



● 作者/Eric South and Brian Kiviat ● 譯者/趙炳強 ● 審者/黃依歆

# 戰場能源： 啟動戰場的 推手

The Everything of Energy  
Engineering: Energy is  
What Makes Thing Work

取材/2019年10月美國陸戰隊月報(Marine Corps Gazette,  
October/2019)

戰場上的新技術發展日新月異，但能源規劃卻未能跟上腳步。各種裝備能源可能互不相容，更難以確保最大的作業互通能力，這驅使美陸戰隊開發能源工程分析工具，以系統性角度規劃整體能源所需。



**試**想一下，你今天接觸能量多少次？愛因斯坦著名的方程式告訴我們：能量等於質量乘以光速的平方( $E=mc^2$ )。不過，能量一詞的意義卻十分廣泛，可以從很多方面下定義。工程師與科學家將能量描述為「必須傳遞到物體上才能

在戰場上，我們不能將能源視為理所當然。

(Source: USMC/Jesus Sepulveda Torres)

作功的量化屬性」。無法創造或摧毀能量。從微積分的角度來看，能量是功率對時間的積分，以焦耳(Joules)為單位。以通俗的日常用語來說，能量或能源(energy)就是使萬物正常運作所需的動力。

在家裡，能源充斥在日常生活中，我們自然而然地享受其所帶來的一切，卻常忽略其存在，覺得一切理所當然。加油站隨處可見，開、關燈也只是撥動開關、彈指之間就能做到的事。在這人手一機的時代，與世界聯繫的工具就掌握在你我



我們是否意識到設備與裝置須耗費多少能源？(Source: USMC/Preston Morris)

手中。坐在家裡、在車上，甚至在機場，我們隨時可以為裝置充電。

能源從發電廠透過電網，藉由配電系統輸送到房屋、電線、插頭和設備裝置上。能量可透過多種形式呈現，從液體轉化為機械能、電能和熱能。能源可以驅動車輛、為電腦供電，並為其他日常生活中數不盡事物提供動力。透過設計，能源用來推動生活周遭的萬事萬物。

在戰時，我們對能源的依賴則更為顯著，卻依舊提不出解決方法。有時候，光是在戰場上能否

為電池充電的小問題，便足以影響任務成敗。儘管已開發了許多新技術來提升作戰能力，但這也提高了各戰鬥層級對能源的需求。然而目前仍未系統性地改良，甚至量化能源的流動與分配。

戰場上的能源運用並未專門設計成「系統體系」(system of systems)，因此如果沒有額外接合器、連接器和其他附件，便無法確保最大的能源作業互通性。液態能(原油)從船舶流到岸上，並被轉換為電能，幾乎為所有設備和裝置提供動力。但在戰場上，能源並不是這麼唾手可得。能源



美陸戰隊新兵訓練站帕里斯島(Parris Island)近期啟用一座新式熱電聯產發電廠。(Source: Ameresco)

就像空氣，在用盡前都被視為理所當然，因此必須改變如此思維。能源是一種系統體系，應予以量化和規劃。

規劃能源是什麼意思？又該從何著手呢？所謂工程學是將知識、數學和科學應用在嚴謹的設計和系統架構中。如果將能源納入上述思考，透過應用在大型系統(例如火車)的所有

架構、嚴謹手段和運算能力，就可以設計出一套「能源系統」。

以飛機為例，飛機擁有精心設計，針對體積、重量和動力進行能源系統最佳化。以28伏特直流電(VDC)供電給飛機上的機載電子設備，如果任一新裝置無法在28伏特直流電下運作，便不能用在該機上。飛機有其系統限制，但我們對步兵單位

的思考卻截然不同。步兵擁有無數須在不同電壓下運作的裝備，與各式各樣特殊而笨重的電池。另外，美軍為陸戰隊提供愈來愈多裝備，卻也未曾為其進行全般系統性規劃。從單兵到班、排、連，美軍對能源的需求無上限，卻處在一個能源互不相容的戰場。

事實上，戰場充滿了耗能裝



備，因此難以量化實際所需的能源。電子設備極有可能在未經電子特性分析的前提下使用在戰場上，因此很難真正了解裝備在運作過程中對動力需求的動態行為。如果不先行量化所有設備和系統之能源需求，便無法加以設計。每一項裝備在開發過程中都需要進行澈底能源特性分析。

多數人都十分熟悉3號(AA)電池。但如今3號電池其實具有許多不同種類與相異的電子屬性。若在某些系統中使用了錯誤的3號電池，便可能對任務產生重大影響，造成運作時間減少95%。其他電池不論尺寸大小，都需要再充電與補給。這些電池的使用壽命，決定了再充電頻率和再補給週期，也取決於每個特定系統所需的電力與能源。

在某些狀況下，是由燃料供應戰場能源系統。比如再補給、電力和食物等，一切都可以追溯到燃料供給。戰場上的燃料供應和分配是敵人的主要目標；燃料運送車隊在伊拉克和阿富汗遭到應急爆炸裝置襲擊便證明了這一點。欲完全發揮部隊殺傷力，必先最大化燃料效益，必須充分利用每一滴汽油與每一焦耳的能量。

效率不佳的實例很多。如果我們僅需500瓦電力，就不該部署15千瓦的發電機；也不能僅為了提供輔助動力，就讓車輛怠速空轉。必須透過以數據為基礎的決策，在所有層級的戰鬥中有效利用能源，而這也必定會成為未來趨勢。

在系統開發、營運計畫和任務執行的過程中，「能源」這項要素將不再略而不談。從3號電池、15千瓦發電機，乃至於從海上傳輸的燃料能源等，吾人必須澈底量化能源需求和供給以了解多

重影響。

系統和技術通常各自獨立發展。開發人員專注於自身狹窄的「專業領域」，卻不了解新技術對整體戰場能源系統可能產生的影響。近期出現了一種可擴大戰場通訊範圍的新式改良型網路通訊套件，但該系統需有車輛提供動力才能運作，而車輛必須全天候怠速運轉，才夠供應這套無線電系統的耗電量。事實上，運用車輛為無線電或電池等外部系統供電，並不是最有效的能源使用方式，還會嚴重影響車輛的使用壽命。

除了解每項裝備的動力需求外，我們也要知道其使用率以完整定義整體運作週期內的動力需求。了解一項裝備的使用情形，在量化全面功率和能源方面至關重要。在開發系統的每一階段，都必須考量與使用者的配合與互動。

美軍正在進行改善能源工程，同時也在推廣一種以系統方式量化能源的新方法。美陸戰隊「遠征能源辦公室」(Expeditionary Energy Office, E2O)是負責分析、開發和指導陸戰隊運用能源能力的部門。該部門進行了兵棋推演、戰役分析及數據整合，並開發了模組工具，以宏觀面向定義戰場上的能源需求。這些分析已用在識別散裝燃料品質的差距，並找出消弭這些差距的方法。遠征能源辦公室刻正透過相似流程，協助識別小部隊層級需求和能力差距。其正與美陸戰隊系統指揮部(Marine Corps Systems Command)、美海軍研究實驗室(Naval Research Lab)與美海軍研究院(Naval Post Graduate School)合作，採用工程等級的分析工具詳細評估動力需求。這些工具和類似方法，可以幫助需求與籌獲部門執行權衡分



美陸戰隊遠征能源辦公室正以小部隊層級研究識別能源需求與差距的方法。(Source: USMC/Mackenzie Binion)

析，並以系統的角度來規劃能源所需。

美陸戰隊官兵需要接受訓練，透過相同於管理彈藥的方式來管理能源需求。對能源的重視程度，應不亞於對彈藥的重視。美陸戰隊正朝向更分散的作戰構想邁進，這些構想將需要新技術與更大量能源需求。提高能源意識和效力，對維

持未來的部隊至為關鍵。

拿破崙曾說，「三軍未發，糧草先行。」(An Army marches on its stomach)他的能源系統相當簡單，即為糧秣；如今，我們對能源的需求複雜得多。沒有能源，車輛無法發動、無線電失去反應，新技術也將無用武之地。要解決如此問題，必須開始將戰場能源設計成一套系統。此種

「戰場能源系統」之構想，便是能源工程的一切基礎。

#### 作者簡介

Eric South係美陸戰隊系統指揮部能源部主任。

Brian Kiviat係美陸戰隊遠征能源辦公室副主任。

Reprint from *Marine Corps Gazette* with permission.