



● 作者/Marco Giulio Barone

● 譯者/張彥元

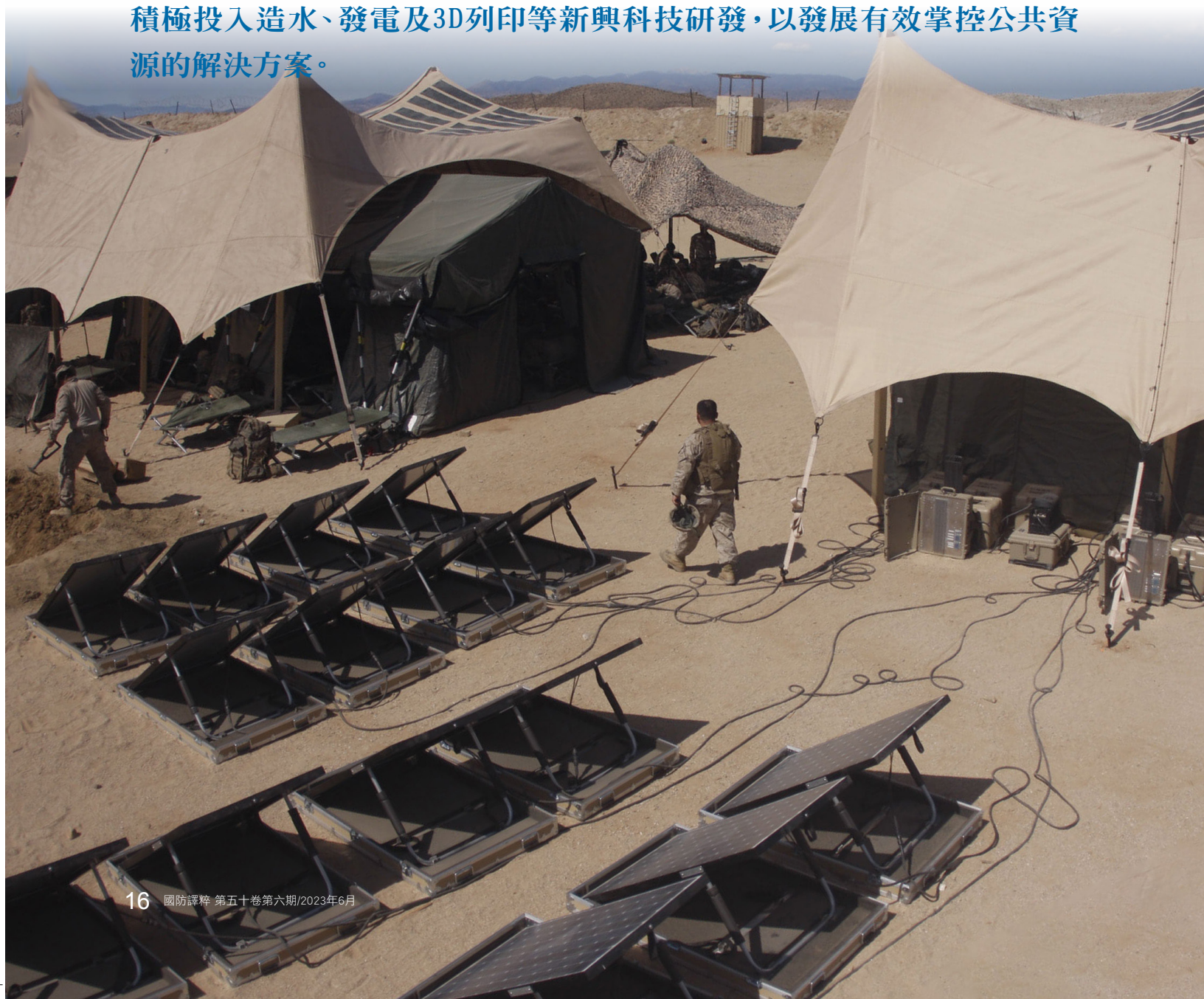
● 審者/丁勇仁

綠色後勤

Mastering the Commons: The Future of Logistics

取材/2022年5月德國軍事科技雙月刊(*Military Technology*, May/2022)

戰區作戰部隊仰賴車隊補給，而車隊經常是敵人最佳攻擊目標。為有效遂行燃料、飲水及裝備維修等後勤補給作業，北大西洋公約組織國家正積極投入造水、發電及3D列印等新興科技研發，以發展有效掌控公共資源的解決方案。



維持地面單位後勤支援之戰力往往決定作戰的成敗。於作戰進行之際，如何支持已完成部署之部隊，也將影響整個戰役的成功與戰力的持續。燃料、飲水及保修是已部署部隊後勤的三大支柱。海外作戰業已提供了一些經驗教訓。

確保燃料供應

保持部隊作戰能力不僅止於為戰車加滿油。部隊所需之電力幾乎皆來自柴油發電機。北大西洋公約組織(以下稱北約)，特別是在阿富汗所積累的作戰經驗顯示，燃料供應是成本最高的後勤作業之一。為使所有地面單位獲得其補給，必須組織車隊，而車隊經常是敵最佳攻擊目標，因為相較於戰鬥單位，車隊顯然是較易攻擊的目標，且經常裝載易燃軍品。因此，車隊必須由護運隊伴隨；儘管這些通常被認為屬於後勤作業，然而最高的人員傷亡率就是發生在這些作業中。2004年至2007年，高達3,000名美軍士兵因車隊遭攻擊而陣亡。這段期間被認為是一個參考基準，由於戰況激烈，因此統計資料具有重要意義。目前，北約評估在海外行動中，每24個車隊就會有一名士兵陣亡。

就經濟而言，燃料運輸至熱區之成本約為每公升150美元。因此，北約多年來持續研究以太陽能板與風能為替代性能源之可能性，試圖能減少對柴油之依賴。此方面之主要問題乃是必須瞭解每一種能源的輸出並加以管理，且須考量電壓與功率係隨機器類型而改變，而可再生能源則隨環境條件而有所不同。前述問題，北約成員國直至在執行如「幹練後勤團隊」(Capable Logistician)等專業性定期演習後，才予以解決。當紮營或建立基地前，能源需求會先行粗估，以瞭解需要多少臺發電機。為避免不便，估計值通常較高，且常讓發電機保持運行，在夜間亦是如此。幾乎不言可喻的是，此方法導致大量的能源浪費；另有一個問題是，沒有人曾經測量過多少能源被浪費，以及一天中何時出現浪費。隨著化石燃料成為一個關鍵問題，這個最先學到的經驗教訓將刺激思考，並引發替代燃料的技術競賽，以降低對運輸與設營所需燃料的依賴。於2022年「歐洲國際防務展」(Eurosat)中，如友嘉實業集團(FFG)等公司已公布，其正在就解決機動性問題提供資金進行研



美陸戰隊第5陸戰團第3營在彭德爾頓營區測試全新太陽能板，試圖舒緩部隊電力需求。(Source: DVIDS)



配備Defshell公司帳篷的營地鳥瞰圖；每個帳篷均安裝太陽能板，有助於減少能源足跡。(Source: Marco Giulio Barone)

究。其他一些公司，如義大利Defshell公司與德國Pfisterer公司，則因應部隊設營問題，提出以太陽能板、風力渦輪機及電力管理設備為基礎的解決方案。

確保飲水無虞

淡水乃是基本需求。由阿富汗、伊拉克、馬利及其它各地的海外作戰行動清楚顯示，缺水問題可能成為常態；這與在歐洲的情況截然不同。以護衛車隊運送淡水至作戰部隊所面對的挑戰，更甚於運輸燃料。飲用水則是問題中的問題。隨著時間推移，一些解決方案已然出現，也大幅提高了飲水淨化的後勤戰力。然而，飲水淨化的效率仍有待改進，提升效率乃是重要的議題。例如，駐

馬利的法國工兵部隊經常配備Infilco公司之「機動原水處理站」(Station de Traitement des Eaux Mobiles, STEM)；此裝備乃是小型汙水處理廠，可裝載於兩個20呎標準貨櫃，且安裝完成後，僅需兩位人員(機工、電工各一位)即可操作。該設備安裝需由一個六人團隊以兩天時間完成。「機動原水處理站」可淨化河流、水井或湖泊等天然水源再予以供水。原水係透過初始過濾及逆滲透加以淨化。「機動原水處理站」每日可提取高達50立方公尺的原水，並供水25至30立方公尺(取決於水源的條件及鹽度)，最大處理量每小時可達6立方公尺。就體積而言，此結果令人滿意，惟其效率仍有待加強。事實上，淨化的過程會損失20至25立方公尺的原水。剩下的水會被分成飲用

水(60%)，以及不可飲用但可使用的水(40%)。淨化過程會去除飲用水中所有的礦物鹽，因此，在飲用前，「機動原水處理站」會以特殊的管路嵌入儲存用的大型橡膠儲水設備中，將飲用水「再礦化」(Re-Mineralises)。據法國官員表示，儘管原水仍有浪費，「機動原水處理站」仍代表供水能力方面長足的進展，因為其效能是先前「移動式原水處理裝置」(Unité Mobile de Traitement d' Eau, UMTE)的四倍。但很明顯的是，淨化過程仍有很大的改進空間。

生產淡水是另一個可能的途徑，目前正在進行評估。許多評估結果的前景看好，但相關技術的

成熟仍進展緩慢。以創新的VERAGON V12大氣淡水產生器為例，目前有四臺設備供義大利空軍之前進作戰基地使用中。於攝氏30°C及濕度達80%以上的最佳條件下，V12大氣淡水產生器每日可提供高達1,050公升的飲用水。就技術而言，即使在低溫與低濕度的條件下，這個系統亦可產出最低量的淡水，然而在此種條件下，系統的實用性會降低；根據資料顯示，低於攝氏17°C時，淡水的產量微不足道。

確保維修保養

本節中最重要的主題乃是「積層製造」(Addi-



VERAGON大氣淡水產生器設備箱內部；這是由大氣中提取、淨化並礦化淡水的設備。(Source: Marco Giulio Barone)



由Pfisterer公司生產並由立陶宛軍隊測試的太陽能/風能混合電力站。

(Source: Marco Giulio Barone)

tive Manufacturing, AM)。吾人以挪威Fieldmate公司的NOMAD維護設施為例。該設施係為可擴充之20呎標準貨櫃，區分為中間及兩側等三個部分，可容納一個模具機臺，放置於小型玻璃密閉且無菌的隔間內。所示案例中有四座機臺，因該系統係模組化系統，故可擴充增加。挪威軍方已使用NOMAD系統製造陸用車輛所需之塑膠、輕金屬或複合材料所需之零附件。由工業角度來看，以3D列印方式生產零附件，可使短缺零附件之老舊車輛繼續服役。舉例而言，挪威之M-113A2系列裝甲運兵車所使用之零附件已然停產，因此透過逆向工程法於實驗室中重建，由掃描器創建一個虛擬之零附件模型並進行所有量測，然後將資料傳送至製造機臺。每個零附件所需之完成時間介於6小時到2天之間，依其複雜程度而定。部

分零附件須由操作人員於設備齊全的小型工作區內，進行如倒角(Chamfered)、拋光等加工後完成。每個新零附件均列入目錄，品項隨著時間不斷增加。

資料庫補充足夠之後，也可能藉比較類似零附件，而提出修改建議，或將該零附件標準化為單一模型。一個小小的有趣之處是，由功能角度看，這些生產的零附件與原件完全相

同，但由美學角度看則不盡相同，這是為了避免涉及生產零附件之智慧財產權問題。值得注意的是，3D列印零附件並不便宜，而是甚為昂貴。使其具有成本效益的原因在於其所具有之相對價值。在M-113裝甲運兵車的案例中，延長運作壽期代表可推遲昂貴之換裝採購。此外，高成本在實際作戰中仍屬合理。例如，挪威已於阿富汗的作戰行動中嘗試採用3D列印生產之機械零附件。

3D列印之備分零附件生產並不普及，因為仍無法列印製作如鋼材與金屬等硬材料，而這些材料乃是車輛的核心部件。使用其他材料則意味製造成本將非常高昂且使用壽命有限。然而，此能力於戰區作業中已被證明相當重要。在阿富汗，挪威之3D印表機可於等待適當備分零件抵達前，暫時修復車輛。因此可修復遭伏擊的車輛，或簡言

之，提高車隊的妥善率，而妥善率乃是極為重要的要求。總而言之，「積層製造」領域的前景甚佳，也是減輕軍事行動後勤負擔所做各種努力之一環。因此，歐洲防衛局(European Defence Agency, EDA)也研發一型示範系統，與挪威的系統類似。由於歐洲防衛局瞭解該系統之潛力，故於2018年委託進行可行性研究，並於該研究結束後創建了一個實驗室，在實際作戰條件下進行測試。歐洲防衛局於2019年的測試中，以該示範系統為法國與西班牙軍隊提供支援。歐洲防衛局的實驗

室亦安裝於一個20呎的標準貨櫃，但不能擴充，因此其尺寸大小只有挪威系統設施的三分之一。儘管歐洲防衛局的實驗室非常小，且所生產的零附件顯然比挪威系統設施所產製的零附件簡單，但歐洲防衛局的技術人員表示，其所使用的科技可在較短的時間內以較低的成本提供更多零附件。該研究結果已經公布，並仍在歐洲防衛局的歐洲國防循環經濟籌劃論壇(IF CEED)中引發不少爭論。

結語

由全球暖化與生態轉型需求

所引發的綠色革命已不再僅是和平主義者的口號。一些新興的科技顯示，公共資源的掌控與管理，在戰爭時期可能改變戰局。減少對環境的影響可能使作戰單位更具存活力；儘管這個說法違反直覺且係屬未來主義思維，但根據現行令人鼓舞的實驗，斯言不虛。

作者簡介

Marco Giulio Barone係駐巴黎的政治軍事分析師，也是《Monch雜誌》的定期撰稿人。

Reprinted from *Military Technology* with permission.



STEM淨水系統，地面上為橡膠儲水設備。(Source: Marco Giulio Barone)