力部門之天然氣需求趨勢

根據經濟部發布之 111 年度全國電力資源供需報告，預估國內用電需求量將從 2023 年 2,804 億度增加至 2029 年 3,216 億度，年均成長率約為 2.03%。

為配合能源轉型政策，國內未來電力規劃朝著增氣及減煤方向邁進，將逐步除役興達電廠、麥寮電廠及台中電廠之燃煤發電機組，規劃新建燃氣機組併網供電，包括大潭、台中、興達、大林及森霸等電廠以因應未來燃氣供電需求的增長。預計天然氣在臺灣 2025 年的能源發電占比將提高至 50%，天然氣需求量將因此

⁵⁶ 劉致峻（2023），「淨零路上的挑戰：台灣液化天然氣安全」，台灣環境與資源經濟學會 2023 年會暨學術研討會論文。

表 4-10 我國 2022 年天然氣消費概況

部門別	消費量 (萬公噸)	占比 (%)
發電及汽電	1,596.1	78.08
工業	301.1	14.73
住宅	64.9	3.16
能源部門自用	43.9	2.15
服務業	33.4	1.63
煉油廠	4.6	0.23
農業	0.3	0.02
總計	2,044.3	100.00

資料來源：整理自能源統計月報，經濟部能源署。

增加至 2,490 萬公噸。

綜上所述，隨著臺灣經濟成長和能源轉型政策，對能源的需求將持續增加，而 LNG 作為清潔、高效的能源，將成為滿足能源需求的重要選擇，因此政府積極進行 LNG 接收站的相關擴建工程及規劃天然氣安全存量規範以確保我國能夠有效因應不斷攀升的 LNG 需求。然而，我國天然氣三、四、五接皆因環境因素導致計劃時程延宕，相關工程能否如期完成對我國能源安全將有顯著影響。

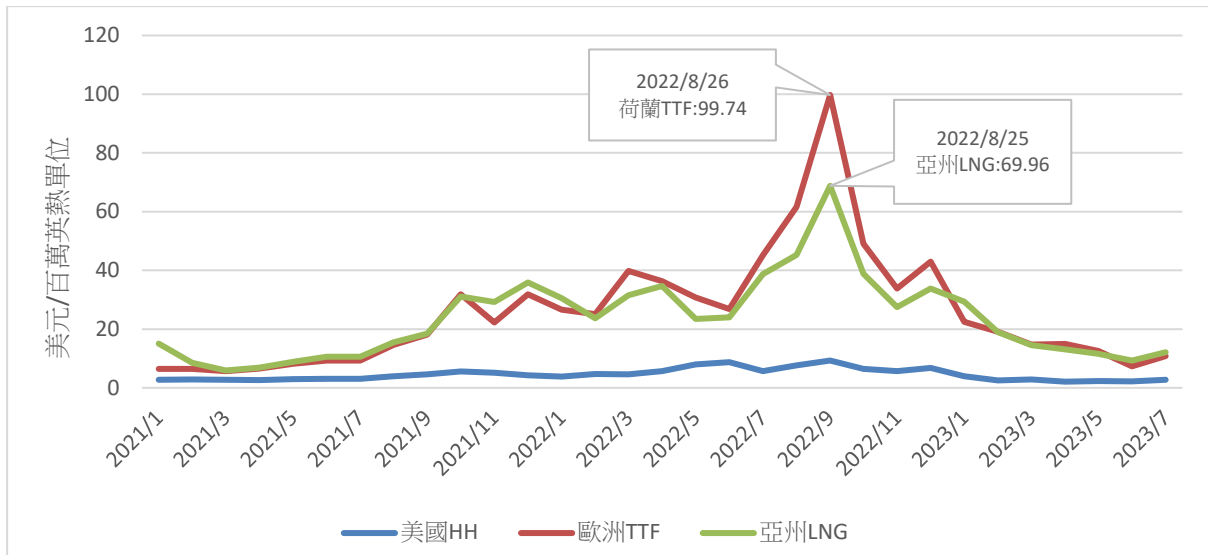
四、俄烏戰爭對液化天然氣市場的影響

俄羅斯長久以來一直是全球最重要的化石燃料出口國之一，特別在歐洲的管道天然氣 (Pipeline Natural Gas, PNG) 的供應有著重要地位。俄羅斯入侵烏克蘭後，引發歐美國家對其採取貿易制裁行動，俄羅斯亦大幅減少對歐洲的天然氣出口，其直接後果即是歐洲對 LNG 進口需求急遽增加 (如本報告第三章第六節所述)。

依據 The LNG industry Annual Report (GIIGNL, 2023)，2022 年歐洲 LNG 進口量增加了約 60%，即增加了 4,466 萬公噸/年。歐洲大量增加 LNG 進口，對全球能源市場未來的發展產生巨變。本節將對 2022 年俄烏戰爭爆發對國際天然氣市場造成的影響進行概述，並探討臺灣、日本及韓國近期概況。

(一) 俄烏戰爭對 LNG 市場的價格影響

俄羅斯入侵烏克蘭引發西方國家對俄羅斯進行貿易制裁 (如禁運與油價上限等)，俄羅斯亦為減少歐美國家對烏克蘭的協助，大幅削減對歐洲國家的天然氣供應。在雙邊互別僵持之際，原本透過管線向俄國採購天然氣的歐洲國家開始轉向其他國家進口；加上歐洲國家為因應供暖季的龐大需求，需要儲備更多的天然氣，市場出現供不應求的情況，使得歐洲天然氣價格迅速攀升。如圖 4-3 所見，荷蘭 TTF (Title Transfer Facility) 天然氣期貨價格一度於 2022 年 8 月下旬飆升至 99.74 美元/百萬英熱單位 (mmBtu) 的歷史高價。



資料來源：本研究整理繪製。

圖 4-3 全球重要天然氣市場之指標價格 (2021~2023/7)

歐洲天然氣緊繃的供應狀況，直接影響了亞洲市場。大量倚賴 LNG 進口的亞太國家，包括日本及韓國，在當時都跟著擴大採購 LNG，也使得亞洲的 LNG 現貨價格出現劇烈的飆升。根據普氏日韓指標 (Japan-Korea Marker, JKM) 的數據顯示，亞洲 LNG 現貨價格於同年 8 月亦來到了 69.96 美元/mmBtu 的歷史高價。

如此高昂的 LNG 價格，使印度、孟加拉及巴基斯坦等南亞開發中國家削減了約 16% 的 LNG 採購量，也造成該地區的許多買家退出了 LNG 現貨市場。中國亦於同年減少了 20% 的 LNG 購買量，並改由俄羅斯進口較便宜的 PNG (如本報告第三章所述)。直至同年 10 月及 11 月上半月，由於歐洲天氣異常溫和，LNG 需求才放緩，歐洲和亞洲的天然氣價格開始逐月下降，如圖 4-3 所見，於 2023 年 6 月中，荷蘭 TTF 天然氣期貨價格已下降至 10 美元/mmBtu 左右。

全球在解決天然氣短缺問題的同時，亦想盡辦法增加替代能源的使用，盡可能分散能源安全的風險，以減少對天然氣的依賴。歐盟執委會 (European Commission) 於 2022 年 5 月發布了 REPowerEU，希望透過節約能源、能源供應多樣化、加速推動再生能源及擴大投資等四項措施，來加速擺脫對俄羅斯能源的依賴。

根據 Institute for Energy Economics and Financial Analysis (IEEFA) 於 2023 年發布之 Global LNG Outlook 2023-27 報告指出，對於許多亞洲國家來說，LNG 價格昂貴，其供應穩定性亦受到歐洲國家的爭奪，而有所下降。儘管亞太國家長期以來一直為全球最大的 LNG 進口地區，但該地區的 LNG 需求於俄烏戰爭後有可能減少，在日本及韓國，高昂的 LNG 價格促使政府考慮核電議題，以削減對 LNG 長期依賴的風險，而我國目前的政策目標為 2025 年之前逐步淘汰核能，這表明未來將持續高度的仰賴 LNG 的進口。

根據 IEA 發布的 Gas Market Report 指出，由於有利的天氣條件和各國及時的政策行動，自 2023 年初以來，歐洲和全球天然氣市場的壓力有所緩解，然而並不能保證未來不會有所波動，天然氣供應仍有可能因為各種不利風險因素而持續緊張。歷經這次俄烏戰爭對天然氣供需造成的動盪，全球更加重視能源安全及能源價格穩定的重要性，特別是高度仰賴 LNG 進口的亞太地區。

(二) 臺灣、日本及韓國近期 LNG 發展概況

1. 臺灣

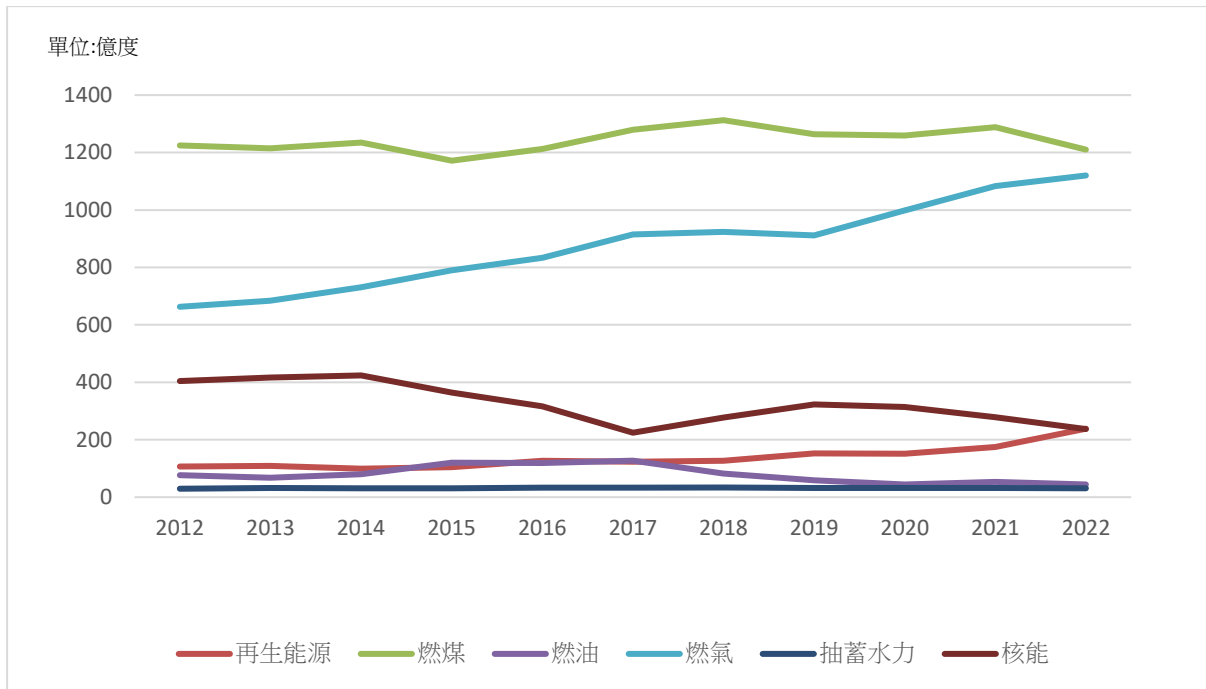
臺灣的能源結構由燃煤、燃氣、核能及再生能源所組成，其中燃煤及燃氣為主要發電來源，由於臺灣缺乏自產能源，能源供給主要仰賴進口，根據經濟部能源署的統計，2022 年能源進口比例高達 97.3%，因此國際能源供給的穩定性與我國的能源安全緊密牽連。俄烏戰爭對許多天然氣進口國造成不小衝擊，而臺灣 LNG 進口來源分散，對俄羅斯的 LNG 依賴程度不高，因此並未如歐洲地區般發生 LNG 短缺的情形。

然而，國際天然氣價格的劇烈上漲，仍顯著影響臺灣購入 LNG 的成本。根據經濟部進口能源價格統計，2022 年 LNG 進口平均價格為 988.84 美元/公噸，相較於前一年的 574.88 美元/公噸，上漲了 72.01%。為維持物價的穩定和經濟運作的平穩，政府並未將這些高昂的天然氣成本反映在售價上，相反的，政府選擇讓中油公司和台電公司這兩家國營事業吸收上升的成本，這使得兩者都面臨嚴重的虧損（如本報告第三章第三節所述）。

我國當前能源轉型政策以「展綠、增氣、減煤、非核」為軸心，規劃於 2025 年實現非核家園目標，並達成電力結構中天然氣發電占比 50%，燃煤占比減少為 30% 及再生能源占比 20%。燃氣發電量自 2012 年的 662.9 億度上升至 2022 年的 1,120.1 億度，占總發電的 38.9%，逐漸接近燃煤發電，為我國第二大發電來源；核能則因近年核電廠陸續除役，2022 年發電量已下降至 237.55 億度，占比 8.2%；再生能源發電占比於近年持續上升，並於 2022 年達到 238.5 億度，超越核能，占比 8.3%。（見圖 4-4）

2. 日本

與臺灣地理環境相近的日本，於 2014 年 LNG 進口量達到峰值後開始下降，平均每年下降 3%，未來預計持續下跌，其原因之一為 LNG 價格高且波動太大。根據 Gas Market Report (IEA, 2023Q2) 的內容指出，日本政府未來將擴大核能使用，以實現穩定供電及碳中和的目標。日本面對能源價格上漲、供應不穩定等問題，亟需在政策上對能源結構進行調整，以達成能源的安全與穩定，因此日本內閣於 2023 年 2 月 10 日通過 GX (Green Transformation) 基本方針的能源政策，以確保穩定供應能源為大前提，達到 GX 的零碳行動。以下為 GX 基本方針中針對天然氣及核能政策之主要內容：



資料來源：整理自經濟部能源署網站。

圖 4-4 臺灣總發電概況 (2012-2022)

- (1) 為了確保天然氣供應穩定安全，避免外在風險，經濟產業省為 LNG 建立基金，協助採購 LNG，平時多餘的 LNG 可自由銷往其他市場，緊急狀況時則銷往日本國內指定企業，藉此減少 LNG 供應不穩定的風險，而該基金則用於補貼交易損失。
- (2) 由於 LNG 市場波動影響因素多，加上難以長期儲備，日本政府必須以各種政策確保供應的穩定，強化能源外交。未來仍繼續持有薩哈林 1、2 號與俄羅斯北極 2 號等國際專案的權益。
- (3) 針對核能運用部分，將致力於研發下一代創新反應爐來加強核能安全機制，並以安全審查為前提，增加既有核電廠的延役時間，預計 2030 年日本核能占比將達到 20~22%。

3. 韓國

如同日本及我國，韓國自產能源依相當匱乏，進口能源佔比近 10 年維持 95%~97% 水準。Global LNG Outlook 2023-27 (IEEFA, 2023) 指出，自 2014 年以來，韓國的 LNG 進口量以每年平均 3% 的速度增長，過度依賴進口能源增加了價格及供應的不穩定性。

自 2022 年 5 月韓國總統大選之後，新總統尹錫悅對能源政策進行大幅度的變革，最主要的差異就是發展核電。例如：恢復新韓蔚 3 號及 4 號機組的建設，延役舊機組的使用年限，並發展核電出口產業。韓國期望於 2036 年時，核電及再生能源占比皆超過 30%，而韓國燃煤跟 LNG 占比預計將於未來持續下降。

五、臺灣液化天然氣供應安全分析

為了達成全球 2050 淨零碳排的目標，天然氣在我國被視為取代燃煤的過渡性能源，另由於核電除役政策，我國天然氣發電占比近年來逐年提升，天然氣供應的穩定性將高度影響我國的能源安全。

本節參考亞太能源研究中心（Asia Pacific Energy Research Centre, APERC）於 2017 年發布之「石油與天然氣安全指標（Oil and Gas Security Indexation）」的方法論，以評估我國天然氣供應安全。該方法論涵蓋政治、經濟、社會、技術、法律和環境等六大面向，並在各面向以多項子指標輔助評估。指標分為內部及外部因素兩組，內部因素為在國內可控之風險因子，例如：政經穩定度及國內接收站能力；外部因素則為外國供應商可能產生之風險因子。由於各國的政治背景、地理環境大不相同，各國可依國內狀況進行調整以更符合各國國情。

本節同時亦參考中央大學臺灣經濟發展研究中心定期發布之「臺灣能源安全指標」，該指標參考世界能源大會（World Energy Council, WEC）建立之能源脆弱度指標架構，分從初級能源供應安全、基礎設施安全及能源消費安全等三大面向，提供我國能源安全指標的相關參考數據。

本節則對 APERC 六大面向中的政治、經濟、社會及技術等「四」個面向篩選具代表性的輔助指標，分析我國之天然氣供應安全，並與日本及韓國做比較。

（一）政治面

1. 國內政治穩定度

世界銀行（World Bank, WB）公布的「全球治理指標（Worldwide Governance Indicator, WGI）」係由言權自由、政治穩定度、政府效能、管制品質、法治及國家清廉度等六項次指標所組成。全球治理指標所使用的政府表現量測級距由弱至強為-2.5 至 2.5，最新資料更新至 2021 年。

本報告的政治穩定度即係引用自全球治理指標的政治穩定度次指標，如表 4-11 所示。臺灣及韓國 2021 年的政治穩定度皆較 2020 年成長，日本則有些微的下降。但整體而言，日本於 2020 年及 2021 年仍為三國中政治最為穩定的國家，其次為臺灣，最後為韓國。

表 4-11 臺日韓政治穩定度

國家	2020 年	2021 年
臺灣	0.77	0.78
日本	1.04	1.03
韓國	0.57	0.66

資料來源：本研究整理至 Worldwide Governance Indicator 網站。

2. 進口國政治穩定度

由表 4-12 可看出，在 2021 年我國所有 LNG 進口國中，俄羅斯已為政治穩定度最低之國家（當年度 LNG 進口占比 9.72%），故對我國 LNG 供應穩定度形成較高風險。當 2022 年俄烏戰爭爆發，幸虧中油公司調貨得宜，亦使得當年我國對俄國進口的占比降至 5.46%。

表 4-12 我國 LNG 主要進口國政治穩定度

國家	2021 政治穩定度	2021 進口占比 (%)	2022 進口占比 (%)
卡達	0.96	24.54	26.07
澳大利亞	0.85	32.25	36.94
馬來西亞	0.14	3.09	3.00
美國	0.00	9.05	10.58
印尼	-0.51	6.02	5.51
巴紐	-0.58	7.36	6.57
俄羅斯	-0.65	9.72	5.46

資料來源：本研究整理自 Worldwide Governance Indicator 網站、經濟部能源署。

(二) 經濟面

1. 初級能源供應多樣性

本報告以赫芬達爾—赫希曼指數（Herfindahl-Hirschman Index, HHI）來衡量初級能源供應多樣化。HHI 指數為市場集中度指標之一，用以衡量某廠商對市場的控制程度，亦可用於評估每個經濟體初級能源供應集中度。其指數範圍自 0 至 1，如果 HHI 的值較低，表示能源供應較為多樣化，而如果值較高，則表示能源供應較集中。一般來說，數值若大於 0.3，表示高度集中；數值若低於 0.1 則表示相對分散。

我國之初級能源供應集中度近年呈現上升狀況（表 4-13），主要因為核能供應減少與天然氣使用增加，當過度依賴於少數幾種能源來源，可能增加能源供應上的風險。日本及韓國的初級能源集中度則持續降低，代表日本及韓國能源供應相較臺灣趨於多樣化，有助於提高能源供給之穩定性。

表 4-13 臺日韓初級能源供應集中度

國家	2020 年	2021 年	2022 年
臺灣	0.316	0.317	0.319
日本	0.298	0.289	0.286
韓國	0.297	0.292	0.281

資料來源：本研究整理。

2. 天然氣占總初級能源供給比例

此指標可反映一國對天然氣使用的依賴程度，當天然氣占總初級能源比例遠高於其他能源選項時，可能影含該國具有較高能源安全風險，導致增加了對天然氣供應中斷及價格波動之風險。

由於我國能源轉型政策，目標於 2025 年達成電力結構天然氣發電占比 50%，我國近年天然氣占總初級能源供給比例逐年增加（表 4-14），估計明年我國天然氣供給占比將持續增加；日本 2020~2021 年之天然氣供給占比雖高於臺灣，但呈現下降趨勢，預計 2022 年將因擴大核能使用的政策而持續下降；韓國 2021 年之天然氣供給占比增加，但 2022 年亦將因國內核能發電量增加而降低天然氣的供給占比。

表 4-14 臺日韓天然氣占總初級能源供給比例

國家	2020 年 (%)	2021 年 (%)	2022 年 (%)
臺灣	17.4	18.3	19.1
日本	23.8	21.4	-
韓國	18.8	19.5	-

資料來源：本研究整理自能源署網站、經濟產業省資源エネルギー庁【におけるエネルギー需給実績】、KESIS【에너지통계연보】。

3. 天然氣進口來源多樣性

同樣採用 HHI 指數來衡量天然氣進口來源多樣性，當 HHI 指數越高，代表天然氣進口來源越集中於少數國家，能源安全風險越高。

我國 2022 年有 17 個 LNG 進口國，進口來源集中於澳洲、卡達及美國，此三國占比之總和超過總進口量之半數。2022 年俄烏戰爭開打，我國大幅減少俄羅斯 LNG 之進口，更加依賴於上述三國，因此 2022 年 LNG 進口來源集中度有顯著上升。日本於 2022 年有 17 個進口國，其前三大進口國為澳洲、馬來西亞及卡達之進口量總和亦超過總進口量之半數，故與我國同樣有集中度偏高之問題。韓國進口國數量多於日本及我國，加上各國占比較為分散，因此集中度略低於我國及日本，天然氣進口風險相對較低（表 4-15）。

表 4-15 臺日韓天然氣進口來源集中度

國家	2020 年	2021 年	2022 年
臺灣	0.1816	0.1891	0.2296
日本	0.2047	0.1860	0.2318
韓國	0.1469	0.1628	0.1562

資料來源：本研究整理

4. 氣源成本⁵⁷

中油公司公布 LNG 之氣源成本自 2022 年 2 月起逐月增加至 2023 年 2 月（見表 4-15），並於同年 3 月開始下降，顯見國內氣源成本增加主因為俄烏戰爭的爆發，使 LNG 進口價格大漲。

表 4-16 中油公司 LNG 氣源成本（2022 年~2023 年 6 月）

2022 年	單位氣源成本 (元/立方公尺)	2023 年	單位氣源成本 (元/立方公尺)
2022/01	9.92	2023/01	19.29
2022/02	9.92	2023/02	19.29
2022/03	11.01	2023/03	17.66
2022/04	12.22	2023/04	16.53
2022/05	14.88	2023/05	16.53
2022/06	14.88	2023/06	16.53
2022/07	15.68		
2022/08	16.52		
2022/09	17.40		
2022/10	18.32		
2022/11	19.29		
2022/12	19.29		

資料來源：本研究整理自中油公司網站。

2020 年，受疫情影響，國際油價大跌，中油公司財務陷入虧損。2021 年，俄羅斯及烏克蘭政治緊張局勢升高，國際能源價格起漲，中油公司雖然油品獲利 443 億元，石化獲利 52 億元，惟為配合政策，中油公司自行吸收天然氣虧損超過 1,000 億元，導致全年稅後營運仍虧損 392 億元。2022 年，俄烏戰爭爆發使天然氣國際價格暴漲，中油公司持續配合政府的穩定國內物價政策，承擔吸收因燃料價格上漲增加的成本，財務損失擴大至 1,838 億，如表 4-17 所示。

由表 4-16 及表 4-17 可看出，雖然氣源成本雖逐月增加，然而中油公司為配合政府抑制通膨，並未全額反映在天然氣價格，使中油公司 2022 年綜合損益表呈現鉅額虧損，可知一國天然氣風險包含價格變動，若不是對民生經濟造成衝擊，就是由國營事業虧損或是政府財政赤字來因應，其影響不可謂不鉅。

⁵⁷ 中油公司係以油價變動推估 LNG 進口之國際價格，並考量匯率的變動來估算當月至年底各月的氣源成本，再依照過去各月實際的氣源成本與未來各月氣源成本的預估進行加權平均，估算全年平均 LNG 的氣源成本，並以氣源成本作為國內天然氣價格制定的參考標準。

表 4-17 中油公司近五年度簡明損益表

單位：新台幣千元

		2018	2019	2020	2021
收入	營業收入	1,014,108,034	721,700,943	903,772,722	1,221,809,763
	營業外收入	4,819,308	9,724,748	5,097,908	9,361,709
	收入合計	1,018,927,342	731,425,691	908,870,630	1,231,171,472
支出	營業成本	956,838,997	712,357,422	911,125,600	1,399,787,827
	營業費用	21,043,953	20,062,206	22,018,301	23,260,101
	營業外費用	7,707,060	6,709,268	22,858,445	20,446,865
	所得稅費用 (利益)	894,513	(361,653)	(7,847,293)	(28,451,695)
	支出合計	986,484,523	738,767,243	948,155,053	1,415,043,098
淨利(淨損)		32,442,819	(7,341,552)	(39,284,423)	(183,871,626)

資料來源：中油公司 111 年度中央政府總決算書，作者整理。

(三) 社會面

在 APERC 六大面向中，社會面僅有一個子指標：「人均天然氣消費」，其計算採用一國總天然氣消費量除以一國之人口數。由於人均天然氣消費可能難以完全代表社會指標，因為該數據包括了來自整個經濟部門之天然氣需求，但人均天然氣消費仍可用來衡量每個經濟體在隨著時間的經濟發展與人口變化。(APERC, 2017)

臺灣人均天然氣消費呈現逐年增加的趨勢(表 4-18)，日本則為逐漸下降，韓國近年則大體持平。顯見臺灣民眾近年對天然氣的依賴，相對日韓兩國的人民增加更多，當天然氣價格上漲時，可能承擔更高的風險。

表 4-18 臺日韓人均天然氣消費

國家	年份	人均天然氣消費(立方米/人)
臺灣	2020	951
	2021	1,186
	2022	1,205
日本	2020	824.4
	2021	824.3
	2022	803
韓國	2020	1,109
	2021	1,205
	2022	1,198

資料來源：本研究整理。

(四) 技術面

1. LNG 接收站設備利用率

技術面上，影響天然氣供應安全的重要因素之一為 LNG 接收站的設備利用率，其計算方式採用一國 LNG 總進口量除以接收站總供應能力，可評估 LNG 接收站之有效利用情形，以及是否具有足夠容量以確保天然氣的穩定供應。

我國現有兩座天然氣接收站，共 12 座 LNG 儲槽，總供應能力為每年 1,650 萬公噸，均由中油公司負責營運。然而，每年 LNG 進口量皆已超過接收站總供應能力，2022 年接收站設備利用率達 121%；相比之下，日本及韓國近年接收站利用率皆維持於 30~40% 之間（表 4-19）；而根據本報告第三章第七節所引用之全球 LNG 再氣化設備的平均利用率則為 41%；顯見我國 LNG 接收站已是超載操作，風險極高。在可預見的未來，我國 LNG 需求仍將大幅成長，為強化 LNG 供應能力，政府已推動多項 LNG 接收站投資計畫，以降低我國天然氣之供應風險。

表 4-19 臺日韓之 LNG 接收站供應狀況

	臺灣			日本			韓國		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
接收站數量 (個)	2	2	2	36	37	37	7	7	7
LNG 進口量 (萬公噸)	1,776	1,944	1,996	7,443	7,435	7,216	4,081	4,692	4,719
總供應能力 (萬公噸)	1,650	1,650	1,650	19,853	20,208	20,123	13,690	14,090	14,090
接收站利用率 (%)	108	118	121	37	37	36	30	33	33

資料來源：本研究整理

2. 進口國天然氣產量

比較各個進口國的天然氣產量及其出口產量之全球占比，可評估該進口國天然氣相對之供應穩定性，當其出口量占全球比率越高，代表此國的供應能力越穩定，較不易發生供應中斷或不足等問題。基本上，我國選擇全球天然氣出口產量較高之國家作為主要進口國（表 4-20），可盡量降低天然氣供應風險，除此之外仍須考量進口來源多樣性以更健全天然氣之整體供應安全。

3. 進口國液化廠設備利用率

最後一個技術面指標為進口國液化廠設備利用率，計算方法為某一期間內進口國之總出口量除以該國液化廠之液化能力。其值越高，代表該國液化廠充分的受到利用，較少有設備閒置之問題，擔同時亦表示能增產的空間較為有限，不利其出口對象的 LNG 供應安全。

表 4-20 臺灣 LNG 進口國之天然氣出口量

	2020 年			2021 年			2022 年		
	進口 占比 (%)	出口量 (百萬噸)	全球 占比 (%)	進口 占比 (%)	出口量 (百萬噸)	全球 占比 (%)	進口 占比 (%)	出口量 (百萬噸)	全球 占比 (%)
卡達	26.64	77.13	21.7	24.54	76.96	20.7	26.07	79.04	20.3
澳洲	27.93	77.77	21.8	32.25	78.52	21.1	36.94	78.5	20.2
美國	5.68	44.76	12.6	9.05	67.03	18	10.58	75.44	19.4
馬來 西亞	13.53	23.85	6.7	3.09	24.94	6.7	3.00	27.6	7.1
印尼	9.15	14.99	4.2	6.02	13.82	3.7	5.51	14.00	3.6
俄國 (亞洲)	4.00	11.25	3.2	9.72	10.15	2.7	5.46	11.32	2.9
巴紐	6.39	8.33	2.3	7.36	8.3	2.2	6.57	8.39	2.2

資料來源：本研究整理自 GIIGNL Annual Report 2020,2021,2022

註：(1) 進口占比：一國 LNG 進口量/臺灣 LNG 進口量

(2) 出口量：一國 LNG 出口量

(3) 全球占比：一國 LNG 出口量/全球 LNG 出口量

根據 International Gas Union (IGU) 的 2023 World LNG Report，2022 年全球總 LNG 液化能力為 478.4 百萬公噸/年，較 2021 年增加了 19.9 百萬公噸/年，產能增加之主因為美國 Calcasieu Pass LNG、俄羅斯 Portovaya LNG 及莫三比克 Coral South Floating LNG 均開始營運。然 2022 年 2 月俄烏衝突爆發，歐洲增加 LNG 進口以彌補來自俄羅斯所減少的 PNG 供應，使得液化廠進一步提高其液化廠利用率，藉此彌補歐洲迅速增加的 LNG 需求。使得 2022 年全球平均液化廠利用率提高至 89%，較 2021 年增加 8.6%。

表 4-21 羅列了臺灣主要 LNG 進口國的液化廠設備利用率，可以發現卡達、澳洲及美國之利用率皆已近滿載。假若類似於美國 2022 年 Freeport LNG 設施的火災事故、澳洲 2022 及 2023 年的 LNG 出口設施罷工活動，屢屢發生，可能將對我國的 LNG 供應安全產生不良影響。

綜上所述，我國於政治面的國內政治穩定度，表現相對韓國較佳，而主要進口國之政治穩定度則因自俄國進口 LNG 占比降低，將有所提升。經濟面上，近年我國對天然氣的依賴提升，導致初級能源供應集中度顯著上升。亦也導致人均天然氣消費攀升，可能增加國人生活成本對 LNG 價格波動的曝險。技術指標方面，我國 LNG 接收站利用率顯示營運風險極高，政府須加速推動各項 LNG 擴建計畫，才能有效提升我國的 LNG 供應的穩定度。

表 4-21 出口國液化廠利用率（2022 年）

國家	出口量 (百萬噸)	液化能力 (MTPA)	利用率 (%)
卡達	79.0	77.0	102.6
澳洲	78.5	87.2	90.0
美國	75.4	91.3	82.7
馬來西亞	27.6	32.0	86.3
印尼	14.0	21.1	66.4
巴布亞紐幾內亞	8.4	8.3	101.1
俄羅斯（亞洲）	11.3	10.8	104.8

資料來源：本研究整理自 GIIGNL Annual Report (2022)。

六、結語

為因應國際 2050 淨零碳排的目標，液化天然氣因其潔淨、低碳與高效能的特性，被視為是全球能源轉型的重要選項之一。在 2025 非核家園政策目標下，政府規劃在 2025 年燃氣發電的占比五成。然而，天然氣於發電結構之占比過高，容易使我國陷入過度依賴單一能源的困境。因此，需進一步全面考量風險，提升能源供應多元性，讓政策保有更多彈性，並有利於未來能源轉型的推行。

2022 年 2 月俄烏衝突影響全球 LNG 市場甚鉅，LNG 價格一度因為供需失衡而飆漲至歷史高點。我國雖因中油公司的調度得宜，而未受斷氣之苦，但仍須承擔高額的 LNG 購買成本，顯示出國人生活成本對 LNG 價格波動的曝險極大，是極度依賴 LNG 的臺灣所經歷的一次外部風險因素的實證。在目前能源政策下，國際 LNG 價格波動對臺灣電價產生的上漲壓力將日益增加，不但不利於國營事業的永續經營，亦可能造成政府財政負擔。政府或許應跳出價格管制的思維，參考歐美國家的作法（如本報告第三章第二與第三節所述），來減輕經濟民生負擔，長期則增加自產與準自產能源的占比，以減輕對進口化石能源的依賴。

而最顯而易見的內部風險因素，即是我國目前的 LNG 接收站利用率已滿載，遠遠高於日、韓等亞鄰國家的水準。然而，目前政府規劃的 LNG 接收站的新建或擴建工程，卻屢屢因為環境保護因素，導致進度延宕。故政府應即早並務實地規劃新接收站建置完成前的替代方案，才能安穩渡過空窗期。

參考文獻

中文部分

1. 工業技術研究院（2022），2022 日本能源白皮書研析。
2. 中技社（2016），提升臺灣液化天然氣冷能利用之研析。
3. 林韋廷、黃莉婷、王婷虹，日本《GX 基本方針》評析，工業技術研究院。

4. 國家發展委員會 (2022), 「俄烏戰爭影響全球能源與原物料供需, 對我國之衝擊與政府因應之道」專案報告。
5. 新湖期貨 (2022), 美國 LNG 概況。
6. 經濟部 (2022), 我國天然氣供需情形。
7. 經濟部 (2020), LNG 合約演進及對市場影響之分析。
8. 劉致峻 (2023), 「淨零路上的挑戰: 台灣液化天然氣安全」, 台灣環境與資源經濟學會 2023 年會暨學術研討會論文。
9. 臺灣中油 (2015), LNG 船的領航之道。
10. 臺灣中油公司 (2022), 中央政府總決算書。
11. 臺灣中油公司 (2023), 中央政府總預算案附屬單位預算。
12. 臺灣電力公司 (2023), 中央政府總預算案附屬單位預算。
13. 臺灣綜合研究院 (2017), 美國液化天然氣政策與市場前景。
14. 臺灣經濟研究院 (2014), 全球 LNG 市場近期發展。

外文部分

1. Asia Pacific Energy Research Centre (2017), Oil and Gas Security Indexation。
2. Energy Institute (2023), Statistical Review of World Energy 2023。
3. International Energy Agency (2023), World Energy Outlook 2023。
4. International Energy Agency (2023), Gas Market Report Q2-2023。
5. International Energy Agency (2023), Global Gas Security Review 2023 Including the Gas Market Report Q3-2023。
6. International Energy Agency (2023), Natural gas supply-demand balance of the European Union in 2023。
7. International Gas Union (2023), 2023 World LNG Report。
8. Institute for Energy Economics and Financial Analysis (2023), Global LNG Outlook 2023-27。
9. Korea Energy Statistics Information System (2022), 에너지통계연보。
10. The Institute of Energy Economics, Japan (2023), Enhancing Natural Gas/LNG Supply Security。
11. The International Group of Liquefied Natural Gas Importers (2021), The LNG industry Annual Report。

12. The International Group of Liquefied Natural Gas Importers (2022), The LNG industry Annual Report。
13. The International Group of Liquefied Natural Gas Importers (2023), The LNG industry Annual Report。
14. 經濟産業省資源エネルギー庁 (2021), におけるエネルギー需給実績。

網路資料

1. 天下雜誌 (2020), 臺灣中油配合政府實踐 2025 能源轉型目標：天然氣發電占比達 50%。檢自 <https://reurl.cc/o7Ox3Q>
2. 今日新聞 (2023), 俄烏周年／經貿迎寒冬 臺灣也受害。檢自 <https://reurl.cc/65Rrld>
3. 政府資料開放平台。臺灣中油股份有限公司_液化天然氣氣源成本。檢自 <https://data.gov.tw/dataset/36488>
4. 能源知識庫 (2019), LNG 來自四方 細說臺灣天然氣進口供應安。檢自 <https://reurl.cc/mDQVmV>
5. 梁啟源 (2023)。臺灣能源安全指標 (一一二一年第一季暨未來展望)。檢自 <http://rcted.ncu.edu.tw/cci/1120627%20%E8%87%BA%E7%81%A3%E8%83%BD%E6%BA%90%E5%AE%89%E5%85%A8%E6%8C%87%E6%A8%99v4.pdf>
6. 經濟部 (2023)。臺灣中油：向俄購氣去年到期即未再續約 依國際慣例購買供應商的組合產品則可確保貨氣符合規格。檢自 https://www.moea.gov.tw/MNS/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=40&news_id=105780
7. 經濟部能源署網頁 (2023)。111 年度全國電力資源供需報告。檢自 https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/ContentDesc.aspx?menu_id=23141
8. 經濟部能源署網頁 (2018)。天然氣生產或進口事業自備儲槽容量。檢自 https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/Law/Content.aspx?menu_id=1029
9. 關鍵評論 (2022), 俄烏戰火後的危機！臺灣天然氣 10%缺口 中油準備好應戰了嗎？檢自 <https://reurl.cc/x7zEkN>

第五章、國家達成淨零碳排目標的電力配比檢討

梁啟源

國立中央大學講座教授

鄭睿合

中華經濟研究院高級分析師

劉致峻

財團法人中技社資源暨環境研究中心研究員

2018年10月份發布的IPCC特別報告提及，若要地球升溫在1.5°C以內，2030年全球的二氧化碳排放量應比2010年的排放量少40%~60%；並在2045~2055年達到零排放（IPCC, 2018）。為回應全球暖化議題和控制溫度的訴求，各國政府及企業紛紛承諾淨零排放（Net Zero Emissions）目標。我國為與國際接軌，行政院環保署⁵⁸著手修正《溫室氣體減量與管理法》，並更名為《氣候變遷因應法》並將2050淨零排放入法。該法已於2023年年初經立法院三讀通過、總統公布施行，正式確立國內淨零排放目標。

據國際能源總署（International Energy Agency, IEA）的資料發現，全球二氧化碳排放以電力部門最高，其次為工業部門。且因俄烏戰爭導致歐洲天然氣供應受阻，在能源價格高漲下許多國家增加燃煤發電替代燃氣發電，使得2022年電力部門的二氧化碳排放量較2021年提高1.8%，約2.61億噸（IEA, 2023）。就我國而言，2022年能源部門的二氧化碳排放量約為2.59億噸，相對2021年的2.66億噸約減少3.3%（劉品希，2023）⁵⁹，電力排碳係數為0.495公斤CO₂e/度，比2021年0.509公斤CO₂e/度，降幅為2.75%，主要原因為用電量減少、計算方式改變（焚化爐排碳不納入電力項目）、台電大力發展再生能源，以及「增氣減煤」（中央社，2023）⁶⁰。因此，如何藉由調整電力配比降低電力部門二氧化碳排放量、減少對化石燃料依賴，進而實現各國的淨零目標和降低國際能源價格上漲對

⁵⁸ 已於2023年8月22日改制為環境部。

⁵⁹ 劉品希，「環境部公布溫室氣體排放 2021年上升 估2022年降3.3%」，2023年8月25日，<https://www.rti.org.tw/news/view/id/2177833>（最後瀏覽日期：2023年9月11日）。

⁶⁰ 中央社，「111年電力排碳係數創新低 每度電排碳0.495公斤」，2023年6月21日，<https://www.rti.org.tw/news/view/id/2177833>（最後瀏覽日期：2023年9月11日）。

國內衝擊等，即為重要課題。

讀者從本專題報告的第二章中，得知俄烏戰爭提升全球對能源安全的關切，其引發能源政策典範轉移更讓人們渴求低碳、永續及可負擔的能源。換言之，從長遠來看，吾人仍應朝降低對化石燃料依賴的方向走，增加自產或準自產的無碳能源比重，並在成本最小化⁶¹的原則下，規劃國家最適電力配比，同時兼顧能源安全、淨零排放、價格可負擔的三難目標。

爰此，本章第一節首先探討各國淨零目標以及對應之電力配比，第二節則回顧國內能源轉型進程對電力配比以及能源安全之影響，再於第三節評估在我國淨零路徑下的最適電力配比，並衡量對國內電價、碳排放量和經濟衝擊。希望透過本章的討論回答我國朝向淨零排放之路邁進時，理想與現實的差距有多少？能否兼顧三難目標？這些難題，並提出相關的政策建議。

一、各國邁向淨零排放目標的進程與電力配比

2015年189個國家達成「巴黎氣候協議 (Paris Agreement)」，承諾於本世紀結束前將氣溫升幅設定在 2°C 以內，並盡力控制於 1.5°C 以內。為此，締約方各自提交符合其國情的「國家自定預期貢獻 (Nationally Determined Contribution, NDC)」，並每五年檢討一次，定期修正及加強碳排目標 (簡慧貞，2015)。

歐盟身為淨零排放的先行者，於2019年12月公布「歐盟綠色新政」，提供明確的行動藍圖，包括全面檢視現行歐盟法規，如「排放交易指令 (Emissions Trading System Directive)」、「再生能源指令 (Renewable Energy Directive)」、「能源效率指令 (Energy Efficiency Directive)」等，並研擬新的歐盟氣候變遷調適策略以及碳邊境調整機制，以達到歐盟2030年溫室氣體排放相較1990年減少50-55%的氣候目標，並在2050年成為全球第一個碳中和大陸的願景。(梁啟源，2022)

繼歐盟之後，德國、瑞典、英國、法國、丹麥、日本、南韓等國也已完成2045或2050年達淨零排放目標的立法程序，且當前已有更多國家將淨零排放目標入法，各國推動淨零目標之進度彙整如表5-1所示 (僅列示目前已達成淨零排放、已入法、法案研議中或已寫入相關政策中之國家)。

⁶¹ 本章所稱之成本最小化原則，並非以「成本最小」為目標進行規劃。而是假設電力生產者追求發電成本最小，所推導出的「電力供給函數」為：「價格是成本的函數」。在該電力供給函數為「超對數函數 (Translog Function)」的假設下，將價格 (應變數) 用發電成本 (自變數) 以「三階段最小平方法 (Three-stage Least Squares, 3SLS)」進行估計。然而，由於電力成本方程式的係數較多，運用3SLS估計時可能不易收斂，故進一步運用「薛福輔理 (Shephard's Lemma)」，將電力成本方程式改寫為電力份額方程式後再加以估計。

表 5-1 各國淨零排放目標、期程及立法進度 (摘錄)

國家	目標期程	立法進度	
蘇利南		已達成	
不丹			
馬爾代夫	2030	已入法	
芬蘭	2035		
奧地利	2040		
冰島	2040		
德國	2045		
瑞典	2045		
歐盟	2050		
美國	2050		
日本	2050		
英國	2050		
法國	2050		
南韓	2050		
加拿大	2050		
西班牙	2050		
澳洲	2050		
哥倫比亞	2050		
瑞士	2050		
愛爾蘭	2050		
智利	2050		
葡萄牙	2050		
丹麥	2050		
匈牙利	2050		
希臘	2050		
紐西蘭	2050		
盧森堡	2050		
斐濟	2050		
奈及利亞	2050		
巴貝多	2030		已寫入政策
多明尼加	2030		
安地卡及巴布達	2040		
尼泊爾	2045		
巴西	2050		
義大利	2050		
越南	2050		
阿根廷	2050		
馬來西亞	2050		
比利時	2050		
羅馬尼亞	2050		

國家	目標期程	立法進度
新加坡	2050	
衣索比亞	2050	
斯洛伐克	2050	
巴拿馬	2050	
突尼西亞	2050	
哥斯大黎加	2050	
斯洛維尼亞	2050	
柬埔寨	2050	
安道爾	2050	
貝里斯	2050	
摩納哥	2050	
中國大陸	2060	
沙烏地阿拉伯	2060	
俄羅斯	2060	
印度	2070	

資料來源：The Energy and Climate Intelligence Unit, Net Zero Tracker, data retrieving September 4, 2023 from website : <https://eci.net/netzerotracker> (Accessed on September 4, 2023)。

為達成淨零目標，IEA 在 2021 年 5 月發布之報告，提出淨零路徑下的 2050 年電力配比規劃為：再生能源、核能、水力、燃煤 (CCS)、燃氣占系統中的比重分別為 88%、8%、2%、1%和 1%。在再生能源成本大幅走低下，太陽光電系統與風力發電系統的建置，將為電力部門脫碳帶來重要貢獻，至於水力發電與核能發電亦將在淨零轉型進程上肩負重要的基礎；此外，IEA 在 2022 年 6 月發布的「核能與安全能源轉型」⁶²報告提及，欲達成 2050 淨零碳排目標，核能將扮演極具重要的角色，全球需將核能設置容量由 413 GW 倍增至 812 GW，且因應再生能源滲透率提高趨勢，核能機組與其他可調度資源互補下，能提供電網穩定性、調度靈活性與系統餘裕度。

就各國方面，英國政府於 2021 年 10 月發布「淨零戰略：重建綠色 (Net Zero Strategy: Build Back Greener)」，制定了英國到 2050 年實現淨零排放的計劃及其碳預算，亦評估在符合英國「國家自訂貢獻 (Nationally Determined Contributions, NDC)」、2033-37 年「第六個碳預算 (Sixth Carbon Budget, CB6)」與達成淨零目標的電力系統可能組合，其評估指出：英國電力系統的可能組合，於 2040 年時，分別為再生能源 76.9%、核能 9.5%、燃氣 9.1%、抽蓄水力 1%與儲能 3.5% (BEIS, 2022⁶³)。

鑑於能源部門溫室氣體排放量約占全球溫室氣體排放量的 75%，美國承諾於

⁶² IEA (2022), "Nuclear Power and Secure Energy Transitions," Paris: IEA, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/0498c8b8-e17f-4346-9bde-dad2ad4458c4/NuclearPowerandSecureEnergyTransitions.pdf>.

⁶³ GOV.UK, "Net Zero Strategy baseline: covering note," March 7, 2022, <https://www.gov.uk/government/publications/energy-and-emissions-projections-net-zero-strategy-baseline-partial-interim-update-december-2021/net-zero-strategy-baseline-covering-note> (accessed on September 11, 2023).

2050 年實現淨零排放，並規劃於 2035 年實現電力部門淨零排放⁶⁴。美國國家再生能源實驗室（National Renewable Energy Laboratory, NREL）2022 年 8 月發布「評估達到 2035 年 100%潔淨電力在供給面的選項（Examining Supply-Side Options to Achieve 100% Clean Electricity by 2035）」⁶⁵ 報告，設計：（1）所有技術可行（All Options）、（2）擴大建設（Infrastructure Renaissance）、（3）受限（Constrained）和（4）無碳捕捉和封存技術（No CCS）等四個情境，並和兩個基準情境比對。結果發現，在最小成本的組合下，風力和太陽光電提供約 60%至 80%的電力，核能在電力系統中的比重約為 9%至 27%，火力發電搭配或未搭配碳捕捉和封存的占比則約 0%至 5%。

在中國大陸方面，全球能源互聯網發展合作組織在 2021 年發布之「中國大陸 2030 年能源電力發展規劃研究及 2060 年展望」報告指出，2050 年電力系統裝置容量達 75 億瓩，其中潔淨能源占 92%，太陽光電和風電裝置容量占比超過 75%、發電量占比超過 65%，核能發電裝置容量約 2 億瓩，占電力系統比重約 2.7%⁶⁶。

日韓部分，日本經產省在其「2050 年碳中和綠色成長戰略」中，概述 2050 年再生能源、核能與火力搭配 CCS 與氫能在電力系統中的配比約分別為 50%至 60%、30%-40%和 10%⁶⁷；南韓碳中和委員會則於「2050 年碳中和規劃」裡，則指出南韓 2050 年的電力配比：再生能源、核能與火力搭配 CCS、氫能和抽蓄水力及其他，約分別為 60%至 70%、24%至 26%、10%至 22%和 1%至 3%⁶⁸。

就我國而言，行政院國家發展委員會也於 2022 年發布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，宣示我國淨零排放路徑下之電力配比，其中再生能源發電量占電力系統比重將達 60%至 70%，火力搭配 CCS、氫能和抽蓄水力在電力系統中的比重則分別為 20%至 27%、9%至 12%和 1%（國發會，2022）。

臺灣野村總合研究所（2023）進一步整理各國當前與未來的發電結構（如圖 5-1）。其中，德國與義大利也規劃將再生能源發電占比達五成甚至是八成，可觀察到再生能源在電力系統中占有相當高的比重。

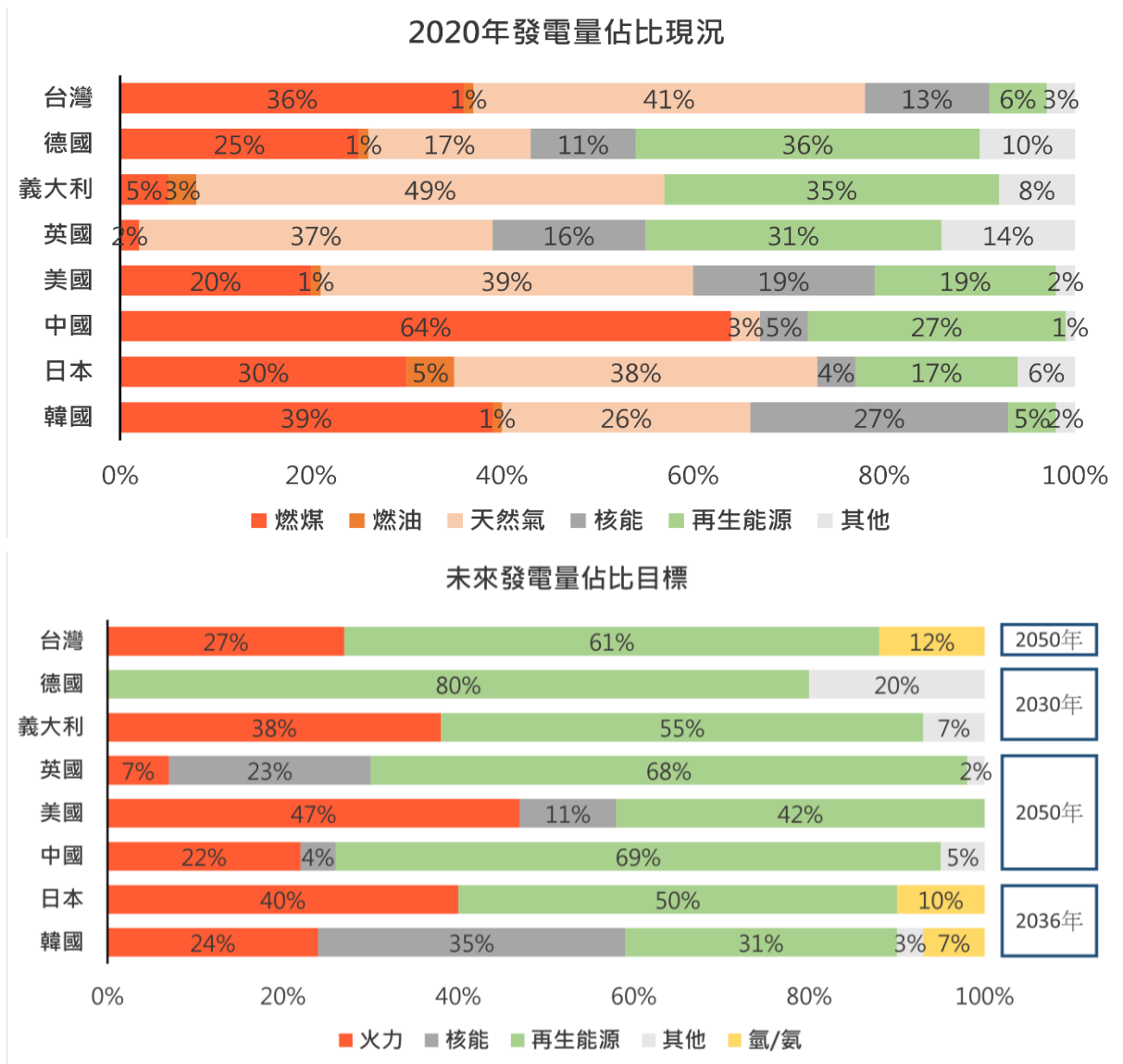
⁶⁴ U.S. Department of State, “Energy,” <https://www.state.gov/policy-issues/energy/> (accessed on September 11, 2023) .

⁶⁵ Denholm, Paul, Patrick Brown, Wesley Cole, et al., “Examining Supply-Side Options to Achieve 100% Clean Electricity by 2035,” NREL, August 2022, <https://www.nrel.gov/docs/fy22osti/81644.pdf> (accessed on September 11, 2023) .

⁶⁶ 全球能源互聯網發展合作組織，「中國 2030 年能源電力發展規劃研究及 2060 年展望」，2021 年 3 月，https://yhp-website.oss-cn-beijing.aliyuncs.com/upload/%E3%80%8A%E4%B8%AD%E5%9B%BD2030%E5%B9%B4%E8%83%BD%E6%BA%90%E7%94%B5%E5%8A%9B%E5%8F%91%E5%B1%95%E8%A7%84%E5%88%92%E7%A0%94%E7%A9%B6%E5%8F%8A2060%E5%B9%B4%E5%B1%95%E6%9C%9B%E3%80%8B_1616498546246.pdf（最後瀏覽日期：2023 年 9 月 11 日）。

⁶⁷ 日本經濟產業省資源與能源廳「2050 年碳中和綠色成長戰略」，https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/green_growth_strategy.html。

⁶⁸ 南韓碳中和委員會「2050 年碳中和規劃」，<https://cleanenergynews.ihsmarkit.com/research-analysis/south-koreas-climate-roadmap-fails-to-impress-businesses-envir.html>。



資料來源：臺灣野村總合研究所（2023）。

圖 5-1 全球主要經濟體之發電結構占比

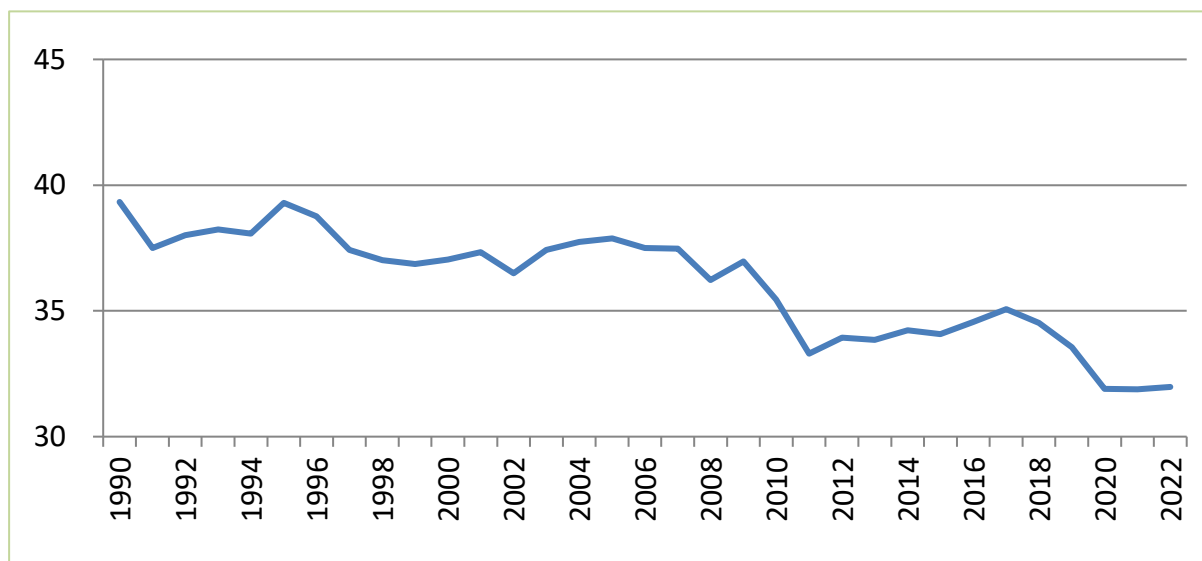
綜合全球主要經濟體達成淨零目標的電力配比的模擬或評估可得知，需要透過極大化增設再生能源系統，特別是太陽光電和風力發電系統，讓再生能源系統在電力系統中占有最大的比重，方有助於電力部門脫碳。其次，核能發電亦為邁向淨零目標時的重要發電來源之一，不論英、美、日、韓及中國大陸，均在電力系統裡保有一定比重的核能發電。至於在火力機組方面，則需搭配碳捕捉和封存技術達到碳中和。另外，須納入氫能、儲能等技術，共同促進電力部門去碳化。

二、我國能源轉型、電力配比與能源安全

歷經 1979、1984 年兩次能源危機、1990 年波灣戰爭導致國際油價大幅波動，與 1996 年能源產業自由化和國際環保趨勢等事件，國內為減少對石油⁶⁹之依賴，遂推動能源多元化和增進國內能源使用效率，確保我國能源安全。由圖

⁶⁹ 依資料顯示，1982 年我國原油及石油產品占總初級能源供給比率約 64.72%，至 2022 年時已降至 43.7%。

5-2 可知，國內能源供應集中度自 1990 年迄今持續降低，顯示臺灣的能源來源更為分散，有助於提升能源安全程度。



資料來源：梁啟源（2023）。

圖 5-2 我國初級能源供應集中度

隨著國際能源及環境經濟情勢發展，全球暖化議題開始被各國重視，1994 年 150 個國家於聯合國總部通過「聯合國氣候變化綱要公約（The United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC）」，然公約中之各締約方未就氣候變化問題綜合治理制定具體可行的措施⁷⁰，且為因應 UNFCCC 對我國之影響，政府特於 1998 年 5 月和 2005 年 6 月召開「全國能源會議」，研訂兼顧經濟發展、能源供應及環境保護之策略⁷¹。另一方面，在 1994 年至 1999 年間我國電力系統備用容量率僅 4.2~7.4%，低於當時合理備用容量率 20%，導致六年間的限電次數達 40 次，故經濟部開放民營電廠⁷²，藉以緩解電力供應不足的壓力。

其後，政府於 2008 年 6 月 5 日宣布《永續能源政策綱領》，設定兼顧「能源安全」、「經濟發展」與「環境保護」之政策目標（梁啟源，2015）。並在全球大力發展再生能源之際，我國再於 2009 年 7 月通過《再生能源發展條例》，藉由強制電業併聯再生能源發電設備，及以保障價格收購其所產生電能之雙重機制，排除再生能源發電設備進入電力市場之障礙。並相繼推動「陽光屋頂百萬座」⁷³、「千架海陸風力機」⁷⁴等計畫，推助國內增設再生能源發電系統。

⁷⁰ 台灣因應氣候變化綱要公約資訊網，「氣候變化綱要公約背景與演變」，台灣綜合研究院，<http://www.tri.org.tw/unfccc/main02.htm>（最後瀏覽日期：2023 年 9 月 11 日）。

⁷¹ 謝惠子，「與時俱進擘畫未來國家能源政策走向與變遷」，能源報導，<http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=200811&Page=26>。

⁷² 台灣電力公司，「購入電力種類及依據」，2022 年 7 月 7 日，<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=207&cid=160&cchk=8880cf98-97d2-47ce-90a0-a384e870db85>（最後瀏覽日期：2023 年 9 月 11 日）。

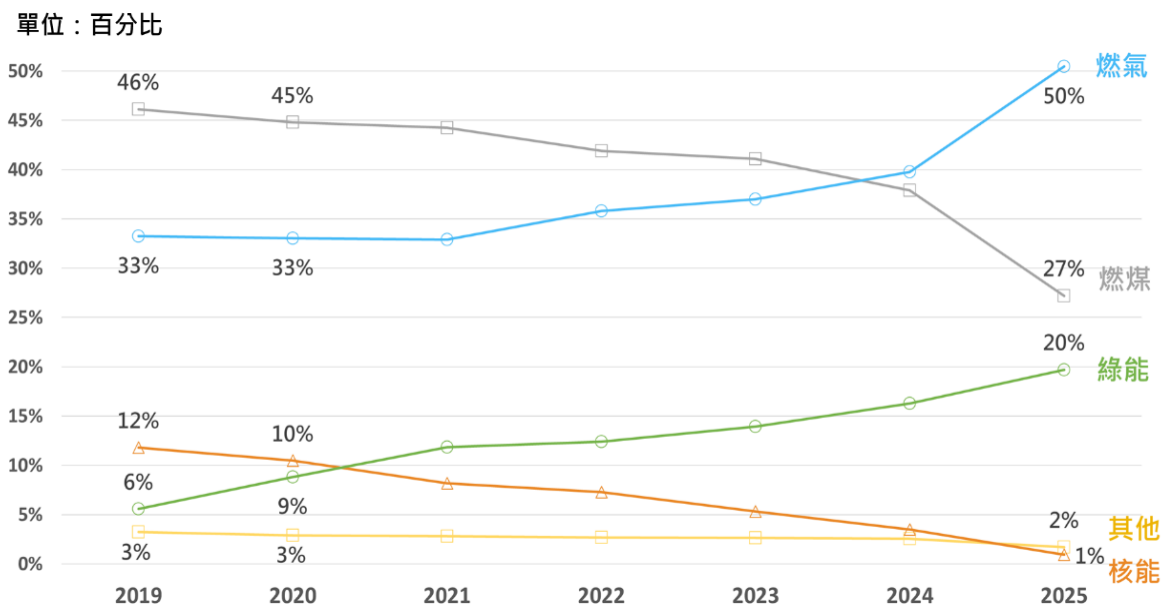
⁷³ 聚恆科技股份有限公司，「『陽光屋頂百萬座』計畫今年以屋頂型太陽光電系統為主·目標 100MW」，<http://www.hengs.com/newsreport12.html>（最後瀏覽日期：2023 年 9 月 11 日）。

⁷⁴ 台電月刊，「潔淨能源 乘風崛起 經濟部能源局成立推動辦公室 力促「千架海陸風力機」計畫落

鑑於 2011 年日本福島核災事故，政府於 2011 年 11 月宣布「新」能源政策，包括穩健減核、打造綠能低碳環境、確保核能安全等主軸，預計以「穩健減核」方式，緩步走向「非核家園」目標⁷⁵。伴隨著各項能源政策推動，我國再生能源裝置容量和發電量占整體系統比重持續提升，例如：風力和太陽光電合計於 2009 年之裝置容量（383.8MW）占整體系統比率約為 1%，至 2015 年時風力和太陽光電總計之裝置容量（1,488.7MW）占整體系統份額已達 3%（經濟部能源署，2023）。

自 2016 年 5 月現任政府執政以降，除修訂《電業法》外，也依循《再生能源發展條例》推動能源轉型，據經濟部能源署於 2018 年 7 月公布之「106 年全國電力資源供需報告」，未來再生能源占電力系統比率，將由 2018 年的 7%，上升至 2025 年之 20%；燃氣發電則由 35%，漸次提升至 49%；燃煤發電則緩步調降，預估 2025 年時占比僅為 29%；核能發電則在尚有一部機組運轉下，約占電力系統比重 1%。（經濟部能源署，2018）

爾後，在 2020 年發布的「能源轉型白皮書」則略微修正燃氣發電量與燃煤發電量占比（見圖 5-3）。並因為各項國內外經濟情勢變化，將 2025 年再生能源發電量占總發電量比重下修至 15.1%⁷⁶，但未更動再生能源裝置容量目標⁷⁷。



資料來源：經濟部能源署（2020），「能源轉型白皮書」。台北：經濟部。

圖 5-3 至 2025 年能源轉型路徑下之不同電力配比

實」，2016 年 6 月，<https://tpcjournal.taipower.com.tw/article/1398>（最後瀏覽日期：2023 年 9 月 11 日）。

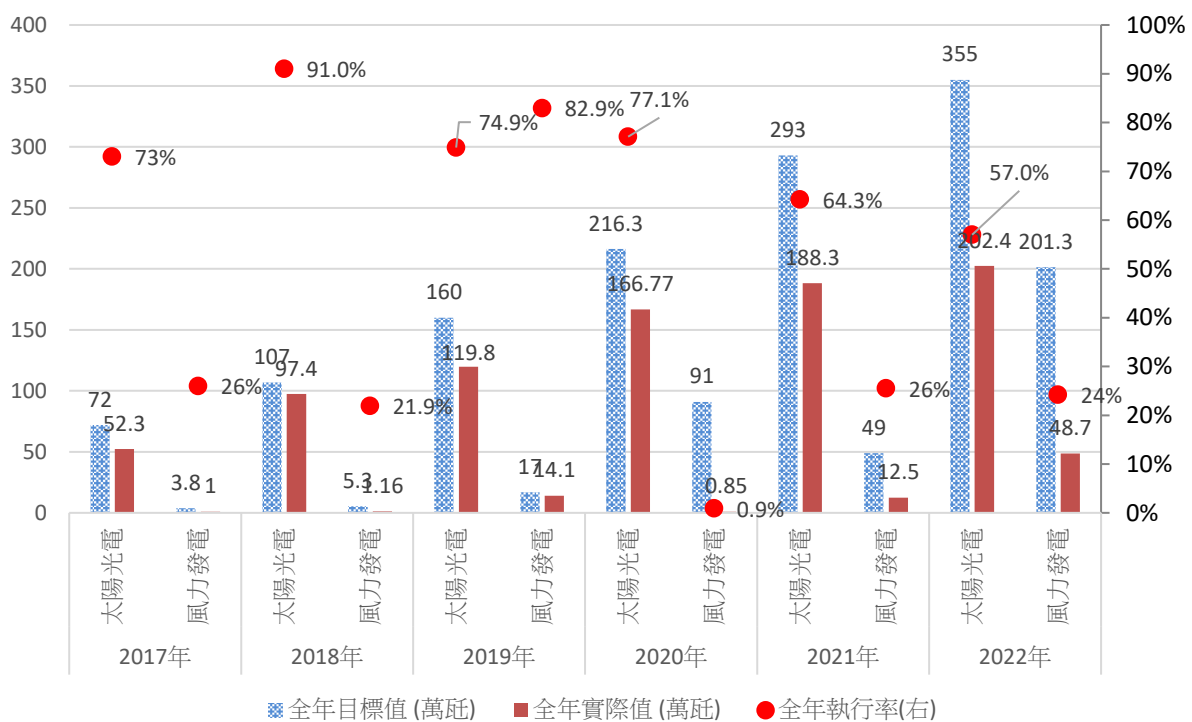
⁷⁵ 中華民國總統府，「總統召開「能源政策」記者會」，2021 年 11 月 3 日，<https://www.president.gov.tw/NEWS/16016>（最後瀏覽日期：2023 年 9 月 11 日）。

⁷⁶ 經濟日報（2022），「2025 綠能占比降至 15.1%」，<https://money.udn.com/money/story/12926/6481945>。

⁷⁷ 經濟部能源局（2022），「經濟成長力道強 2025 年再生能源裝置量目標不變」，取自 https://www.moea.boe.gov.tw/ECW/populace/news/News.aspx?kind=9&menu_id=4360&news_id=24010。

基此，當前我國在推動能源轉型上，係以「展綠、增氣、減煤、非核」之發展方向為規劃原則⁷⁸，但自 2016 年至今卻面臨許多挑戰。

在「展綠」部分，2020 年原目標再生能源發電量占總發電量比重為 10%，但實績值只有 5.6%，至 2022 年底再生能源發電量占總發電量比重也僅達 8.3%，距離 2025 年再生能源占比 15.1%至 20%仍有一段差距。原先期望要替代核能發電的再生能源(太陽光電、風力發電)，實際值與目標值相比，已連續六年落後，2022 年兩者執行率分別僅有 57%及 24% (圖 5-4)，過去的未達標容量將使得未來要完成的設置量更大，特別是離岸風電設置量受到疫情影響大幅延宕，同時 2022 年展開之區塊開發 3-1 期，於 2023 年出現得標業者放棄資格，以及得標廠商數度展延簽署行政契約情事⁷⁹，更加劇達成再生能源裝置容量目標之挑戰和難度。



資料來源：梁啟源 (2023)。

圖 5-4 再生能源規劃值與實際值比較 (2017~2022)

就「增氣」而言，第三天然氣接收站外推方案因藻礁問題，環差方案直到 2022 年 3 月份才正式通過環評，經評估需在原計劃工期再延宕 2.5 年時間，預計將於 2025 年 6 月營運供氣。受燃料限制影響，2024 年淨尖峰能力將減少 203.66 萬瓩；協電廠和四接的環評歷經六年未過，將影響 2027-2029 年 130 萬瓩的淨尖峰供電

⁷⁸ 經濟部 (2022)，「推動能源轉型 「展綠、增氣、減煤、非核」，取自 https://www.moeda.gov.tw/MNS/populace/Policy/Policy.aspx?menu_id=32800&policy_id=9。

⁷⁹ 中華民國經濟部，「離岸風電區塊開發第 1 期簽約截止 5 家業者申請簽約作業」，能源局，2023 年 6 月 30 日，https://www.moeda.gov.tw/MNS/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=40&news_id=110420 (最後瀏覽日期：2023 年 9 月 11 日)。

能力；台中五接環評亦六年未過，將影響 2025 年 130 萬瓩以及 2026~2029 年每年 260 萬瓩的淨尖峰供電能力（見圖 5-5），且大潭電廠八號機與九號機迄 2023 年 8 月底仍未能如期併聯，台電採購民營發電有進度落後與尚未招標問題，例如中佳電力（2025 年 61 萬瓩）與九歲電力（2025 年第一期 61 萬瓩、2026 年第二期 60 萬瓩）進度落後，2025~2028 年新增燃氣電源目標將有待評估，至於興達電廠、台中電廠與協和電廠等將改建為燃氣機組，也會增加液化天然氣（Liquefied Natural Gas, LNG）的需求量。



註：2023-2025 年能量型儲能設備合計 100 萬瓩納入供電能力中估算。
資料來源：經濟部能源署（2023）。

圖 5-5 電力供應規劃（2022~2029）

至於「減煤」及「非核」部分，深澳電廠新設燃煤機組停建、核一廠與核二廠之機組陸續除役，北部地區的燃煤發電廠僅餘林口電廠，對長期以來電力供需吃緊的北部地區將帶來更大壓力。

對照 2017 年至 2022 年國內電力配比實際值與政府目標值，可發現 2022 年再生能源電源配比（8.3%）僅比 2017 年的 4.6% 增加 3.7 個百分點，而根據規劃未來三年需最多再增加 11.7 個百分點；2022 年燃氣發電占比（38.8%）僅比 2017 年的 33.9% 增加 4.9 個百分點，而根據規劃未來三年需再增 11.2 個百分點；2022 年燃煤發電要從 42.1% 降至 30%（見表 5-2），基於前述提及的各項挑戰，原預期的電力配比目標可能過於樂觀。

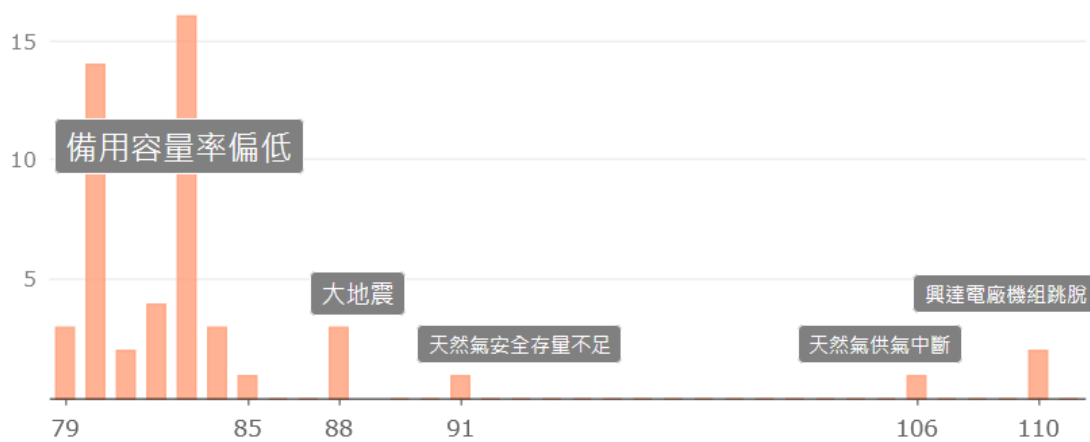
表 5-2 我國電源配比之實際值和目標值比較

單位：%

能源別	實際值						目標值	
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2020	2025
再生能源	4.6	4.6	5.6	5.4	6.0	8.3	9	15.1~20
燃氣發電	33.9	33.5	33.2	35.7	37.2	38.8	36	50
燃煤發電	47.4	47.6	46.1	45.0	44.3	42.1	43	30
核能發電	8.3	10.0	11.8	11.2	9.6	8.2	-	0

資料來源：經濟部能源署，《能源統計月報：2023 年 8 月份》、作者整理。

再者，因燃煤、核能機組將依時程除役、新增機組未能如期併網，在用電需求持續成長下，恐影響國內能源安全，像是 2017 年 815、2021 年 513 及 517 停電事故等，均引起有關調整和重新省視我國電力配比之討論⁸⁰。近年限電次數如圖 5-6 所示。



資料來源：臺灣電力公司。

圖 5-6 歷年限電次數

此外，由於再生能源滲透率增加，特別是太陽光電系統設置量大幅上升，已使得扣除無法調度的太陽光電與風力發電的「淨」尖峰負載時刻從日間移轉至夜間，形成「鴨子曲線 (Duck Curve)」⁸¹。例如：2022 年 8 月底太陽光電裝置容量已達 891.4 萬瓩，而且在 2022 年 8 月 22 日中午太陽光電「瞬時發電量」達 555 萬瓩⁸¹，占當時負載約 15%；2023 年 7 月 5 日中午，太陽光電加風力發電的發電量總合達到 767.1 萬瓩，占發電量比重超過 20%⁸²。但在日落後，若無其他發電方式

⁸⁰ 中央社，「太陽光電瞬時發電破 555 萬瓩 創歷史新高」，2022 年 8 月 22 日，<https://www.cna.com.tw/news/ahel/202208220288.aspx> (最後瀏覽日期：2023 年 10 月 3 日)。

⁸¹ 天下雜誌，「台灣為何陷入缺電風險？3 個不願面對的真相」，2023 年 10 月 1 日，https://www.cw.com.tw/article/5084314?_ga=2.210761941.1198584306.1696297035-1927003162.1609134370 (最後瀏覽日期：2023 年 10 月 3 日)。

⁸² 馮建榮，「太陽光電瞬間發電量創新高 整體綠電占比超過 20%」，2023 年 7 月 5 日，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20230705005365-260410?chdtv> (最後瀏覽日期：2023 年 10 月 3 日)。

急速升載，將難以應付傍晚的第二波負載尖峰。

然而，現階段之備轉容量率係以當日尖峰負載時刻為計算基準，即當時的供電能力減掉尖峰負載再與尖峰負載的電力相除，使得備轉容量率僅能呈現日間情況，未能反映當太陽下山、無太陽光電時，確切的夜間用電安全資訊（王玉樹，2023⁸³）。

例如：2023年7月21日晚間，台中天然氣接收站因廠區內安全儀控系統故障，造成天然氣生產線作業因而暫時中斷⁸⁴，衝擊台電桃園大潭電力減發，以及讓民營海湖解聯，迫使台電緊急採取調度水力、氣渦輪機、需量反映等措施維持供電穩定，此一現象亦隱含電力系統之脆弱性。

另一方面，考量前述燃氣電廠招標進度、接收站設置等問題，造成供氣時程落後的情況，經濟部能源署在「111年版全國電力資源供需報告」評估之我國備用容量率需要加以校正，方能顯現正確情境。據梁啟源（2023）的分析，在原電力供給規劃中燃氣機組無法如期併網下，2024年備用容量率和備轉容量率將分別由10.2%、5.4%，下修至4.4%、-0.6%，預計2026年至2028年的備轉容量率從10.9%、10.2%與16.2%，減少為1.7%、-5.3%和-0.6%，存在相當高的電力短缺、限電風險，如圖5-7所示。

政府 2023 年版	年	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
	尖峰負載 (萬瓩)	3,780	3,781	3,818	3,893	4,013	4,136	4,248	4,353
淨尖峰能力 (萬瓩)			4,140	4,209	4,540	4,651	4,764	5,147	5,337
備用容量率 (%)			9.5	10.2	16.6	15.9	15.2	21.2	22.6
備轉容量率 (%)			4.5	5.2	11.6	10.9	10.2	16.2	17.6
作者 最終 修正版	年	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
	尖峰負載 (萬瓩)	3,780	3,781	3,818	3,893	4,013	4,136	4,248	4,353
淨尖峰能力 (萬瓩)			4,122	3,985	4,367	4,280	4,125	4,435	4,731
備用容量率 (%)			9.0	4.4	12.2	6.7	-0.3	4.4	8.7
備轉容量率 (%)			4.0	-0.6	7.2	1.7	-5.3	-0.6	3.7

資料來源：梁啟源（2023）。

圖 5-7 我國備用容量率目標規劃（考慮燃氣供氣問題）

⁸³ 王玉樹，「不符夜間用電 備轉率失真淪美化」，2023年10月1日，<https://www.chinatimes.com/newspapers/20231001000335-260110?chdtv>（最後瀏覽日期：2023年10月3日）。

⁸⁴ 台灣中油股份有限公司，「台中接收站安全儀控系統故障，3小時完全恢復送氣供電，台灣中油將檢討事故原因，啟動全廠體檢」，2023年7月22日，https://www.cpc.com.tw/News_Content.aspx?n=28&s=71350（最後瀏覽日期：2023年9月11日）。

整體而言，國內持續推動能源轉型，同時在國際溫室氣體排放減量的趨勢、大力推展再生能源發展下，政府也制定相關環境及能源法規藉以和國際接軌。然而，因為當前燃煤機組及核能機組將依時程除役，但新增的燃氣機組與再生能源系統尚未能如期併網，在用電持續成長下，將加劇電力供應的壓力。特別是北部區域的電力供需缺口將擴大，不利於能源安全。鑑於 2021 年的 513、517 及 2022 年 303 停電事件等，政府宜重新檢視和修正國內能源政策的方向。

三、我國最適電力配比探討

本節探討臺灣在不同情境下的最適電力配比；並評估不同的最適電力對比對國內電價、碳排放量和經濟衝擊。

評估應用的模型參考並修正自梁啟源等（2015）之電力模型，該電力模型係一能反映各發電機組成本變動及結構變動，對於各發電機組之需求價格彈性影響、發電機組間之交叉彈性和替代彈性關係之電力模型；該電力模型考慮基、中、尖載及輔助電源特色，運用「三階段最小平方法 (Three-stage Least Squares, 3SLS)」估計在「成本最小化條件」下，我國各類發電技術之最適配比，同時考量不同碳稅課徵稅額時最適配比影響和變化。

其次，在對國內電價、碳排放量和經濟之影響評估部分，則運用梁啟源(2022)建立的臺灣動態一般均衡模型 (Dynamic General Equilibrium Model of Taiwan, DGEMT)。詳細的模型說明與資料來源請見本專題報告附件一。

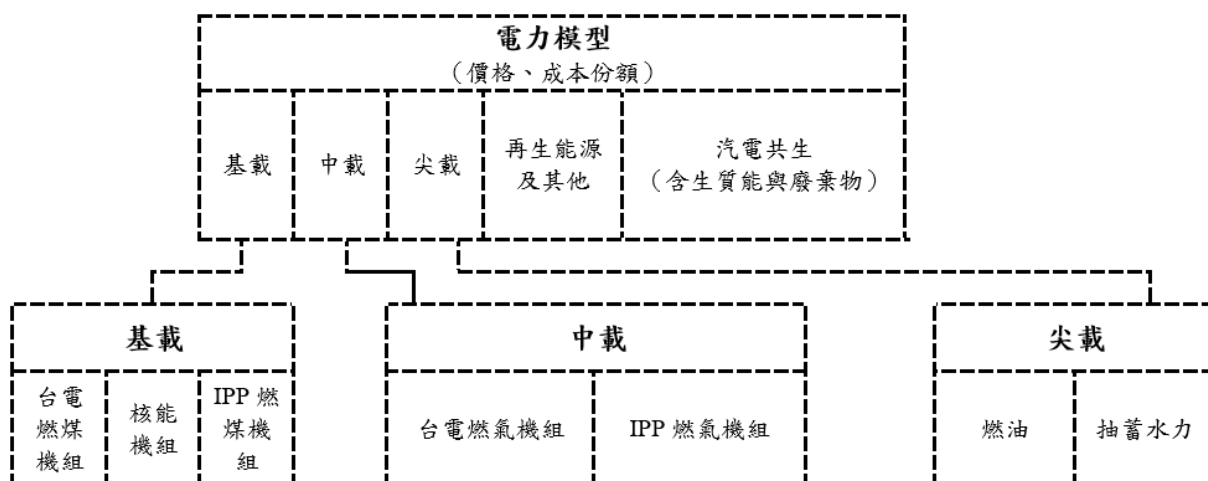
茲簡述電力模型架構和所用資料如下：

(一) 模型架構

電力模型主要包含一個價格方程式（電力價格）及五個份額方程式，實際估計函數係數時進一步採用非常一般化的超對數 (Translog) 函數型式，估計成本函數，且將電力系統依機組特性劃分為基載（含燃煤與核能機組）、中載（燃氣機組）、尖載（燃油及抽蓄水力）、再生能源及其他（含台電自發與外購之再生能源、慣常水力）和汽電共生等五個類別，模型架構如圖 5-8 所示。

其中，基載發電機組包含台電燃煤機組、核能機組以及民營電廠 (IPP) 燃煤機組；中載發電機組涵蓋台電燃氣機組和民營電廠燃氣機組；尖載發電機組則包括燃油機組及抽蓄水力機組。

模型以「成本最小化」為原則，並依據不同發電機組的成本及機組間的相對成本，決定出在一組成本條件下的最適電力配比。此外，電力模型為巢式結構，會先在第一層：基載、中載、尖載、再生能源及其他和汽電共生等發電機組之間，依發電成本變化決定出最適電力配比，再到第二層的機組類別進行分配。



資料來源：作者繪製。

圖 5-8 電力模型架構

其次，建構電力模型需要各項發電機組之發電量和成本數據。各機組發電量之資料係取自 AREMOS 資料庫，各機組成本數據則取自台電會計處及台電公司公開資訊，係以長期時間序列資料進行估計。

由表 5-3 可知，受到俄烏戰爭影響，在國際能源價格大幅走升下，化石燃料發電成本在 2022 年相較 2021 年呈大幅度成長。

表 5-3 各類機組發購電成本 (2020~2022)

單位：元/度；%

	機組別	2020	2021	2022	2020-2021 變化率	2021-2022 變化率
自發 電力	台電燃油	5.26	5.12	7.28	-2.7	42.2
	台電燃煤	1.32	1.57	3.57	18.9	127.4
	台電燃氣	1.91	1.92	3.29	0.5	71.4
	核能發電	1.95	1.38	1.5	-29.2	8.7
	抽蓄發電	2.77	2.65	4.45	-4.3	67.9
	慣常水力	2.54	2.16	1.21	-15.0	-44.0
	風力發電	1.43	2	3.42	39.9	71.0
	太陽光電	3.03	2.89	3.36	-4.6	16.3
購入 電力	汽電共生	2.04	2.39	3.55	17.2	48.5
	民營燃煤	2.46	2.01	3.68	-18.3	83.1
	民營燃氣	2.68	2.45	3.87	-8.6	58.0
	慣常水力	1.75	1.62	1.57	-7.4	-3.1
	風力發電	4.31	5.1	5.92	18.3	16.1
	太陽光電	5.04	4.94	4.86	-2.0	-1.6
	其他再生能源	4.75	4.81	4.9	1.3	1.9

資料來源：臺灣電力公司、作者整理。

例如：台電燃油機組的發電成本增幅為 42.2%，台電燃煤機組及燃氣機組之發電成本漲幅分別高達 127.4%、71.4%；向民營電廠購入的燃煤及燃氣發電成本增幅則分別為 83.1%、58%；抽蓄水力成本也在火力機組成本走升下使得發電成本由 2.65 元/度上升至 4.45 元/度，漲幅為 67.7%；至於風力發電則在價格較高的離岸風力機組陸續併網下使購電成本走升，2022 年相較 2021 年的成長幅度為 16.1%；太陽光電購電成本則逐步降低，至 2022 年時為 4.86 元/度。至於核能發電機組的發電成本漲幅則相對溫和，僅由 1.38 元/度提高至 1.5 元/度（8.7%）。

然而需要注意的是，由於中油公司在這兩年大幅吸收售予電業的天然氣成本，進而造成巨幅虧損，同時也隱含燃氣發電成本實際上偏低，若將此一部分加以還原時，實質的燃氣發電成本將達 5.3 元/度⁸⁵。為能真實反映機組發電成本的確切情況，本文將以中油公司「未補貼」的數據作為後續分析基礎。

1. 未來各類機組發電成本假設

為估計未來（至 2030）年之電力配比，需同步假設各機組在未來年的發電成本。首先，在化石燃料價格推計方面，係參考美國能源資訊局（Energy Information Administration, EIA）在 2023 年能源展望（Annual Energy Outlook 2023）⁸⁶中，依經濟成長、油價高低、油氣供應狀況、零碳技術成本、降低通膨法案（Inflation Reduction Act）發展等因素，以及各項因素間的組合，將未來化石燃料成本預測依不同情境進行設定，本文則取各情境平均值。

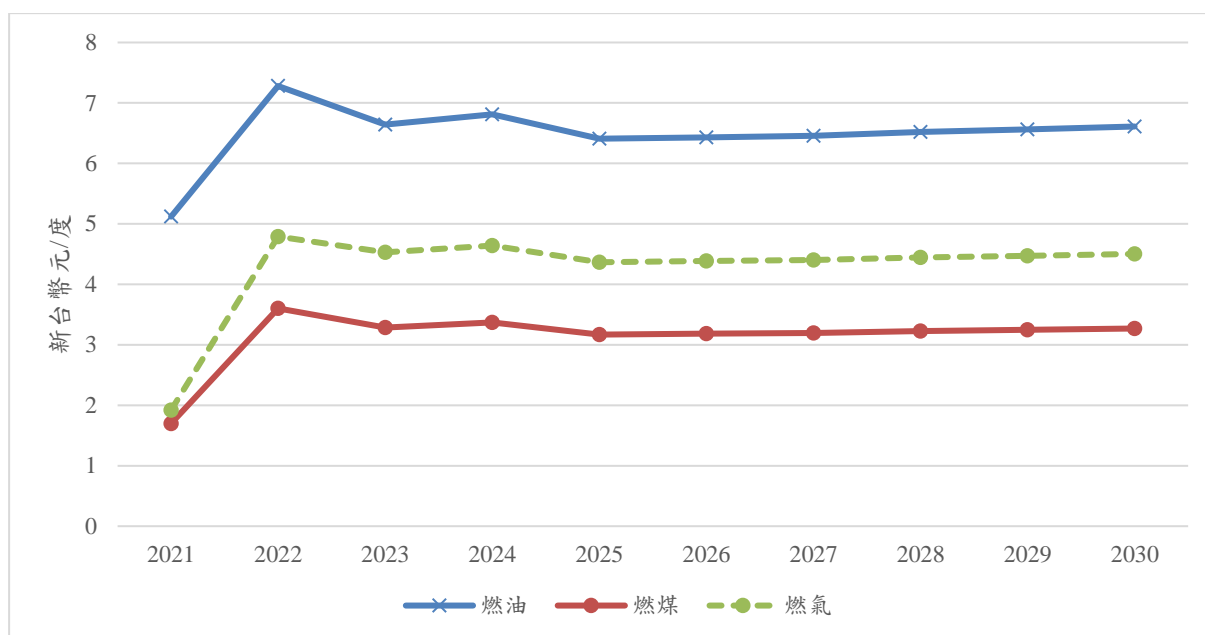
其中，燃油價格走勢變動平穩，2022 年到 2025 年布蘭特（Brent）原油價格將由 102 美元/桶降至 89.88 美元/桶，2025 年之後則逐步走升，於 2030 年時預估達 92.71 美元/桶，且考量化石燃料價格間具有連動性，因此，本文進一步假設未來煤價與天然氣價走勢和原油價格相同。

在模型中至 2030 年的火力機組發電成本見圖 5-9。由於 2022 年的燃氣成本「還原」了中油公司所吸收的天然氣成本，使燃氣成本高於燃煤成本，因而在相同的發展趨勢下，將使燃氣成本持續高於燃煤成本。

在未來風力發電以及太陽光電成本預測部分，考量示範、遴選、競標階段的離岸風力發電機組將依序併網，且在遴選階段具備依躉購費率出售電力資格的離岸風場大多採取「前高後低」的計價方式，故短期內風力發電成本在價格較高的離岸風場陸續併網下將會緩步走揚，且因競標階段的離岸風場或目前正在進行的區塊開發，可能採企業購售電合約（Corporate renewable power purchase agreements, CPPA）售予企業而未併入台電電網。因此，本文假設離岸風力發電成本依循過往躉購費率的降幅趨勢，據以估計至 2030 年的發電成本；太陽光電發電成本則主

⁸⁵ 陳碧芬，「非核成本恐大增近 5 成 經濟學者嘆電價漲難停」，2023 年 6 月 27 日，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20230627005463-260410?chdtv>（最後瀏覽日期：2023 年 10 月 3 日）。

⁸⁶ EIA（2023），“Annual Energy Outlook 2023”，<https://www.eia.gov/outlooks/aeo/>

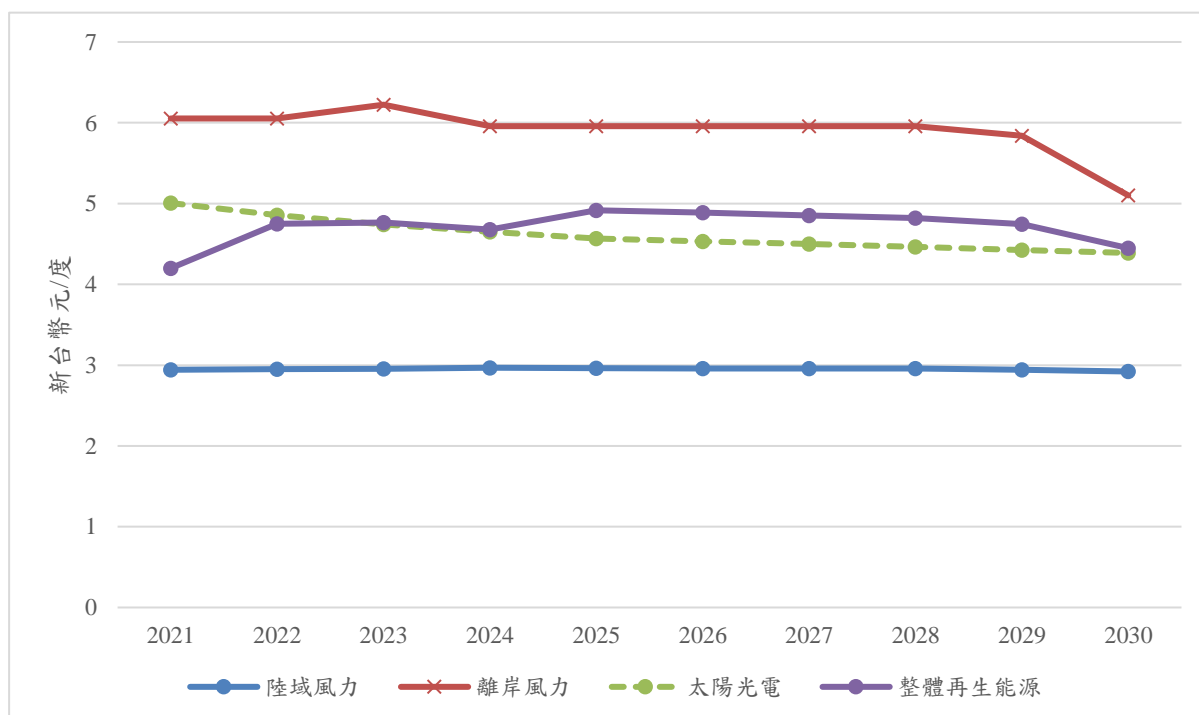


資料來源：本文繪製。

圖 5-9 各類火力機組發電成本走勢

要在模組成本持續走低下，長期而言有助於減少太陽光電發電成本，同樣假設係依照過去的躉購費率降幅趨勢推計至 2030 年的太陽光電發電成本。根據上述的作法，推估整體再生能源成本介於 4.2 元/度至 5 元/度 (圖 5-10)。

至於其他發電機組，例如：陸域風力、核能發電成本與水力發電成本等，本文則假設維持 2022 年水準。

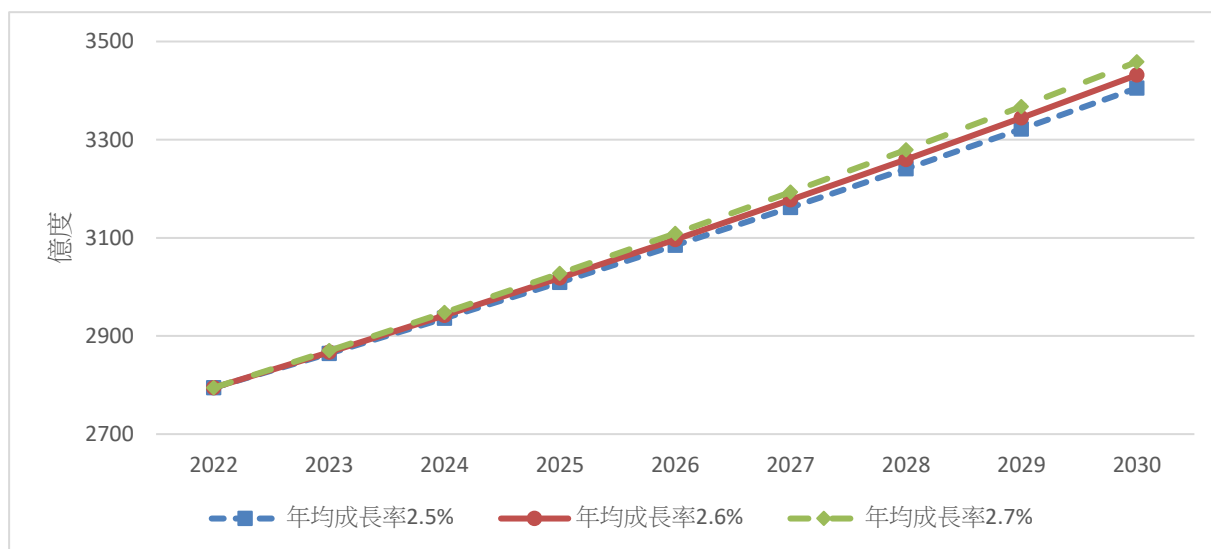


資料來源：本文繪製。

圖 5-10 各類再生能源發電成本走勢

2. 未來電力需求

在國發會發布之「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」中，提及「因整體經濟成長與產業發展、民生與產業製程設備智慧化，以及電動運具發展等部門能源使用電氣化等因素，預估 2021~2050 年電力消費量年均成長 $2.0 \pm 0.5\%$ ，其中 2021~2030 年均成長 $2.6 \pm 0.1\%$ 」。若以 2022 年全國電力消費量 2,794.52 億度為基準，則預期至 2030 年時我國電力消費量將為 3,404.86 億度至 3,458.37 億度，如圖 5-11 所示：



資料來源：本文繪製。

圖 5-11 電力需求成長率預測

(二) 模擬分析

1. 2022 年實績值與模擬值比對

依據前述模型架構，電力模型在估計時會先根據基載、中載、尖載、再生能源及其他和汽電共生等五類之相對發電成本決定出最適配比，再視基載、中載、尖載當中的各類機組間相對發電成本之變化，決定各類發電機組的最適配比，再將兩層結構的結果相乘，藉以得出燃油發電、燃煤發電、燃氣發電、核能發電、抽蓄水力、再生能源及汽電共生在電力系統中的最適比重。

本文首先比較運用電力模型得出在成本最小化的電力配比，和 2022 年電力配比實績值進行比較，模擬值部分考量現階段的燃氣發電成本實際上係存在中油公司補貼、吸收之因素，若將中油公司吸收的 LNG 成本反映在燃氣發電成本，也將影響電力配比結果，如表 5-所示並分述如後。

根據表 5-4 可知，在成本最小化的電力配比結構下，鑑於 2022 年燃煤發電成本相較 2021 年大幅成長，模型模擬結果建議：

- (1) 宜降低燃煤發電占比至 26.7%，顯著低於目前實績值 32.2%。

- (2) 應提高核能發電在電力系統中的比重達 14.5%。
- (3) 再生能源占比為 7.7%，略低於實績值（8.3%），此係因再生能源發購電成本偏高所致。此外，在模型估計出的最適配比情境下，再生能源之發電成本應為 3.29 元/度，相較實績值（3.39 元/度）也較低。
- (4) 燃氣發電比重應由實績值的 38.6% 降至 36%。此係因中油公司在政府要求下，未能如實反映售予電業的天然氣價格，假使將中油公司吸收的 LNG 成本全數由台電公司負擔，並反映在燃氣發電成本上，則將導致燃氣發電成本大幅提高，故依據模型的成本最小化原則，理應減少燃氣發電在電力系統中的占比。

表 5-4 我國 2022 年電力配比之實績值與模擬值比較

單位：%

類別	實績值 (1)	模擬值 (2)	差異 (1) - (2)
燃油發電	1.2*	0.8	0.4
燃煤發電	32.2*	26.7	5.5
燃氣發電	38.6*	36	2.6
核能發電	8.2	14.5	-6.3
抽蓄水力	1.1	0.5	0.6
再生能源	8.3	7.7	0.6
汽電共生	10.4	13.8	-3.4
合計	100	100	-
平均發電成本 (元/度)	3.39	3.29	0.1

*部份計入汽電共生。

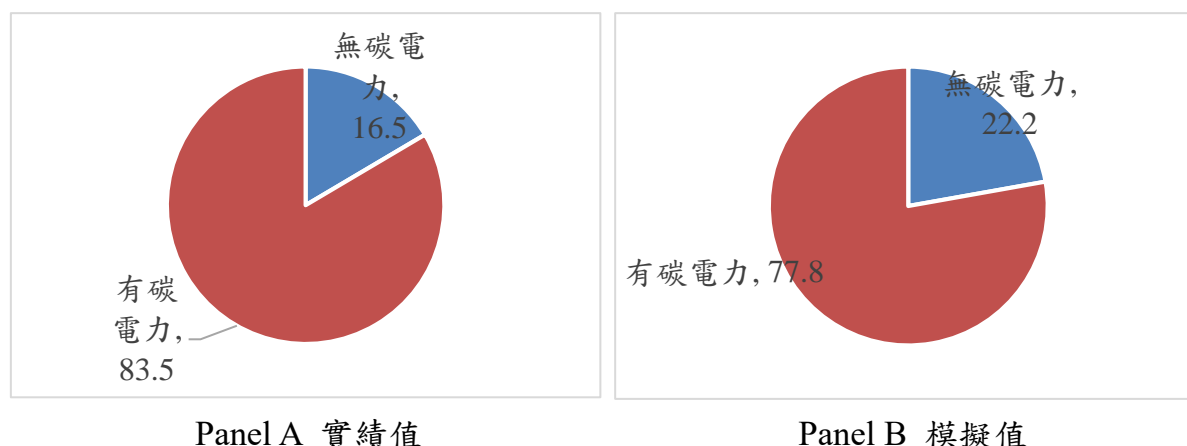
資料來源：本文估計及整理。

進一步比較無碳電力（即核能發電與再生能源）在電力系統中的比重（見圖 5-12），可發現隨著化石燃料成本提高，在各機組之間的相對發電成本變化下，由於無碳電力成本相對較低，故依循成本最小化原則，更傾向於增加電力系統中無碳電力的比重。例如：在實績情境裡，無碳電力在系統中的比重為 16.5%，在模擬情境下，無碳電力的加總比重則為 22.2%。

2. 2030 年之最適配比估計

在國內能源轉型及淨零路徑下，國家發展委員會除規劃於 2025 年就燃煤發電、燃氣發電與再生能源發電的配比分別為 50%、30%、20% 外，還規劃於 2030 年燃煤發電、燃氣發電與再生能源發電的配比分別為 20%、50%、30%。

將上述配比與本文依據各類能源價格未來走勢和成本最小化原則所模擬出的最適配比進行比較，可發現在未來化石燃料價格及再生能源成本的變化下，我



資料來源：本文繪製。

圖 5-12 各情境下之無碳電力占比 (%)

國於 2030 年的最適電力配比为：燃煤發電占比 38.2%、燃氣發電占比 39%、核能發電占比 12.5%與再生能源發電占比 9.5%。

相較國發會的規劃，本研究模擬之燃氣發電與再生能源發電占比较少，且應維持一定程度的核能發電，使再生能源與核能發電合計之無碳能源約為 22%。亦因為再生能源發電成本 4.45 元/度高於燃煤發電（3.29 元/度）及核能發電（1.5 元/度），基於系統發電成本最小的原則下，未能大幅增加再生能源發電比重。

其次，就平均電價而言，本文模擬之電力配比得到的平均電價為 4.21 元/度，較國發會規劃情境下之平均電價 4.78 元/度，低約 13.7%，可降低對消費者物價的衝擊達 0.72%。再者，若以赫芬達爾—赫希曼指數（Herfindahl-Hirschman Index, HHI）衡量電力系統集中度，則本研究模擬之電力配比組合的 HHI 為 0.323，相較國發會規劃之電力組合的 HHI（0.38）為低，顯示分散程度較高、相對有利於能源安全，如表 5-5 所示。

表 5-5 政府規劃之 2030 年電力配比與本研究模擬值比較

類別	單位：%	
	國發會規劃	本研究模擬之基準情境
燃油發電	0	0.8
燃煤發電	20	38.2
燃氣發電	50	39
核能發電	0	12.5
再生能源	30	9.5
合計	100	100
HHI	0.380	0.323
平均電價（元/度）	4.78	4.21

註：1. 本文假設燃油發電、燃煤發電和燃氣發電之電力排碳係數分別為 0.778 公斤 CO₂e/度、0.843 公斤 CO₂e/度和 0.386 公斤 CO₂e/度。2. 以 HHI 衡量電源結構分散度，數值越小表示越分散、能源安全度較高。3. 汽電共生併入燃煤發電、抽蓄水力併入再生能源。

資料來源：本文估計。

此外，本研究模擬出的成本最小化之最適電源配比，相較國發會規劃，建議維持一部分核能發電，此一結果也有助於提高國內備用容量率和備轉容量率，確保能源安全。例如：考慮既有三座核電廠延役，2025~2029 年備轉容量率可提高至 14% 以上。對比圖 5-13 的結果，可知在燃氣機組無法如期併網下，若存在核能發電將有助於改善我國能源安全、降低缺電風險，也有空間減少燃氣占比，並有更多時間及空間發展合適的再生能源占比。

日間	年	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
	尖峰負載 (萬瓩)	4,045	4,046	4,085	4,166	4,294	4,426	4,545	4,658
淨尖峰能力 (萬瓩)			4,418	4,339	5,197 (4,993)	5,256	5,134	5,477	5,807
備用容量率 (%)			9.2	6.2	24.8 (19.9)	22.4	16.0	20.5	24.9
備轉容量率 (%)			4.2	1.2	19.8 (14.9)	17.4	11.0	15.5	19.7

夜間	年	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
	尖峰負載 (萬瓩)	3,780	3,781	3,818	3,893	4,013	4,136	4,248	4,353
淨尖峰能力 (萬瓩)			4,122	3,985	4,786 (4,583)	4,795	4,639	4,949	5,246
備用容量率 (%)			9.0	4.4	23.0 (17.7)	19.5	12.2	16.5	20.5
備轉容量率 (%)			4.0	-0.6	18.0 (12.7)	14.5	7.2	11.5	15.5

資料來源：梁啟源（2023）。

圖 5-13 我國 2023-2029 年備用容量率（考慮核能電廠延役）

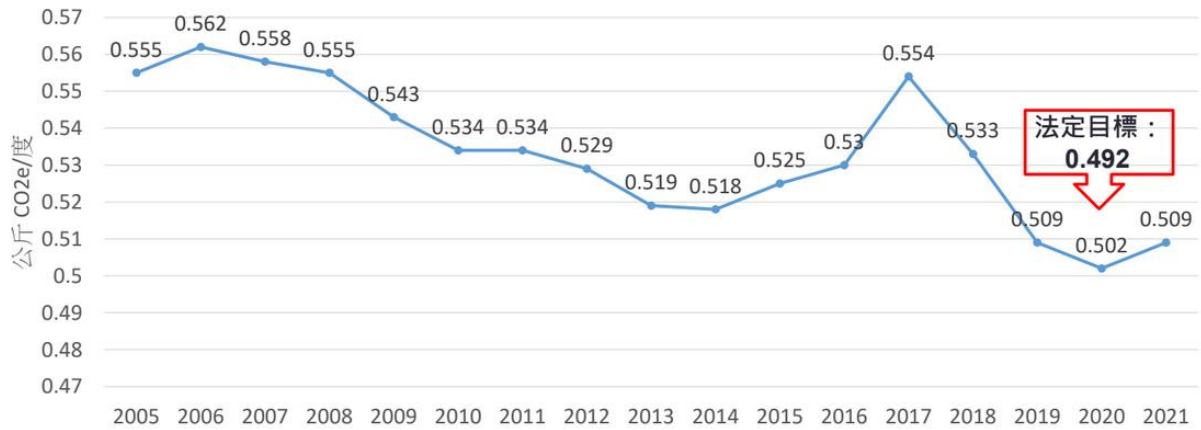
3. 計入外部成本（課徵碳稅或碳費）情境下之最適配比

2020 年經行政院核定之「能源轉型白皮書」，為反映能源使用的外部成本，推動能源用戶履行能源轉型責任，規劃課徵「能源稅」（經濟部能源署，2020）。加上立法院於 2023 年 1 月三讀通過《氣候變因應法》，並於 2 月份經總統公布施行，該法將 2050 淨零排放目標與課徵「碳費」一併納入。藉由採取能源稅、碳稅或碳費等機制，目的在於將外部成本內生化，運用價格機能提高改善能源使用效率的誘因，進而達到溫室氣體減量。

鑑於現階段國內電力配比仍以火力發電為主，使得電力排碳係數不易降低，甚至在 2020 年時不符合法定限制要求（見圖 5-14）⁸⁷，故本文進一步探討若未來依據能源含碳量課徵碳稅後，對於最適電力配比之影響。

首先，依據現階段台電火力機組與民營火力機組之排放係數值，可發現火力機組中以燃煤機組的排放係數最高，約達 0.856 公斤 CO₂e/度，惟相較早期 0.918

⁸⁷ 據《電業法》第 74 條第六項，未達電力排碳係數基準將由電業管制機關處新臺幣一百五十萬元以上一千五百萬元以下罰鍰。然因能源局表示，2020 年係因水力發電減少不可歸責於台電，因此未罰。



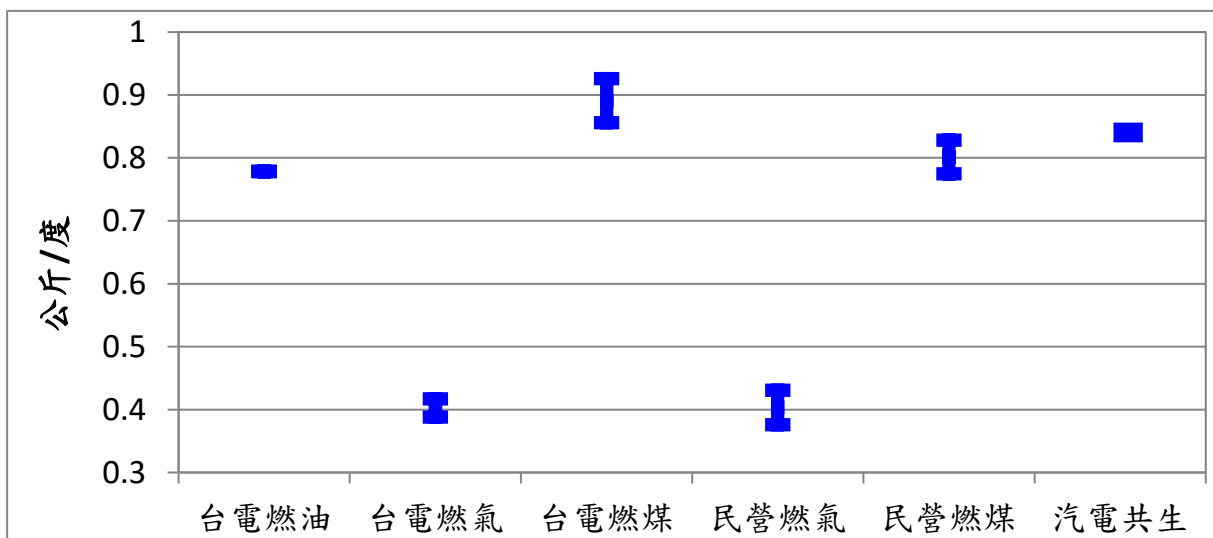
資料來源：梁啟源（2022）。

圖 5-14 我國電力排碳係數走勢

公斤 CO₂e/度已有所改善，主要原因在於隨著林口電廠新一號機和新一號機、大林電廠新一號機和新一號機等燃燒效率與發電效率相對較高之超超臨界機組⁸⁸陸續併網，逐步降低台電燃煤機組的排放係數。

台電燃油機組和燃氣機組的排放係數則約分別為 0.77~0.78 公斤 CO₂e/度、0.38~0.42 公斤 CO₂e/度；民營燃煤機組和燃氣機組的排放係數則約分別為 0.8~0.91 公斤 CO₂e/度、0.37~0.43 公斤 CO₂e/度。相較之下，民營燃煤機組的排放係數和台電燃油機組相當。

整體來說，每發一度電時，燃煤機組排放的溫室氣體仍比燃氣機組多一倍，因此，若欲降低電力排碳係數仍需要大幅增加電力系統中低碳或無碳能源的比重。（見圖 5-15）



資料來源：鄭睿合及鄭翔勻（2018）、臺灣電力公司、環境部氣候變遷署「事業溫室氣體排放量資訊平台」、本文繪製。

圖 5-15 各類發電 CO₂ 排放係數範圍

⁸⁸ 超超臨界機組的排放係數約 0.775 公斤 CO₂e/度至 0.793 公斤 CO₂e/度。

為衡量計入不同外部成本（課徵碳稅）情境對最適電力配比的影響，本文分別考慮碳稅稅率為新台幣 300 元/噸 CO₂e、新台幣 600 元/噸 CO₂e、新台幣 1,200 元/噸 CO₂e、新台幣 1,800 元/噸 CO₂e 以及新台幣 2,400 元/噸 CO₂e 等五個情境，其模擬結果如表 5-6 所示。

表 5-6 考量外部成本（課徵碳稅）下於 2030 年之最適電力配比

單位：%

類別	基準 情境 (無碳稅)	課徵碳稅情境				
		300 (元/噸)	600 (元/噸)	1,200 (元/噸)	1,800 (元/噸)	2,400 (元/噸)
燃油發電	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
燃煤發電	38.2	36.6	35.2	32.7	30.6	28.7
燃氣發電	39	39.9	40.6	41.8	42.9	43.7
核能發電	12.5	12.9	13.2	13.7	14.2	14.6
再生能源	9.5	9.8	10.2	10.9	11.6	12.3
合計	100	100	100	100	100	100
平均發電成本 (元/度)	3.66	3.81	3.95	4.22	4.48	4.72
平均電價 (元/度)	4.21	4.35	4.50	4.76	5.02	5.26
排碳係數 (公斤 CO ₂ e/度)	0.479	0.469	0.460	0.443	0.430	0.418

註：1. 本文假設燃油發電、燃煤發電和燃氣發電之電力排碳係數分別為 0.778 公斤 CO₂e/度、0.843 公斤 CO₂e/度和 0.386 公斤 CO₂e/度。

2. 電價=發電成本+輸配電成本，假設輸配電成本為新台幣 0.544 元/度。3. 汽電共生併入燃煤發電、抽蓄水力併入再生能源。

資料來源：本文估計及整理。

以碳稅稅率為新台幣 300 元/噸 CO₂e 而言，燃煤發電占比約為 36.6%，相較基準情境的 38.2% 略微降低，至於燃氣發電、核能發電及再生能源發電等，因為被課徵較少甚至不必被徵收碳稅，發電成本相對較低，因此在電力系統中的比重則略增。在此配比之下，整體電力系統的平均電價約為 4.35 元/度，電力排碳係數則為 0.469 公斤 CO₂e。

在碳稅稅率為新台幣 1,200 元/噸 CO₂e 的情境下，台電燃油機組、燃煤機組和燃氣機組應反映的外部成本，約為新台幣 0.934 元/度、0.466 元/度和 1.027 元/度。與基準情境進行比較，可發現高碳排的燃煤機組在反映外部成本後，發電成本提高許多，故其發電占比會由 38.2% 降至 32.7%。至於排碳係數較低的燃氣機組，因為被課徵的碳稅較少，故計算外部成本後的發電成本相對其他機組為低，故燃氣發電占比將由 39% 增至 41.8%。在核能發電及再生能源發電方面，則因為不須反映外部成本，故此兩種無碳電力在電力系統的比重均增加，核能發電占比由 12.5% 增至 13.7%，再生能源發電占比則由 9.5% 升至 10.9%。

隨著碳稅稅率提升，排放係數較高的燃煤發電機組因成本大幅走升，其發電占比持續減少。在課徵碳稅稅率為新台幣 1,800 元/噸 CO₂e 時，燃煤發電占比約為 30.6%，燃氣發電、核能發電及再生能源發電等則分別 42.9%、14.2% 和 11.6%，較基準情境增加 3.9%、1.7% 與 2.1%，整體電力系統的平均電價約為 5.02 元/度，電力排碳係數則為 0.43 公斤 CO₂e/度。

當課徵碳稅稅率達到新台幣 2,400 元/噸 CO₂e 的水準時，燃煤發電占比相較基準情境有著更為顯著的降幅 (28.7%)，再生能源發電占比則提升 (12.3%)，燃氣發電占比為 43.7%，至於核能發電占比則約為 14.6%，平均電價則約為 5.26 元/度，比基準情境的平均電價增加約 1.06 元/度，電力排碳係數則降至 0.418 公斤 CO₂e/度。

上述結果表明：依據成本最小化的原則，透過反映各類發電機組可能存在的外部成本，能改變最適條件下的電力配比。若欲合理提高低碳或無碳能源在電力系統中的比重，須藉由反映外部成本方式進行，也較有機會達到政府設定的電力配比目標。

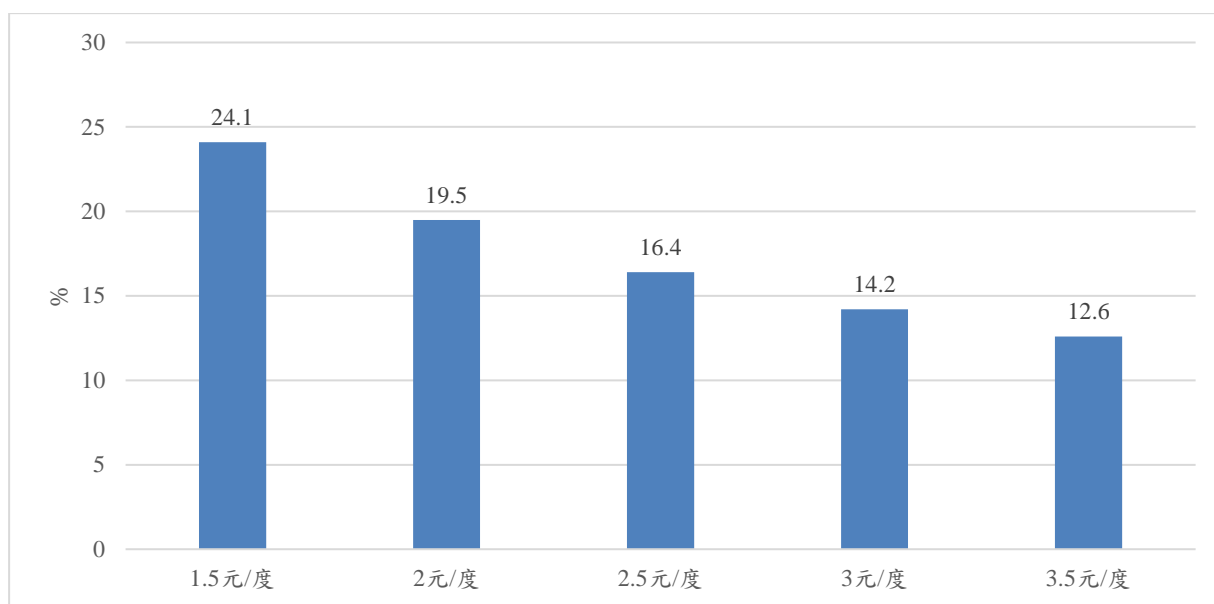
基此，在考量經濟調度和課徵碳稅的環境保護情境所得到的最適配比，對比國發會規劃之「2030 年 20% 燃煤發電、50% 燃氣發電與 30% 再生能源發電」的電力配比，存在相當大的落差。以碳稅稅率為新台幣 2,400 元/噸 CO₂e 為例，燃煤發電約為 28.7%、燃氣發電占比約 43.7%，再生能源發電占比為 12.3%。但若能將亦屬於無碳能源的核能發電的 14.6% 加計進來，則其與再生能源的占比總和約為 26.9%，最為接近國發會規劃無碳（再生能源）電力配比，但因該情境平均電價最高，對經濟的影響亦最大（詳見本小節第 6 點之內容）。此外，一個包含核能發電的電力配比，還可減緩前述提及之缺電風險。

4. 不同再生能源發電成本對再生能源配比之影響

經由前述分析可知，當火力發電成本因為課徵碳稅後，使得不同發電資源間的相對發電成本產生變化，且火力發電成本相對再生能源發電成本更高時，則可增加再生能源在電力系統中的比重。

惟為瞭解在什麼樣的再生能源成本條件下，最適的再生能源發電占比才可符合國發會規劃，本文以課徵碳稅稅率新台幣 1,200 元/噸 CO₂e 情境為基礎，進行不同再生能源發電成本對再生能源發電占比之影響評估，如圖 5-16 所示。

在碳稅稅率新台幣 1,200 元/噸 CO₂e 時，燃煤與燃氣的發電成本分別為 4.28 元/度、4.97 元/度，相較基準情境的 3.27 元/度、4.5 元/度，分別上漲 13.3% 與 4.9%。而基準情境下的再生能源發電成本約為 4.5 元/度，若該成本能降至 1.5 元/度、3.5 元/度時，再生能源發電占比將分別增為 24.1%、12.6%，亦即再生能源發電成本越低，越能提高再生能源發電在電力系統中的比重，也越接近國發會的原始規劃。



資料來源：本文繪製。

圖 5-16 不同再生能源發電成本的再生能源發電占比

另一個值得注意的是，再生能源發電成本降幅和再生能源發電占比增幅並非線性關係，亦即再生能源發電成本由 4.45 元/度降為 3 元/度，成本減幅約為 32.5%，但其占比增加 3.8 個百分點，成長幅度約為 36.5%；若再生能源發電成本由 4.45 元/度降為 1.5 元/度，成本減幅約為 66.2%，但其占比卻可增加 13.7 個百分點，成長幅度可高達 131.7%。

因此，政府實應持續透過政策工具和制度設計，盡量減少再生能源發電成本，因勢利導，才更有利於提升再生能源發電的占比。

5. 最適電力配比下之 LNG 需求預估

估計在 2030 年時，基準情境中之燃氣發電量占比約為 39%（見表 5-6），配合圖 5-11 的電力需求量，加上電力需求量約等於發電量的假設，可推算出 2030 年燃氣發電量約為 1,327.9 億度至 1,348.8 億度，約當需要的 LNG⁸⁹為 1,890.9 萬噸至 1,920.6 萬噸。若考慮環保因素並課徵碳稅（1,200 元/噸），可推算出 2030 年燃氣發電占比為 41.8%，則 LNG 需求量將達 2,026.7 萬噸至 2,058.5 萬噸。

6. 不同電力配比的經濟衝擊評估

上述各種電力配比情境會對國內平均電價有著不同程度的影響（見表 5-6），故筆者進一步以基準情境和碳稅稅率新台幣 1,200 元/噸 CO₂e 情境之平均電價為例，評估相對於 2022 年的平均電價水準，可能造成的經濟成長、生產者價格及消費者價格的影響評估結果，整理如表 5-7。其他四個情境（碳稅稅率為新台幣 300、600、1,800 及 2,400 元/噸 CO₂e）的評估結果，可詳見本專題報告附件二。

⁸⁹ 依據歷史資料統計，每一億度約需 1.424 萬噸液化天然氣。

表 5-7 不同電力配比的經濟衝擊評估摘要（相對 2022 年）

單位：%

	經濟成長		生產者價格			消費者價格	
	基準 情境 (無碳稅)	碳稅 1,200 (元/噸)	基準 情境 (無碳稅)	碳稅 1,200 (元/噸)		基準 情境 (無碳稅)	碳稅 1,200 (元/噸)
農林漁牧業	-0.47	-0.61	2.39	3.06	食	2.01	2.60
礦業及土石採取業	-4.05	-5.44	0.83	1.09	住	0.89	1.35
製造業	-2.42	-3.32	4.44	5.86	行	2.00	2.93
水電燃氣業	-11.75	-17.04	16.46	23.23	能源	6.22	10.01
營建業	-0.26	-0.37	2.49	3.24	其他	1.28	1.86
運輸、倉儲及通訊	-0.13	-0.18	0.76	0.98	CPI	1.49	2.19
服務業	-0.90	-1.24	1.87	2.43			
整體經濟	-1.51	-2.09	2.91	3.83			

資料來源：本文估計及整理。

以基準情境而言，平均電價約 4.21 元/度，相較 2022 年的平均電價（2.72 元/度），漲幅約為 54.66%；而在碳稅稅率為新台幣 1,200 元/噸 CO₂e 的情境時，平均電價為 4.76 元/度，電價上漲幅度達到 75.14%。

雖然提高碳稅稅率有利於推升再生能源發電占比、降低燃煤發電占比，卻也使得平均電價逐步走高。以基準情境（電價漲幅 54.66%）為例，預估對國內整體經濟成長率的影響為-1.51%，對製造業與服務業的影響則分別為-2.42%、-0.9%；在碳稅稅率為新台幣 1,200 元/噸 CO₂e 的情境時，整體的經濟成長率的影響達-2.09%，而製造業的降幅更高達-3.32%。

再以產出物價而言，電價上漲等同於提高產業的生產成本，短期內廠商還能自行吸收，惟長期之下基於市場為完全競爭，廠商無法承擔虧損並會將成本反映於產品或服務之售價上，故各業別的生產者價格會受到電價調漲而增加。預期在基準情境裡將使整體經濟產出物價上漲 2.91%，其中製造業與服務業的影響分別為 4.44%、1.87%。若課徵新台幣 1,200 元/噸 CO₂e 碳稅，預估對國內整體產出物價增幅為 3.83%，製造業與服務業的影響則分別為 5.86%、2.43%。

在消費者物價方面，由於市場上的產品或服務售價均增加，故在基準情境裡，預估對國內整體消費者物價增幅為 1.49%，以能源價格增幅較高，達 6.22%，其次為食與行的消費者價格，預期漲幅將超過 2%。如果碳稅稅率持續提升至新台幣 1,200 元/噸 CO₂e 的水準，則將進一步帶動整體消費者物價走高，上揚幅度高達 2.19%。

是故，經由前述分析可知，若本文假設的各類能源價格未來走勢成真，政府實不易達成原定燃氣發電占比達 50%的目標。若要提高再生能源發電占比，除非持續降低再生能源發電成本，又或者藉由徵收碳稅，反映火力發電的外部成本，

才能在相對成本變化下，才能進一步降低燃煤機組的發電量，並務實有效地提高再生能源發電占比。其次，隨著課徵碳稅稅率越高，核能發電占比也會微幅提升，但增加的幅度遠小於再生能源發電系統，但仍在電力系統中維持一定比重。

此外，若以無碳電力發電占比達 30% 為目標（本質上，與國發會設定 2030 年再生能源發電占比 30% 一致），根據本文的評估，與碳稅稅率設新台幣 1,200 元/噸 CO₂e 時，核能發電與再生能源發電占比合計約為 24.1% 較為相近。而若將該情境與碳稅稅率高達 2,400 元/噸 CO₂e 的情境（核能發電與再生能源發電占比合計為 26.9%）相比，兩者的無碳電力占比接近，但前者造成電價上漲的幅度較低，對經濟衝擊也較小。簡言之，根據本文的評估結果，隱含政府規劃的電力配比，需在火力發電成本相對高、再生能源發電成本相對低之下才有機會實現，建議政府宜重新審視當前的電力配比路徑。

四、結語

為控制全球升溫以及實現淨零排放目標，且電力部門為溫室氣體排放最主要來源，各國紛紛致力於提升再生能源發電系統的比重。然而，除了德國以及原本即無核能發電的國家以外，世界主要經濟體在規劃電力配比時均納入核能發電系統作為無碳電力的一環，也有助於減少使用火力發電機組。

我國歷屆政府積極回應國際減碳趨勢，當前以「展綠、增氣、減煤、非核」為能源轉型原則，但仍面臨許多挑戰。再生能源（尤其是離岸風電）執行率不足、台電燃氣電廠新（改）建計畫進度落後、民營燃氣電廠招標不利、LNG 接收站設置期程延後、北部地區電力供應吃緊等問題。預計 2026 年至 2028 年的備用容量率與備轉容量率偏低，存在相當高的電力短缺、限電風險。

相較於國發會規劃的燃煤 20%、燃氣 50%、再生能源 30% 目標，本文以成本最小化原則建構的電力模型所得出的 2030 年最適電力配比（基準情境）為燃煤 38.2%、燃氣 39%、再生能源 9.5%，且應維持一定占比的核能發電（12.5%）。上述模擬結果有以下意涵：

1. 在當前的再生能源成本下，實難以達到國發會的電力組合規劃。
2. 基準情境所得之平均電價為 4.21 元/度，亦較國發會規劃情境（4.78 元/度），低了約 13.7%，可降低對消費者物價的衝擊達 0.72%。
3. 基準情境所得之電力系統集中度（HHI）為 0.323，亦比國發會規劃情境（0.38）為低，顯示分散程度較高、相對有利於能源安全。
4. 基準情境維持一定占比的核能發電，可提升 2025~2029 年備轉容量率，有助於改善我國能源安全、降低缺電風險，減少溫室氣體排放，並有更多時間發展合適的再生能源占比。

此外，若能藉由採取碳稅等機制，將外部成本內部化，提供能源用戶改善能

源效率的誘因，有助於達成溫室氣體減量目標。而隨著碳稅稅率越高，電力系統可進一步「無碳化」，讓無碳能源（再生能源發電加上核能發電）的占比更為接近國發會規劃的再生能源發電占比。

然而，值得注意的是，課徵碳稅雖有助於改變電力配比，也會使得平均電價走揚，進而帶動消費者物價上漲，並不利於整體經濟和產業發展，故需權衡兩者間的成本及效益性，審慎規劃我國最適電力結構。

參考文獻

中文部分

1. 經濟部能源署（2023），「111年版全國電力資源供需報告」，頁18。台北：經濟部。
2. 台電月刊（2016），「潔淨能源 乘風崛起 經濟部能源署成立推動辦公室 力促『千架海陸風力機』計畫落實」，2016年6月。
3. 國發會（2022），「臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明」。台北：國發會。
4. 梁啟源（2022），「111年度建置及維護電價資料庫、電價及輸配電業各項費率調整影響評估模型之研究」，財團法人臺灣綜合研究院委託研究。
5. 梁啟源（2023），「臺灣能源轉型與零碳政策之問題與建議」。高雄：國立高雄科技大學。
6. 梁啟源、鄭睿合、郭博堯與郭箴誠（2015），「我國最適電力配比之研究」，《臺灣能源期刊》，2（4），481-496。
7. 梁啟源、鄭睿合、塗千慧（2019），「臺灣發電能源配比的優化選擇」，黃輝珍與李伸一（主編），《臺灣能源轉型—實踐與挑戰》，台北：財團法人現代財經基金會，180-231。
8. 經濟部能源署（2018），「新及再生能源推動配套方案」，能源轉型白皮書。
9. 經濟部能源署（2023），「能源統計月報」。台北：經濟部。
10. 鄭睿合及鄭翔勻（2018），「能源轉型下之煤電角色與碳排放影響」，財團法人綠色和平基金會委託研究。
11. 謝惠子，「與時俱進擘畫未來國家能源政策走向與變遷」，能源報導。
12. 簡慧貞（2015），「巴黎氣候公約會議進展暨因應氣候變遷後續規劃作為」。台北：行政院環保署。

外文部分

1. 日本經濟產業省資源與能源廳，「2050年碳中和綠色成長戰略」，https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyoo/green_growth_strategy.html。

2. 南韓碳中和委員會，「2050 年碳中和規劃」，<https://cleanenergynews.ihsmarkit.com/research-analysis/south-koreas-climate-roadmap-fails-to-impress-businesses-envir.html>。
3. Denholm, Paul, Patrick Brown, Wesley Cole, et al., “Examining Supply-Side Options to Achieve 100% Clean Electricity by 2035,” NREL, August 2022, <https://www.nrel.gov/docs/fy22osti/81644.pdf> (accessed on September 11, 2023)。
4. EIA (2023), “Annual Energy Outlook 2023”, reporter retrieving from website : <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/>.
5. GOV.UK, “Net Zero Strategy baseline : covering note,” March 7, 2022, <https://www.gov.uk/government/publications/energy-and-emissions-projections-net-zero-strategy-baseline-partial-interim-update-december-2021/net-zero-strategy-baseline-covering-note> (accessed on September 11, 2023)。
6. IEA (2021), “Net Zero by 2050 : A Roadmap for the Global Energy Sector,” Paris : IEA, reporter retrieving from website : <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.
7. IEA (2022), “Nuclear Power and Secure Energy Transitions,” Paris : IEA, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/0498c8b8-e17f-4346-9bde-dad2ad4458c4/NuclearPowerandSecureEnergyTransitions.pdf>.
8. IEA (2023), “CO2 Emissions in 2022,” Paris : IEA, <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022>.
9. IPCC (2018), “Global Warming of 1.5°C,” IPCC, <https://www.ipcc.ch/sr15/>.
10. U.S. Department of State, “Energy,” <https://www.state.gov/policy-issues/energy/> (accessed on September 11, 2023)。

網路資料

1. 中央社，「111 年電力排碳係數創新低 每度電排碳 0.495 公斤」，2023 年 6 月 21 日，<https://www.rti.org.tw/news/view/id/2177833> (最後瀏覽日期：2023 年 9 月 11 日)。
2. 中央社，「太陽光電瞬時發電破 555 萬瓩 創歷史新高」，2022 年 8 月 22 日，<https://www.cna.com.tw/news/ahel/202208220288.aspx> (最後瀏覽日期：2023 年 10 月 3 日)。
3. 中華民國經濟部，「離岸風電區塊開發第 1 期簽約截止 5 家業者申請簽約作業」，能源署，2023 年 6 月 30 日，https://www.moea.gov.tw/MNS/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=40&news_id=110420 (最後瀏覽日期：2023 年 9 月 11 日)。

4. 中華民國總統府，「總統召開「能源政策」記者會」，2021年11月3日，<https://www.president.gov.tw/NEWS/16016>（最後瀏覽日期：2023年9月11日）。
5. 天下雜誌，「臺灣為何陷入缺電風險？3個不願面對的真相」，2023年10月1日，https://www.cw.com.tw/article/5084314?_ga=2.210761941.1198584306.1696297035-1927003162.1609134370（最後瀏覽日期：2023年10月3日）。
6. 王玉樹，「不符夜間用電 備轉率失真淪美化」，2023年10月1日，<https://www.chinatimes.com/newspapers/20231001000335-260110?chdtv>（最後瀏覽日期：2023年10月3日）。
7. 臺灣中油股份有限公司，「台中接收站安全儀控系統故障，3小時完全恢復送氣供電，臺灣中油將檢討事故原因，啟動全廠體檢」，2023年7月22日，https://www.cpc.com.tw/News_Content.aspx?n=28&s=71350（最後瀏覽日期：2023年9月11日）。
8. 臺灣因應氣候變化綱要公約資訊網，「氣候變化綱要公約背景與演變」，臺灣綜合研究院，<http://www.tri.org.tw/unfccc/main02.htm>（最後瀏覽日期：2023年9月11日）。
9. 臺灣電力公司，「購入電力種類及依據」，2022年7月7日，<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=207&cid=160&cchk=8880cf98-97d2-47ce-90a0-a384e870db85>（最後瀏覽日期：2023年9月11日）。
10. 全球能源互聯網發展合作組織，「中國2030年能源電力發展規劃研究及2060年展望」，2021年3月，https://yhp-website.oss-cn-beijing.aliyuncs.com/upload/%E3%80%8A%E4%B8%AD%E5%9B%BD2030%E5%B9%B4%E8%83%BD%E6%BA%90%E7%94%B5%E5%8A%9B%E5%8F%91%E5%B1%95%E8%A7%84%E5%88%92%E7%A0%94%E7%A9%B6%E5%8F%8A2060%E5%B9%B4%E5%B1%95%E6%9C%9B%E3%80%8B_1616498546246.pdf（最後瀏覽日期：2023年9月11日）。
11. 陳碧芬，「非核成本恐大增近5成 經濟學者嘆電價漲難停」，2023年6月27日，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20230627005463-260410?chdtv>（最後瀏覽日期：2023年10月3日）。
12. 馮建榮，「太陽光電瞬間發電量創新高 整體綠電占比超過20%」，2023年7月5日，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20230705005365-260410?chdtv>（最後瀏覽日期：2023年10月3日）。
13. 經濟日報（2022），「2025綠能占比降至15.1%」，取自 <https://money.udn.com/money/story/12926/6481945>。

14. 經濟部 (2022), 「推動能源轉型「展綠、增氣、減煤、非核」」, 取自 https://www.moea.gov.tw/MNS/populace/Policy/Policy.aspx?menu_id=32800&policy_id=9。
15. 經濟部能源署 (2022), 「經濟成長力道強 2025 年再生能源裝置量目標不變」, 取自 https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/news/News.aspx?kind=9&menu_id=4360&news_id=24010。
16. 聚恆科技股份有限公司, 「『陽光屋頂百萬座』計畫今年以屋頂型太陽光電系統為主 目標 100MW」, <http://www.hengs.com/newsreport12.html> (最後瀏覽日期: 2023 年 9 月 11 日)。
17. 劉品希, 「環境部公布溫室氣體排放 2021 年上升 估 2022 年降 3.3%」, 2023 年 8 月 25 日, <https://www.rti.org.tw/news/view/id/2177833> (最後瀏覽日期: 2023 年 9 月 11 日)。

第六章、結論與建議

梁啟源

國立中央大學講座教授

劉致峻

財團法人中技社資源暨環境研究中心研究員

天然氣是當前主要初級能源之一，因具有較低的碳排放係數，加上用於發電時，具有較高的靈活性和可調度性，可與間歇型的再生能源相互配合，故被視為邁向淨零排放目標時，最重要的橋接型化石能源。而在全球能源市場中，俄羅斯是世界第二大天然氣生產國與最大出口國。故當俄羅斯於 2022 年 2 月入侵烏克蘭時，自然對於全球能源市場，尤其是天然氣市場，造成巨大且廣泛的影響。而我國將燃氣發電視為最主要的電力來源，不但民生經濟深受天然氣價格影響，其供應穩定與否更攸關國家安全。

爰此，本報告在眾多專家學者的協助之下，針對俄烏戰爭的根源進行剖析，並對戰爭未來可能情境做出預測；並進一步對俄烏戰爭造成的能源政策典範移轉現象及其短、長期影響進行觀察；再針對俄烏戰爭引發的市場衝擊、俄國與西方國家間的戰略博弈與作出縱覽；再將目光轉向國內，一步步解析我國液化天然氣（Liquefied Natural Gas, LNG）的供需概況與我國 LNG 安全程度；最後，再針對我國邁向淨零排放的終極目標時，理想與現實的差距進行檢討，並提出相關的政策建議。

一、研究結論

俄羅斯與烏克蘭原本系出同門，但彼此歷經了長達千年的分合，與政治、經濟與宗教中心的轉變。然而，烏克蘭在 1991 年通過公投，脫離蘇聯獨立後，雙方並沒有處理好烏東地區、克里米亞半島與黑海艦隊等權屬問題。而烏克蘭國內民族、文化、語言與宗教間的傾軋不斷，腐敗貪污的政治與日漸極端的民族主義氛圍，更讓問題日益惡化。此外，三十多年來的北約不斷東擴，則對俄羅斯造成極大壓力。導致 2014 年原屬烏克蘭的克里米亞半島被俄羅斯吞併，頓內次克和盧甘斯克州獲得俄羅斯暗地支持而分裂；並由於畏懼烏克蘭申請加入北約後帶來的威脅，2022 年俄烏戰爭因而爆發。總的來說，2014 年烏克蘭危機與 2022 年俄烏戰爭的起因，除了美國與歐洲的外交失策與戰略誤判之外，還在於兩國極其複雜的千年歷史背景。

截至 2023 年 10 月底為止，雙方傷亡人數已超過 50 萬人，並造成接近一千萬人難民外逃，誠屬人間悲劇。而目前不只俄烏雙方精疲力竭，提供烏克蘭高達兩千億美元援助的歐盟與美國都已顯露疲憊。因此，本報告第一章依據 2023 年秋季的戰況，預測戰爭持續至 2024 年春，由美歐出面調停，雙方展開和談；或由俄國主動停戰，納入烏東四州和克里米亞，烏方雖拒不承認，但無力改變為兩個最可能出現的情境。而能否找到和平方案，最終解決雙方衝突，有四個關鍵議題需要處理：一為烏東四州與克里米亞歸屬議題，二為烏克蘭國內政治改革議題，三為烏克蘭與鄰邦的歷史疆界和民族傾軋議題，四北約東擴的地緣政治衝突議題。這些都需仰賴國際領袖們的勇氣與智慧，做出正確的判斷。

自 2020 年以來，全球接連不斷遭到疫情、極端氣候與戰爭的複合性危機打擊。觸發各國能源政策從價值體系、優先順序的根本性的變革，進而使多數國家檢討或修正其相關政策的規劃及資源配置。國際油氣市場受到各國政策槓桿的操作，造成產量的高度不確定性，導致市場價格波動及流動性減少，並引發需求端的連鎖變化。短期來看，俄烏戰爭確已改變能源政策、技術及市場運作的軌跡。各國優先考量區域內能源供應的多樣化、加速再生能源的發展，嘗試建構能源系統的新常態。不過在新舊典範過渡的過程中，仍有些不變的事實：高度依賴化石能源的能源舊秩序，限制了外交談判與折衝的選擇空間；能源安全、環境永續及價格可負擔的三難抉擇一旦彼此衝突，總有一方須做出妥協讓步；地緣政治摩擦加劇、能源市場區域化發展與反全球化等議題，使得過渡至新秩序的過程充滿挑戰。

本報告第二章認為，俄烏戰爭的爆發提升了全球對於能源安全的關切，亦讓人們對於潔淨、低碳、永續及價格可負擔的能源充滿渴望。如何讓這種價值觀改變所誘發的能源政策典範轉移，由短期效果，根本性改變能源決策制定過程，尚須取決於政府角色的介入、市場誘因機制的規劃、可行商業模式的開發、消費者行為與偏好的改變。然而，俄烏戰爭引發能源政策典範轉移的長期效果，仍存在諸多不確定性。一方面，各國對於化石燃料的需求持續成長，形成「減碳」缺口；另一方面，各國投資於再生能源及綠能科技的規模下降，形成「再生能源發展」缺口。使得能源政策典範轉移的長期效果，須視此二缺口的消長而定。然而，此雙重目標缺口的存在，適足以作為各國身處大時代詭譎多變的能源變局中，二盞指引國家能源政策發展方向的明燈。

另外，讀者透過本報告的第三章的分析可了解到，隨著金融市場的發展，如今的天然氣市場更容易受到投機炒作的影響，讓天然氣價格的波動更形劇烈。早在俄烏戰爭開打之前，天然氣價格已然飆升；戰爭開打後，俄羅斯挾氣威脅、西方國家貿易制裁等戰略博弈，更使得價格飆升至歷史高點，並改變了國際天然氣慣常的貿易流。各國一方面祭出各式手段以減緩高昂的氣價對於民生經濟的衝擊，另一方面依照各自利益尋找穩定與可負擔的天然氣來源。前者包含國際能源總署

(International Energy Agency, IEA) 的抑低天然氣消費行動方案、歐盟增加冬季天然氣儲備指引與各國端出的各型能源補貼與暴利稅；後者則如中國與印度與俄羅斯間以本幣進行的油氣交易，以及美國與挪威取代俄羅斯成為歐洲地區最大的 LNG 與管道天然氣 (Pipeline Natural Gas, PNG) 進口來源。

在俄烏戰爭的衝擊下，國際天然氣市場短期發展有三：一是 PNG 市場的萎縮與轉向，國際油氣公司陸續撤出俄國，減少投資與天然氣產量；俄國現存天然氣餘量則轉向至亞洲各國，形成 PNG 市場的分極化；二是 LNG 產業大幅增加對船舶、液化與再氣化設施的投資；三是 LNG 中長約年限的遽增現象，買方為求穩定供應，傾向與賣方簽定較長的貿易年限。然而，長期來看，俄烏戰爭卻可能促成天然氣市場的式微，IEA 表示天然氣黃金時代已近尾聲，甫結束的 COP28 會議更首次承諾轉型脫離化石燃料，凡此種種現象呼應了第二章所提及的能源政策典範移轉，在俄烏戰爭的刺激下，將促使各國更大力推動再生能源或其他無碳能源以替代天然氣。

有鑒於此次俄烏戰爭對國際天然氣市場造成的影響，考量天然氣為我國當前最重要的初級能源，如何確保穩定 LNG 供應是我國能源安全的重中之重。亞洲是全球最大的 LNG 進口地區，而臺灣 2022 年進口量排名全球第七，占比 5.1%。目前國內共有永安（一接）及台中（二接）共兩座 LNG 接收站，總供應能力總計 1,650 萬公噸/年，早已超載運作。故為強化國內的天然氣供應安全，政府規劃多項天然氣投資計畫，包括中油的觀塘（三接）與洲際接收站（七接）新建計畫、台中及永安接收站擴建計畫，及台中至通霄陸管與永安至通霄第二條海管工程；台電也規劃協和接收站（四接）及台中港接收站（五接）新建計畫與通霄海管工程；此外，台塑亦研議興建國內第一個民營的麥寮接收站（六接）。

而本報告第四章參考了 APERC 的方法論，選用其中政治、經濟、社會及技術等四個面向，來評估我國天然氣供應安全，並與亞鄰的日韓比較。我國在俄烏戰爭期間，雖未遭受斷氣之苦，但仍須承擔高額的購買成本，顯示極度依賴 LNG 的臺灣民生經濟，對 LNG 價格波動這類外部因素的曝險極大。而如何在一般民眾的生活成本、國營事業的永續經營及政府財政收支平衡間的權衡，極端考驗執政者的施政智慧。除此之外，臺灣還存在顯而易見的內部風險因素，現存兩座接收站的設備利用率已達 121%，遠遠高於日、韓等亞鄰國家的水準，營運風險偏高。然而，目前政府規劃的 LNG 接收站的新建或擴建工程，卻因為環境保護因素，計畫進度皆有所延宕，未來能否如期完成對我國 LNG 安全將有顯著影響。

為呼應全球淨零趨勢，政府亦以 2050 淨零作為轉型目標，並公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，展現達成淨零目標的行動路徑。由於電力部門為溫室氣體排放最主要來源，故在本報告的第五章中，首先縱覽了各國淨零目標以及對應之電力配比，發現除了德國及原本即無核能發電的國家外，各國在致力於削減火力發電占比、提升再生能源發電比重之際，亦紛紛在規劃電力配比時將核能

發電納入無碳電力的一環。回顧國內幾十年來的能源轉型進程，歷經多項政策更迭，當前以「展綠、增氣、減煤、非核」規劃原則，但卻面臨許多挑戰，例如再生能源（尤其是離岸風電）執行率不足、台電燃氣電廠新（改）建工程進度落後、民營燃氣電廠招標不利、LNG 接收站設置期程延後、北部地區電力供應吃緊等問題。可能導致 2026 年至 2028 年的備轉容量率分別降至 1.7%、-5.3%和-0.6%，存在一定的電力短缺或限電風險。

為此，本報告第五章模擬了我國淨零路徑下的最適電力配比，並衡量該配比对國內電價、碳排放量和經濟衝擊。結果發現：相較於國發會規劃的 2030 年電力配比目標（燃煤 20%、燃氣 50%、再生能源 30%），本報告應用的模型以成本最小化原則模擬的最適電力配比（基準情境，無課徵碳稅）為燃煤 38.2%、燃氣 39%、再生能源 9.5%，且應維持一定占比的核能發電（12.5%）。此結果表示在當前的再生能源成本下，實難以達到國發會的電力組合規劃；本報告模擬的基準情境所得之平均電價較國發會規劃情境降低 13.7%，可降低對消費者物價的衝擊達 0.72%；基準情境所得之電力系統分散程度亦比國發會規劃情境為低，相對有利於能源安全；基準情境保有一定占比的核能發電，可提升 2025~2029 年的備轉容量率，有助降低缺電風險，並爭取更多時間發展再生能源，進而減少更多溫室氣體排放。換言之，從本報告模擬的最適電力配比能更能同時兼顧能源安全、淨零排放、價格可負擔的三難目標。

二、政策建議

1. 能源政策典範轉移的長期擴散效果存在不確定性，需透過市場機制、政府介入與行為改變，才能消弭。因此，應測試不同部門的能源用戶對能源供應及價格波動的容忍程度，分析不同因應策略，對能源用戶偏好與行為的影響。而政府也應觀察「減碳（化石燃料需求）」與「再生能源發展（綠能科技投資）」的雙重目標缺口間的消長，做為規劃管制策略及經濟誘因工具時的參考。
2. 國際天然氣市場憑藉過去累積完整的產、銷、運、儲供應鏈，在短時間內，補足了俄烏戰爭帶來的供需缺口。然而，我國在參與更為分極化的天然氣市場時，宜注意新賽局中買家與賣家的互動模式，以尋求我國最大利益。
3. 長遠來看，為提升國家能源安全，仍應朝降低對化石燃料依賴的方向走。一方面仿效先進國家作法，設計各種經濟誘因，以提升能源用戶的能源效率；另一方面，增加自產或準自產的無碳能源（如再生能源或核能）占國家總能源供應的比重，並輔以新能源科技（如氫能），才能有效降低對各類化石能源的進口依賴度。
4. 俄烏衝突對全球 LNG 市場影響甚鉅，除了美國與歐洲國家擴大投資 LNG 生產端與接收端設施之外，買方為求穩定供應，更傾向簽訂中長期買賣合約。然而，我國近年中長約的進口量占比有下降趨勢。中長約比率降低，導致 LNG

價格出現較大波動時，面臨更高的價格風險。故考量在可見的未來天然氣需求將持續增長的情況下，宜增加新約或延續舊約，以穩健 LNG 安全程度。

5. 俄烏戰爭期間，LNG 價格一度飆漲至歷史高點，使得中油與台電公司 2022 年分別虧損 2,123 億元與 2,675 億元⁹⁰，2023 年預計亦將持續虧損，迫使國營事業尋求政府增資⁹¹。但長期來看，政府應跳出價格管制的單純思維，讓化石能源價格合理反應其內、外部成本，不但有利國營事業永續經營，保留能源轉型彈性，更有利於淨零排放目標之達成。
6. 根據本報告以成本最小化原則模擬之最適電源配比，建議國家的電力配比仍應維持一定占比的核能發電，此舉不但有助於提高國內備用容量率和備轉容量率，降低缺、限電風險，並有更多空間發展再生能源，以提高整體「無碳能源」的整體比重。
7. 根據本報告的評估結果，當前政府規劃的電力配比，必需在火力發電成本相對高、再生能源發電成本相對低之下才有機會實現。換言之，若能藉由「碳稅」這類政策工具，將化石燃料的外部成本內生化，將可提高能源用戶改善能源效率的意願。而隨著稅率提高，電力系統可進一步「無碳化」，讓整體無碳能源占比更為接近國發會的規劃目標。。
8. 值得注意的是，碳稅的課徵雖有助於改善電力配比，但也會使得平均電價走揚，帶動消費者物價上漲，不利於整體經濟和產業發展。因此，在政策上宜將各類無碳能源均納入考量，務實並審慎地規劃最適合我國國情之電力配比。

⁹⁰ 國營會，國營事業績效月報(累計)。

⁹¹ 台電公司已獲得行政院同意 2024 年增資千億元，而中油公司未獲通過。

附件一、臺灣動態一般均衡模型 (DGEMT) 說明

臺灣動態一般均衡模型將我國產業分為七大部門：農林漁牧業、礦業及土石採取業、製造業、水電燃氣業、營造業、運輸倉儲及通訊業以及服務業。其中，製造業又可細分為十五個細業別：食品飲料及菸草業、紡織成衣及服飾品業、皮革毛皮及其製品業、木竹製品及傢具業、造紙紙製品及印刷出版業、化學及塑膠業、橡膠製品製造業、石油及煤製品製造業、非金屬礦物製品製造業、基本金屬製造業、金屬製品製造業、機械設備製造修配業、電子及電力機械器材業、運輸工具製造業和雜項工具製造業。而服務業部門可再細分為六個業別：批發及零售業、住宿及餐飲業、工商服務業、金融保險及不動產業、社會服務及個人服務業和其他服務業。以下依序說明生產者模型、消費者模型及電力模型的資料來源。

A. 生產者模型

生產者模型涵蓋五個子模型，包括總投入子模型、能源子模型（含電力）、石油子模型、中間投入子模型及工業產品中間投入子模型，可決定七大部門、十五個製造業細業別及六個服務業細業別等二十八個國內產業的產出價格及成本份額，從而導出各產業之投入產出係數。同時亦建置一電力子模型，藉由考量不同發電類別和技術（基載發電、中載發電、尖載發電及包含再生能源發電在內之其他輔助電源等），用於衡量國內各種電力資源組合對電力價格之影響。生產者模型中各子模型與電力子模型的關係請參見附圖 1。

實際估計函數係數時採用非常一般化的超對數 (Translog) 函數型式進行估計。函數從 Translog 生產函數出發，每一產業的價格及投入產出係數變動皆可透過總投入子模型、能源子模型（含電力）、石油子模型、中間投入子模型以及工業產品中間投入子模型等五個子模型來解釋。

在電力模型中，主要包含一個價格方程式（電力價格）及五個份額方程式，實際估計函數係數時進一步採用非常一般化的超對數 (Translog) 函數型式，估計成本函數。其中，基載發電機組包含台電燃煤機組、核能機組以及民營電廠 (IPP) 燃煤機組；中載發電機組涵蓋台電燃氣機組和民營電廠燃氣機組；尖載發電機組則包括燃油機組及抽蓄水力機組，依據架構建構模型（一般式）如下：

$$ES = ES (BL(C, NU, IPPC), ML(N, IPPN), PL(O, H), REN, CHP, T, D) \quad (1)$$

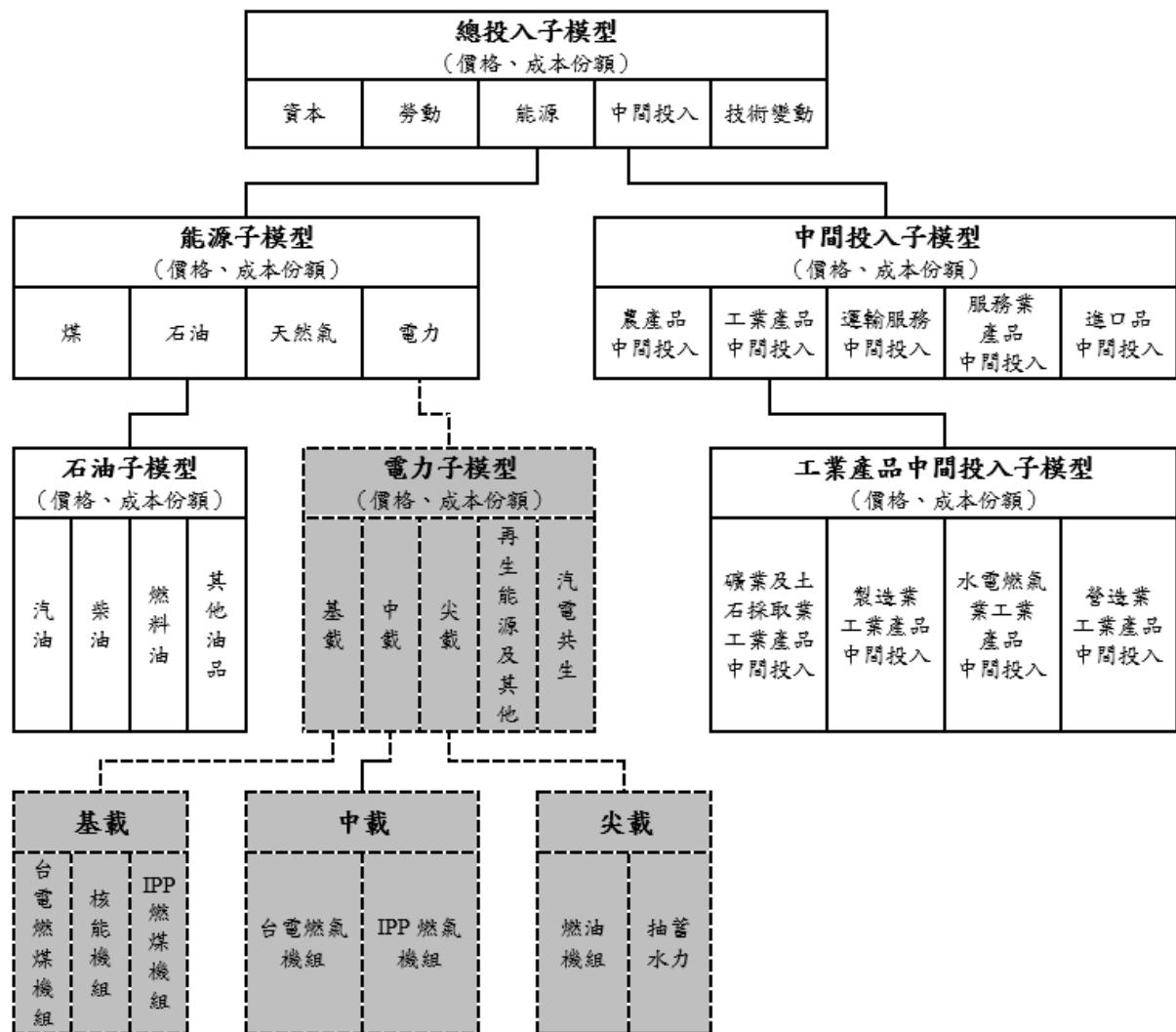
並依據對偶理論：

$$P_{ES} = P_{ES}(P_{BL}, P_{ML}, P_{PL}, P_{REN}, P_{CHP}, T, D)$$

$$P_{BL} = P_{BL}(P_C, P_{NU}, P_{IPPC}, T, D)$$

$$P_{ML} = P_{ML}(P_N, P_{IPPN}, T, D)$$

$$P_{PL} = P_{PL}(P_O, P_H, T, D) \quad (2)$$



資料來源：梁啟源 (2022)、本文修改繪製。

附圖-1 臺灣動態一般均衡模型之生產者模型的各子模型關係

於函數中，BL 表基載發電，ML 表中載發電，PL 表尖載發電，REN 表再生能源及其他（含自發與外購之風力、太陽光電與慣常水力，不含地熱），CHP 則表示為汽電共生；C 表示台電燃煤機組、NU 表示核能機組、IPPC 表示民營電廠燃煤機組；N 表台電燃氣機組、IPPN 表民營電廠燃氣機組；O 為台電燃油發電機組，H 表示為抽蓄水力機組，T 則為以時間代表之趨勢，D 表示外生因素事件發生時點之虛擬變數；本文在模型中納入 1997 年京都議定書簽定、1999 年開放民營電廠、2009 年通過再生能源發展條例等事件進行模擬分析。

電力模型之成本係考量各類能源之燃料成本、維護費、輔助費等發電成本，且在考量課徵碳費或碳稅情境下可再計入外部成本，用以反映在發電成本極小化之條件下，我國電力部門適合之發電方式，相關數量與成本資料來源係取自臺灣電力公司。

依據電力子模型架構，建立電力子模型之電力成本方程式為：

$$\begin{aligned} \ln P_{ES} = & \ln \alpha_0 + \alpha_T + \sum_i \alpha_i \ln P_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln P_i \ln P_j + \sum_i \beta_{iT} \ln P_i T \\ & + \frac{1}{2} \beta_{TT} T^2 + \alpha_D D + \sum_i \beta_{iD} \ln P_i D + \frac{1}{2} \beta_{DD} D^2 \end{aligned}$$

$i, j = BL, ML, PL, REN, CHP \quad (3)$

上式中，基載發電成本為台電燃煤機組、核能機組和民營電廠燃煤發電機組之 Divisia index；中載發電成本為台電燃氣發電機組與民營電廠燃氣發電機組之 Divisia index；尖載發電成本為台電燃油機組和抽蓄水力機組之 Divisia index，各係數之意涵為：

α_0 ：其他情況不變之下，電力部門的平均發電成本。

α_T ：其他情況不變之下，電力部門所面對的平均成本，隨時間的經過將呈現上升或下降的情況。

α_D ：其他情況不變之下，電力部門所面對的平均成本，受外生政策或事件影響之程度。

α_i ：其他情況不變下，第 i 種發電成本對總發電成本的影響程度或比重。

β_{ij} ：其他情況不變下，第 i 種及第 j 種發電方式之成本於交互作用下對總發電成本的影響程度或比重。

β_{iT} ：其他情況不變下，第 i 種發電成本對總發電成本的影響程度或比重，隨時間的經過呈現增加或減少的情況。

β_{iD} ：其他情況不變下，第 i 種發電成本對總發電成本的影響程度或比重，受外生政策或事件影響之程度。

β_{TT} ：其他情況不變之下，所面對的平均發（購）電成本，隨時間的經過將呈現加劇或減緩的情況。

β_{DD} ：其他情況不變之下，所面對的平均發（購）電成本，受外生政策或事件影響變化將呈現加劇或減緩的情況。

然而，由於電力成本方程式的係數較多，運用「三階段最小平方法（Three-stage Least Squares, 3SLS）」估計時可能不易收斂，故進一步運用「薛福輔理（Shephard's Lemma）」，將電力成本方程式改寫為電力份額方程式後再加以估計。電力子模型之電力份額方程式為：

$$S_i = \frac{\partial \ln P_{ES}}{\partial \ln P_i} = \alpha_i + \sum_j \beta_{ij} \ln P_j + \beta_{iT} T + \beta_{iD} D$$

$$i, j = BL, ML, PL, REN, CHP \quad (4)$$

(4) 式中的 S_i 即為成本最小化條件下的各類機組發電成本占比，可據此估算各類機組的發電量占比。

此外，為了滿足成本最小的均衡條件，在估計時，上列各子模型的各種方程式係數尚需滿足下列的限制條件：

- (1) 成本函數為要素價格的一階齊次式；
- (2) Hessian 矩陣具對稱性；
- (3) 各別要素份額需大於或等於零，且所有要素份額之和為 1；
- (4) 成本函數為凹性（Concavity）函數。

B. 消費者模型

本文採用之消費者模型係根據 Deaton and Muellbauer (1980) 所導出「近似理想化需求體系（Almost Ideal Demand System, AIDS）」，來做最適化消費選擇。消費者模型中，除總支出子模型外尚包括下列五個子模型（各子模型的關係請參見附圖 2）：(1) 食：下分食品、飲料、菸草及檳榔三類；(2) 住：下分租金及水費、家庭器具及設備和家庭管理三類；(3) 行：下分交通通訊和油料二類；(4) 能源：下分電力和瓦斯二類；(5) 衣育樂及其他：下分衣著服飾、醫療保健、育樂文化和其他五類。

依據近似理想化需求體系，由生產者模型的產出價格經加權後可求得消費者模型所需的食、住、行、能源、育樂及其他價格，並決定民間消費的結構，從而估算食、住、行、能源、育樂及其他五個支出子模型的份額方程式，其整理如下：

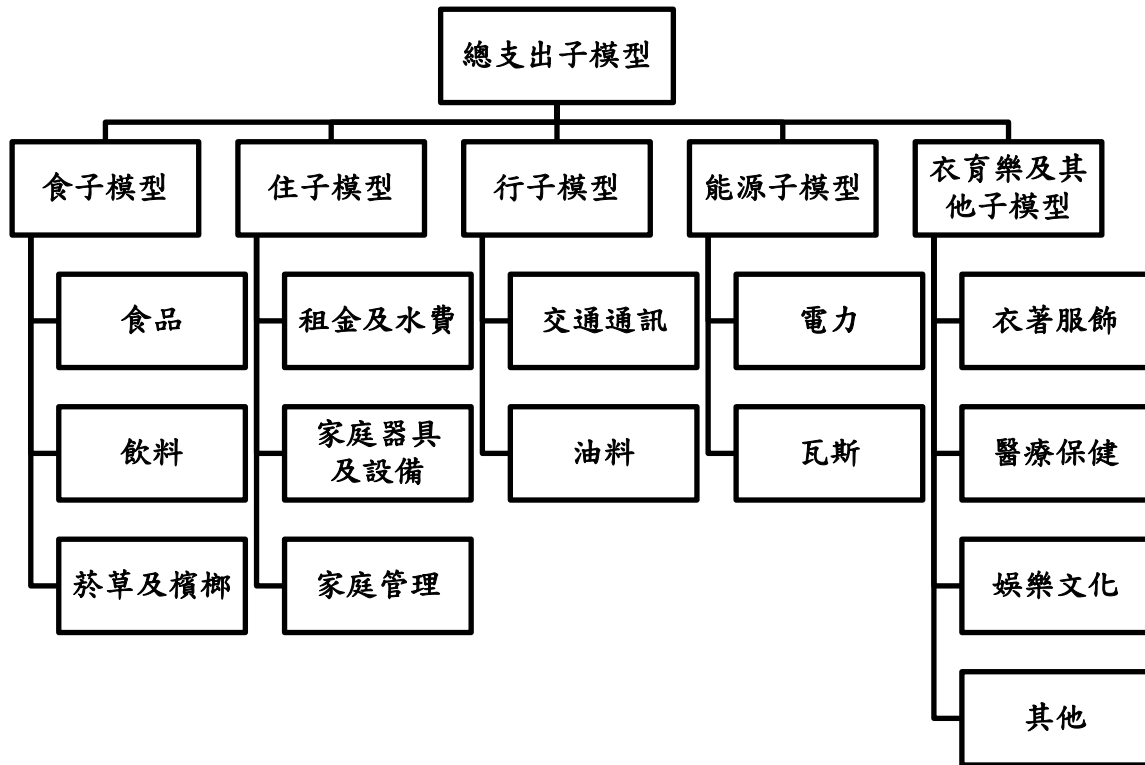
$$S_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \ln P_j + \beta_i \frac{y}{p}$$

$$i, j = F, H, T, E, O \quad (5)$$

其中， F 表食， H 表住， T 表行， E 表能源， O 表衣育樂及其他。

統計估計方法為三階最小平方法（Three Stage Least Squares），所使用的工具變數包括常數項、時間、人口、關稅稅率、政府支出、進口單價指數、出口總值、

進口總值、石油進口價格、間接稅稅率、政府投資、個人所得稅稅率、營利事業所得稅稅率、地價稅稅率，共十四個變數。



資料來源：梁啟源（2022）。

附圖-2 臺灣動態一般均衡模型之消費者模型的各子模型關係

C. 電力模型資料來源

建構電力模型需要各項發電機組之發電量和成本數據。其中，各機組發電量之資料係取自 AREMOS 資料庫，各機組成本數據則取自台電會計處及台電公司公開資訊，係以長期時間序列資料進行估計，且因各發電機組運轉時間點不同，分述各類機組之資料時間點如下：

1982-2022 年：台電燃煤、核能機組、台電燃油機組、台電慣常水力機組、汽電共生

1984-2022 年：抽蓄水力機組

1999-2022 年：民營燃煤機組、民營燃氣機組

2000-2022 年：民營風力發電機組、民營太陽光電機組

2001-2022 年：台電風力發電機組

2002-2022 年：民營慣常水力機組

2008-2022 年：台電太陽光電機組

附件二、不同電力配比情境下之經濟影響評估

依據本報告第五章的表 5-6 得出之不同情境下最適電力配比的平均電價，衡量相對於 2022 年的平均電價水準，可能造成的經濟成長、生產者價格及消費者價格等影響的評估結果，如本附件之附表 1 至附表 3 所示。

附表-1 不同電力配比的經濟衝擊評估結果（相對 2022 年）：經濟成長

單位：%

	基準 情境 (無碳稅)	課徵碳稅情境				
		300 (元/噸)	600 (元/噸)	1,200 (元/噸)	1,800 (元/噸)	2,400 (元/噸)
農林漁牧業	-0.47	-0.50	-0.54	-0.61	-0.68	-0.74
礦業及土石採取業	-4.05	-4.41	-4.78	-5.44	-6.08	-6.67
製造業	-2.42	-2.64	-2.88	-3.32	-3.76	-4.16
水電燃氣業	-11.75	-13.05	-14.44	-17.04	-19.70	-22.25
營建業	-0.26	-0.29	-0.32	-0.37	-0.29	-0.59
運輸、倉儲及通訊業	-0.13	-0.14	-0.16	-0.18	-0.30	-0.18
服務業	-0.90	-0.98	-1.07	-1.24	-1.40	-1.55
整體經濟	-1.51	-1.66	-1.81	-2.09	-2.37	-2.64

資料來源：本文估計及整理。

附表-2 不同電力配比的經濟衝擊評估結果（相對 2022 年）：生產者價格

單位：%

	基準 情境 (無碳稅)	課徵碳稅情境				
		300 (元/噸)	600 (元/噸)	1,200 (元/噸)	1,800 (元/噸)	2,400 (元/噸)
農林漁牧業	2.39	2.57	2.75	3.06	3.22	3.61
礦業及土石採取業	0.83	0.90	0.97	1.09	1.16	1.32
製造業	4.44	4.80	5.19	5.86	6.21	7.09
水電燃氣業	16.46	18.14	19.93	23.23	25.01	29.73
營建業	2.49	2.69	2.89	3.24	3.42	3.87
運輸、倉儲及通訊業	0.76	0.81	0.87	0.98	1.03	1.16
服務業	1.87	2.02	2.17	2.43	2.56	2.89
整體經濟	2.91	3.15	3.40	3.83	4.06	4.63

資料來源：本文估計及整理。

附表-3 不同電力配比的經濟衝擊評估結果（相對 2022 年）：消費者價格

單位：%

	基準 情境 (無碳稅)	課徵碳稅情境				
		300 (元/噸)	600 (元/噸)	1,200 (元/噸)	1,800 (元/噸)	2,400 (元/噸)
食	2.01	2.00	2.24	2.60	2.86	3.10
住	0.89	1.01	1.15	1.35	1.31	1.77
行	2.00	2.25	2.52	2.93	3.25	3.53
能源	6.22	7.18	8.26	10.01	11.45	12.81
衣、育、樂 及其他	1.28	1.43	1.60	1.86	1.91	2.34
CPI	1.49	1.68	1.88	2.19	2.33	2.73

資料來源：本文估計及整理。

附錄一、2021-2022 全球 PNG 貿易流變化

To	From																																Billion cubic metres																		
	加拿大		墨西哥		美國		玻利維亞		其他中南美		EU	荷蘭	挪威	其他歐洲		亞塞拜然		哈薩克		俄羅斯		土庫曼		烏茲別克		伊朗		卡達		其他中東		阿爾及利亞		利比亞		其他非洲		印尼		緬甸		其他亞太		總進口							
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022			
加拿大	-	-	-	-	25.5	26.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.5	26.2	2.7%				
墨西哥	-	-	-	-	58.7	56.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58.7	56.5	-3.7%				
美國	75.9	82.1	†	†	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75.9	82.1	8.2%				
北美	75.9	82.1	†	†	84.3	82.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	160	165	2.9%				
阿根廷	-	-	-	-	-	-	4.5	3.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5	3.7	-17.8%				
巴西	-	-	-	-	-	-	7	6.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.1	6.1	-14.1%				
其他中南美	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	1.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	1.9	137.5%				
中南美	-	-	-	-	-	-	11.5	9.8	0.9	1.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.4	11.7	-5.6%				
EU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.9	80.9	86.3	11.2	91.4	8.2	11.5	-	-	132.3	61.5	-	-	-	-	-	-	-	-	34.1	31.5	3.1	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	270	299	10.7%			
其他歐洲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.3	0.3	31.9	30.5	-	5.3	11.3	10.9	-	-	34.7	23.9	-	-	-	-	9.1	9.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.3	79.9	-19.5%		
歐洲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.3	14.2	112.9	116.8	11.2	96.7	19.5	22.4	-	-	167	85.4	-	-	-	-	9.1	9.1	-	-	34.1	31.5	3.1	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	369	379	2.5%		
白俄羅斯	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.7	18.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.7	18.5	-1.1%		
哈薩克	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.7	2	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.7	2.4	-11.1%				
俄羅斯	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.6	3.4	-	-	-	-	10.5	4.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.1	8.1	-46.4%		
其他CIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	†	†	-	-	-	-	-	-	5.7	4.8	-	2.8	0.2	†	0.5	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.4	8	25.0%		
CIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	†	†	-	-	4.6	3.4	27.1	25.3	10.5	7.8	0.2	†	0.5	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42.9	37	-13.8%		
UAE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.5	18.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.5	18.5	-5.1%
其他中東	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.7	9.4	1.6	1.6	2.8	2.8	-	-	-	-	-	-	0.7	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	13.1	14.8	13.0%
中東	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.7	9.4	21.1	20.1	2.8	2.8	-	-	-	-	-	-	0.7	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	32.5	33.4	2.8%
南非	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.5	3.6	2.9%		
其他非洲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.8	6.1	4.8	4	-	-	-	-	-	-	0.9	1	-	-	-	-	-	-	-	-	9.5	11.2	17.9%
非洲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.8	6.1	4.8	4	-	-	-	-	-	-	4.4	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	13	14.8	13.8%
澳洲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.8	4.8	0.0%				
中國	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.9	4.4	7.6	14.7	31.5	32.9	4.3	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53.2	58.4	9.8%		
馬來西亞	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	0.2	-50.0%
新加坡	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.2	6	-	-	-	-	-	-	-	-	9.1	8.2	-9.9%
泰國	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.7	6.6	-1.5%								
亞太	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.9	4.4	7.6	14.7	31.5	32.9	4.3	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74.2	78.2	5.4%		
總出口	75.9	82.1	†	†	84.3	82.7	11.5	9.8	0.9	1.9	12.3	14.2	113	117	11.2	96.9	19.6	22.5	10.6	7.8	202	125	42.1	40.7	4.5	2.5	17.3	18.9	21.1	20.1	6.7	8.8	38.9	35.5	3.1	2.5	5.2	5.5	7.5	6.3	10.6	10.6	6.7	6.9	704	718	2.0%				

Source: Includes data from FGE MENAgas service, IHS.

Note: As far as possible, the data above represents standard cubic meters (measured at 150C and 1013 mbar) and has been standardized using a gross calorific value (GCV) of 40 MJ/m3.

國家圖書館出版品預行編目 (CIP) 資料

俄烏衝突對天然氣市場之影響/梁啟源, 周陽山, 廖惠珠, 張四立, 吳榮華, 劉致峻, 鄭睿合, 劉文筠, 林虹汶作. -- 臺北市 : 財團法人中技社, 民 112.12

138 面 ; 21 X 29.7 公分.-- (專題報告 ; 2023-08)
ISBN 978-626-97025-8-9 (平裝)

1.CST: 天然氣 2.CST: 能源經濟 3.CST: 國際經濟 4.CST: 俄烏戰爭

554.68

112021961

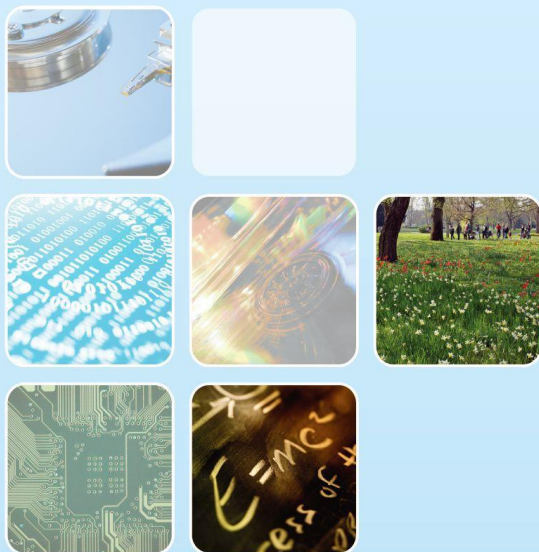
版權聲明©財團法人中技社

本手冊用於教育或非營利目的時，得在未取得原版權所有人允許下複製全部或部分內容，唯須註明出處。財團法人中技社感謝您提供給我們任何以本手冊做為資料來源出版的相關出版品。

未取得財團法人中技社書面同意，禁止使用或轉售本手冊於其他商業用途。

免責聲明

本出版品所提及的實體名稱和資料之表示，並不代表財團法人中技社的觀點：包括不同國家、領土、城市或區域的法律地位及其地位的權威性，以及國與國之間邊界和臨界的界定。此外，文中觀點與所提及的貿易名稱或商業程序，並不代表財團法人中技社的觀點或政策。



財團
法人 **中技社**

CTCI FOUNDATION

106 台北市敦化南路2段97號8樓

Tel : 02-2704-9805~7 Fax : 02-2705-5044

<http://www.ctci.org.tw>