

壹、前言

近年中共因面臨國際輿論壓力，經常對外展示減碳及發展再生能源作為，並宣示全國碳排放量 2030 年達峰值，2060 年達成碳中和，以及「十四五」末期非化石能源發電占比超過 50% 等。除國家政策目標之外，軍用替代能源對野戰部隊而言具有提高能源彈性、增加戰場生存力的效益。而在對外軍事侵略布局擴大之際，中共留意到軍事上仍以傳統能源為主，其消耗增加、偏遠地區運輸不易所帶來的戰略安全問題。2021 年 3 月，解放軍即宣稱在內蒙古朱日和訓練基地，啟用首座基地化國家能源示範工程，以風力與太陽能為發電主力，搭配智慧電網儲能，以電網輸電及柴油備用發電作輔助。¹

中共軍事能源轉型除降低對化石能源的依賴、提升再生能源應用之外，其結合新型態武器、人工智慧、大數據與雲端運算，其拓展智慧軍事能源技術的野心亦值得關注。² 中共於 2020 年 10 月發布十九屆五中全會公報，表示 2027 年將實現建軍百年奮鬥目標，加速國防軍備之機械化、信息化與智慧化。³ 在「軍民融合」的方式下，業界、各地軍校及重點大學合組研發團隊，於偏遠山區、海島等部隊基地建置智慧能源網路。中共軍事能源轉型目的在於搭配軍備設施革新，提升解放軍之新型態作戰能力。⁴ 雖然現階段在軍事層面上，與傳統化石燃料的使用相比，解放軍之再生與

* 國防安全研究院國家安全研究所政策分析員。

1 于海青，〈解放軍報全軍首個基地化國家能源示範工程建成投運〉，《解放軍報》，2021 年 3 月 21 日，<https://reurl.cc/aN5vo7>。

2 張強，〈能思考、會決策 軍事能源保障越來越「聰明」〉，《科技日報》，2021 年 3 月 19 日，<https://reurl.cc/6DajvZ>。

3 新華社，〈（授權發布）中國共產黨第十九屆中央委員會第五次全體會議公報〉，《新華網》，2020 年 10 月 29 日，<https://reurl.cc/95Zk3O>。

4 劉薇、王登嶽，〈新能源專業在軍事中的應用前景〉，《中國教師》，第 6 期，2021 年 2 月，轉引自《期刊網》，<https://reurl.cc/NZr4vn>。

低碳能源轉型規模並不大，但其發展成果及未來趨勢仍有檢視之必要。

貳、關鍵裝備發展

一、軍事智慧微電網

偏遠、海島軍事基地電力不足、補給資源運輸不易，一直是解放軍的當務之急。2020年11月解放軍表示，「十三五」期間，亦即2016年至2020年四年當中，共有500多個邊防哨所已接通上國家電網，過去以柴油發電為主的邊防基地，現可獲得全天候電力供應。⁵ 例如海拔近4,900餘公尺的西藏昆木加哨所，接通國家電網後，即大舉擴建基地設施，甚至打造可種植蔬菜的智慧監控溫室。⁶

針對位處島礁地區，或西部高原地區尚未能與國家電網連結之邊防哨所用電需求，解放軍則是以「一哨一案」因地制宜的方式，結合太陽能、風能及儲能控制系統，形成與柴油發電系統互補之智慧型微電網。⁷ 目前為止，已建置80餘座新能源智慧微電網以提升邊疆戰備力，例如海拔超過5,000公尺的新疆神仙灣邊防連，以及南海西沙群島趙述島上的智慧微電網海水淡化專案。⁸

二、鋰鐵電池之軍事應用

鋰鐵電池因具有壽命較長、安全性佳、耐高低溫且較為環保等特性，已被廣泛運用於綠能科技儲能、無人載具、電動車、航太與通訊等領域。⁹

5 孫興維、李少華，〈全軍500多個邊防哨所連通國家電網〉，《解放軍報》，2020年11月29日，<https://reurl.cc/Q69YXq>。

6 陳武斌、周煒、崔運紅，〈海拔「4000+」的哨所，邊防官兵如何生活？〉，《中國退役軍人》雜誌，第5期，2021年，https://www.mva.gov.cn/sy/zzxc/202107/t20210716_48822.html。

7 孫興維、於海青，〈80多個新能源微電網落戶邊海防部隊〉，《解放軍報》，2021年2月5日，<https://reurl.cc/L7bLL3>；晏良、劉大輝，〈個性化解難精準服務雪域哨所〉，《解放軍報》，2021年3月24日，<https://reurl.cc/bnXar6>。

8 同註7；劉超，〈三沙市創建第十一屆全國雙擁模範城紀實〉，《海南日報》，2020年9月25日，<https://reurl.cc/DZgLz5>。

9 〈磷酸鐵鋰離子電池組在特種儲能設備行業的應用〉，鉅大鋰電，2020年8月14日，<https://reurl.cc/2oYg1E>。

中共在擴大鋰鐵電池民用市場之餘，亦拓展其軍用範圍，發展出可分別在零下 40 幾度、零下 50 度使用之軍用低溫與超低溫鋰電池，目標為運用其便攜與高功率等特點，增進兵力與武器之機動性。¹⁰ 中共國內數家廠商，例如海特電子集團、湖南電將軍新能源公司等產品自解放軍獲得品質認證，成為軍用電池設備供應商，並持續研發提升電池之快充性能。¹¹

三、氫燃料電池之軍事應用

1970 年代適逢石油危機，被視為替代能源之一的氫能因而受到矚目。其中，由太陽能或風力等綠能剩餘電力，電解水所產生的綠氫（Green Hydrogen），因製程幾乎無碳排放，被世界各國視為達成零碳排的關鍵要素。¹² 氫氣每單位能量密度高，搭配燃料電池儲能系統，可使再生能源微電網運作不中斷。¹³ 此外，氫能燃料電池能源效率高、續航力優於鋰電池、運轉相對安靜，亦適合用於軍事無人裝備上。中共解放軍現正積極拓展氫能燃料電池於軍事裝備上的應用，從近幾年民用氫能燃料電池民用發展進程即可看出端倪：

（一）氫能燃料多旋翼無人機

2016 年 4 月，中共科比特商用無人機公司宣布推出全球首款、飛行時間達 273 分鐘之氫能燃料多旋翼無人機「HyDrone1800」。¹⁴ 2019 年

10 〈磷酸鐵鋰電池的主要應用領域介紹〉，OFweek 鋰電網，2021 年 7 月 20 日，<https://reurl.cc/dxnGey>；Ryder，〈特種定制軍用低溫鋰電池需注意的事項〉，瑞鼎電池，2020 年 9 月 2 日，<https://reurl.cc/NZQrnn>。

11 〈優秀供應商電將軍：首創富鋁鋰電池快充技術 應急儲能電源優質出口商〉，《中國電池網》，2020 年 10 月 7 日，<https://reurl.cc/n5N5Vv>。

12 石蕙菱，〈全球氫氣生產方式的發展與趨勢〉，經濟部技術處，2021 年 5 月 26 日，<https://reurl.cc/yeEjE8>。

13 林繼駿，〈微電網之儲能系統應用簡介〉，《台灣能源技術服務產業發展協會會訊》第 33 期（2018 年 8 月），<https://reurl.cc/GbmRgG>。

14 劉傳書，〈首款產品化氫燃料多旋翼無人機升空〉，《科技日報》，2016 年 4 月 11 日，<https://reurl.cc/ARkvdnd>。

12 月，北京新研創能科技公司與首航國翼公司聯手推出氫能燃料六旋翼無人機，飛行時間更進一步突破，號稱達 331 分鐘。¹⁵

（二）氫動力短場起降無人機（VTOL）、氫動力無人直升機

2020 年 10 月，韓國斗山集團下的創新公司，與成都縱橫自動化公司合作推出全球首個氫動力垂直起降無人機「DJ25」，其飛行時間達 303 分鐘。同年，斗山創新也與珠海紫燕無人機公司合作，推出全球氫動力無人直升機「DZ15」，飛行時間達 330 分鐘。¹⁶

（三）氫能燃料電池汽車

近 5 年來，中共自華北至華南許多省分，包含河北、武漢、浙江、廣東等，陸續推出氫能產業園區、加氫站、燃料電池車輛示範區等相關建設，2021 年更進一步往西推進，規劃建立重慶氫谷，其目的即是希望藉由擴大氫能燃料電池中共國內產業鏈，降低其未來應用於軍用裝備上的成本。¹⁷

（四）便攜式氫能燃料電池

此類型電池以氫化鎂（ MgH_2 ）作為儲能材料，由於發電方式為立即生產、立即使用，儲氫罐的金屬外殼就可用輕便材質取代，電池製造成本和重量都降低，最低輕至 25 公克，但發電量卻高於手機電池，達到 25

¹⁵ 〈新研氫能六旋翼燃料電池無人機以 331 分鐘續航時間刷新世界紀錄〉，《氫能源網》，2019 年 12 月 17 日，<https://reurl.cc/Q69Kj2>。

¹⁶ 紫燕 UAV，〈全球首款「氫動力無人直升機」即將來襲〉，珠海紫燕公司網站，2020 年 7 月 3 日，<https://reurl.cc/1oYaAG>；〈便攜式氫燃料電池 為軍用裝備注入活力〉，《人民網》，2019 年 1 月 7 日，<https://reurl.cc/XIWy8a>；鬥山創新，〈第四屆深圳國際無人機展——氫動力產品回顧〉，無人機網，2020 年 10 月 3 日，<https://reurl.cc/q1gWrm>。

¹⁷ 〈燃料電池發展加速，關鍵技術尋求國產化〉，《人民網》，2018 年 5 月 16 日，<https://reurl.cc/Gbm0VZ>；〈便攜式氫燃料電池 為軍用裝備注入活力〉，《科技日報》，2019 年 1 月 7 日，<https://reurl.cc/Q69KA2>；〈國產首台燃料電池發動機下線與解放軍燃料電池技術軍用化〉，《每日頭條》，2017 年 8 月 26 日，<https://kknews.cc/zh-tw/military/kaexkpv.html>。

Wh。¹⁸輕量便攜式電池可降低士兵負重，增加其隨身無線電、夜視系統、單兵資訊系統等電子設備的續航力，從而增進個人戰力。¹⁹

四、太陽能發電之軍事應用

（一）高空長滯太陽能無人機

所謂「近太空」（Near Space）指的是距地表 20 公里至 100 公里、介於飛機飛行和衛星軌道之間的區域。而高空長滯無人機（High altitude long endurance, HALE）則為可在距地表 20 公里以上近太空區域，執行數日、數月甚至數年飛行任務的載具，與傳統衛星相比成本低、機動性高，也比一般無人機有更長的續航力，被視為影響戰場勝負之關鍵新型武器之一。²⁰

2017 年 6 月，中國航天科技集團公司第 11 研究院推出首款近太空太陽能無人機「彩虹」，具高空間諜監視、空中移動 Wifi 站、支援災害緊急通信等應用潛力，並宣稱其負載力、續航力及飛行高度，皆優於飛行時間可達 14 天的空中巴士 Zephyr 太陽能無人機。²¹ 解放軍於高空長滯太陽能無人機的研發進展，因造價成本低、體積小而隱蔽性高，並可威脅航空母艦，已引發美國等國家之關切。²²

（二）新型拆裝式保溫方艙

2020 年 5 月爆發中印邊境衝突，解放軍為因應高原寒冷地區的駐紮挑戰，在邊境安置新型拆裝式保溫方艙。此易搭建、可重複使用之新型方

18 〈便攜式氫燃料電池 為軍用裝備注入活力〉，《科技日報》，2019 年 1 月 7 日，<https://reurl.cc/kLZzrq>。

19 同註 4。

20 “Future of unmanned capabilities: MALE vs HALE,” *Defense Systems*, May 27, 2015, <https://reurl.cc/pxgE0d>。

21 〈我國首個臨近空間太陽能無人機試飛成功〉，《人民網》，2017 年 6 月 14 日，<https://reurl.cc/oxgGE3>；科技和資訊化司，〈臨近空間太陽能無人機及其在應急通信中的應用〉，中共應急管理部，2019 年 9 月 19 日，<https://reurl.cc/ZjG6GW>；“Flying close to the sun,” *Global Times*, June 21, 2017, <https://reurl.cc/35a2LM>。

22 同註 18。

艙是由解放軍陸軍工程大學所研發，透過主動接收太陽能發電、由建築結構被動保留太陽能溫度，並搭配風力和柴油發電之微電網，在室外溫度為攝氏零下 40 度時，可維持室內溫度高於攝氏 15 度，大幅降低後勤負擔。²³

參、戰場價值與影響

中共軍事能源消耗目前仍以傳統石化燃料為主，再生和低碳能源技術之應用規模雖尚未顯著，其進展與潛在影響不容小覷。2016 年末，中共國家能源局、軍委後勤保障部開始推動《邊防部隊電網建設實施方案》，規劃在 2020 年前解決全解放軍及武警之邊防部隊用電。²⁴ 透過在島礁和偏遠山區高原建置智慧微電網等設施，中共意圖提升偏遠邊防哨所的戰備力，但不可置否的是，部分邊防哨所仍得依靠國家電網連通，才能根本性地解決用電需求，而在惡劣環境下所搭建的電網系統與相關設施，是否具足夠韌性，並在未來持續抵抗極端氣候的考驗，仍存在不確定性。

除了分散過度仰賴化石能源的風險，本章前述氫能燃料電池與太陽能的各項應用中，不外乎具備能量效率高、續航力佳、體積小、機動性高等特性。其所能達成之高隱匿性及更強的分散式殺傷力（如無人式武器站），應為中共在宣傳軍事能源轉型成效之餘，最在乎的考量因素。此外，擴大氫能內需民間市場、打造氫能上下游產業鏈、設置加氫站等所使用的氫能來源，是否為可實際達成淨零碳排的綠氫，還是仍以製程排碳量高的褐氫（brown hydrogen）、藍氫（blue hydrogen）為主，亦為探討中共軍事能源轉型需釐清的問題。²⁵

²³ 孫興維、趙岩，〈我軍新型拆裝式自供能保溫方艙亮相高原邊防〉，中國國防部，2019 年 10 月 8 日，<https://reurl.cc/73r1pQ>；〈光伏上了中印邊境 助力戰士們保家衛國〉，中國能源網，2020 年 10 月 22 日，<https://reurl.cc/Gbm3eA>。

²⁴ 〈邊防部隊步入用電新時代〉，《人民網》，2019 年 3 月 26 日，<https://reurl.cc/V5EdYN>。

²⁵ 〈新興能源？氫能可能比化石燃料還糟〉，台灣永續能源研究基金會，2021 年 8 月 24 日，<https://reurl.cc/q1glK3>。

肆、小結

究其根本，中共軍事能源轉型目的為結合智能化與信息化，透過軍民融合擴大內需市場、降低技術製造成本，以在新型態戰爭中制霸各國。不論是發展高空長滯太陽能無人機，在中印邊境高原設置保溫方艙，或在南海島礁上打造再生能源智慧微電網、海水淡化廠等，實皆為中共拓展軍事野心、強化向外侵略能力的一環。至於這些作為是否能真正落實減碳、降低過度依賴化石能源的風險，以及在極端氣候挑戰下，關鍵再生能源基礎設施運作和韌性能否持續維繫，仍有待商榷。

