



FOCUS

專題報導

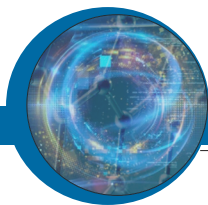
● 作者/Jamie Schwandt ● 譯者/章昌文 ● 審者/黃坤銘

石墨烯的 軍事應用展望

Great Graphene: Strong, Flexible
Material Shows Military Promise

取材/2022年3月美國陸軍月刊(Army, March/2022)

石墨烯獨特的分子屬性，對美陸軍未來在個人防護裝具、電池性能及水淨化作業等三大領域發展大有助益，並可提升多領域作戰整合能力，值得投注心力研究。



石墨烯是過去18年來最重大的技術突破，且將大幅影響美陸軍多領域作戰能力。

石墨烯的電子共價結構與石墨相仿，其內的碳原子平面僅有一個碳原子的厚度，每個平面層層往上堆疊。

美陸軍發現石墨烯有三個明顯效益：第一、石墨烯可大幅優化防彈背心；第二、石墨烯可顯著增強陸軍發電能力；第三、石墨烯濾水器可提供陸軍最重要的天然資源——水。

2004年，英國曼徹斯特大學(University of Manchester)的物理學家兼教授海姆(Andre Geim)與諾沃肖洛夫(Konstantin Novoselov)首次萃取出石墨烯，並因此獲頒2010年諾貝爾物理學獎。石墨烯是碳原子的同素異形體，而石墨是石墨烯片堆疊而成的一種天然物質，鉛筆的「鉛」和潤滑劑皆為石墨應用在現實生活中的實例。

石墨烯是一種二維材料，意即它有長與寬兩維度。石墨烯片由蜂巢狀的碳原子組成，在平面上以六邊形的型態不斷延伸。各層石墨烯與其內碳原子間以強共價鍵連接，碳原子的



在北卡羅來納州布拉格堡(Fort Bragg)營區內，美軍第82空降師耶斯彼諾薩(Kimberly Espinoza)上等兵正在調整第二代模組化可拆卸式背心(Modular Scalable Vest)。(Source: US Army/Jason Amadi)

正價質子和負價電子緊密結合，就像電線一樣把彼此繫在一起。

石墨烯可在家裡用鉛筆和膠帶自製。最初，海姆與諾沃肖洛夫就是從鉛筆中的鉛萃取出石墨烯。根據2010年10月英國國家廣播公司的一篇文章〈膠帶

戲法如何獲得諾貝爾獎〉(How Sticky Tape Trick Led to Nobel Prize)，海姆在文中表示：「你將(膠帶)黏在石墨或雲母後撕下，就會有脫落的石墨片黏在膠帶上。然後再將膠帶對折，黏到最上層薄片後再次撕開，重複此步驟10到20次，薄片就會愈來愈

愈薄」。

對美陸軍的影響

石墨烯是美陸軍技術創新的契機，影響可能遍及三個領域：

●**防彈背心**：石墨烯比鋼堅固也更為柔韌，且其可吸收能

量，為軍用防護裝備的最佳材料。

●**發電**：石墨烯可改善無線電或其他裝備中的電池效能，以滿足快速充電或替換的需求，亦可幫助發電。

●**水淨化(Water Purification)**：石墨烯遇水會產生劇烈

反應，可當作未來濾水系統中的重要原料。

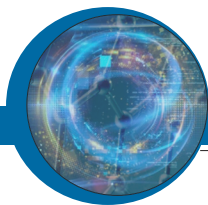
接下來逐一探討前述三個領域的應用：

防彈背心

防彈背心中的石墨烯提供極大的防護力，石墨烯可快速產



第173空降旅傘兵在斯洛維尼亞(Slovenia)實彈演習中使用無線電。(Source: US Army/Paolo Bovo)



生能量、導電且耐熱，並可承受較鋼高出10倍的衝擊力，又可阻擋無線電波。石墨烯的卓越優勢，可為美陸軍帶來國防技術上的關鍵創新突破、進而改變部隊的作戰方式。

由於石墨烯本身強度、彈性與可儲存能量等特性，適合當作防彈背心材料。美陸軍防彈背心通常是以多層克維拉(Kevlar)製成。石墨烯因具有更高的抗拉強度，可取代克維拉做為

防彈背心的原料。石墨烯耐拉扯且能夠承受撞擊，也具有高度彈力，因此在扭轉或拉扯後不會永久變形。

石墨烯防彈背心比美陸軍現行防彈背心更具作戰效益。它可儲存與均勻分散動能，再可控方式加以釋放，減低衝擊所造成的損傷。

發電

美陸軍應以全新方式進行裝

備快速充電和回充作業。因為石墨烯是超級電容，能在電場中儲存大量電能，為裝備進行充電。此外，石墨烯能夠快速放電，也意謂能在數分鐘內為電子裝備回充。

石墨烯易於導熱與導電，其導熱性更勝美陸軍現行熱交換器中的銅。而且，石墨烯重量輕，可取代銅成為交換器中的散熱材料。石墨烯彈性極佳且厚度極薄，可存放於狹小空間。



演習期間，美陸軍後備部隊淨水專家檢驗威斯康辛州麥柯伊堡(Fort McCoy)湖水含氯量。(Source: US Army Reserve/Blake Essex)

石墨烯能儲存能量，當作電池材料，對無線電、電子用品和其它美陸軍裝備進行充電。

水淨化

美陸軍在水淨化議題上遇到瓶頸。現有水淨化設備不甚可靠即為其中一環。石墨烯讓陸軍發展出更好濾水系統，成為一項可靠度佳的機動裝備。與目前系統相比，石墨烯濾水器過濾速度快、效率高、研發成本相對低廉、耗電量亦較低。

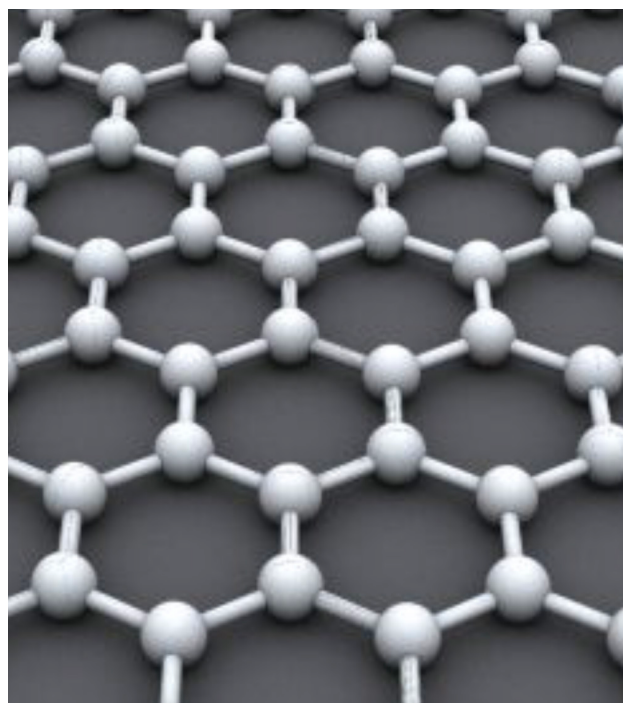
石墨烯也可當作水淨化系統的過濾器。它遇水會產生劇烈反應，意即其具備絕佳的去汙效能。石墨烯導電，內部碳原子以蜂巢狀排列，使大量電子能夠自由在蜂巢結構間穿梭。

石墨烯海綿已被當作吸水材料。它們有超強疏水性(Superhydrophobic)，這也意謂著它們是親水分子。因此，石墨烯海綿可應用在水淨化及其他實務方面。另外，石墨烯海綿在吸收液體時不會在電子裝置表面留下刮痕，因此非常適合用來清除裝置表面髒污。

戰場應用

石墨烯具有彈性，且其抗衝擊能力實屬前所未見，再加上質輕，若能善加利用，美陸軍官兵將有機會配戴更輕量防護裝備。

石墨烯與多領域作戰間的關聯可用一盒葡萄乾來詳加說明。葡萄乾裝在紙盒內，紙盒外再以玻璃紙密封。這就像多領域作戰，數個作戰領域緊密相關，所以資訊都不會外洩，這種特性極其關鍵。如果任何作戰領域洩漏資訊，其他領域就可能受到牽連。



石墨烯片是由蜂巢形式排列的碳原子組成。

(Source: Wikipedia)

美陸軍的目標是多領域整合。石墨烯具備提升不同領域間的通聯能力、提升水淨化品質進而更容易取得食用水，以及縮小裝具體積而使其易於運送等特性，這將有助於陸軍達成前述目標。如此一來，也能擴大作戰範圍、提升地面作戰部隊機動性與持久作戰能力，並以空間換取時間。

作者簡介

Jamie Schwandt少校係美陸軍後勤官，亦是假想敵部隊成員。他獲得陸軍部精實六標準差黑帶大師(Lean Six Sigma Master Black Belt)的認證及堪薩斯州州立大學(Kansas State University)成人教育博士學位。

Copyright by the Association of the U.S. Army, all rights reserved. Not to be reproduced without permission of AUSA.