



● 作者/Dennis-P. Merklingshaus ● 譯者/賀志豪 ● 審者/楊宗興

單兵裝具最新發展

Soldier Modernisation Special: Selected Garment Advances

取材/2014年10月德國軍事科技月刊(*Military Technology*, October/2014)

紡織品和服裝是組成士兵系統的重要元件。儘管國防政策和軍事準則不斷變化，服裝做為保護士兵的基本角色一直維持不變。本文介紹了軍事用途設計的智能服裝及智能織料的最新發展。

軍方須不時檢視戰鬥服裝材質是否能夠滿足當前作戰需求此一基本問題。(Source: US Army/Matthew Cooley)





隨著戰場環境亦趨複雜，軍方需要不時地檢視一些基本的問題：紡織品和服裝製造技術是否符合當前和未來的需求。目前是否擁有滿

足特定需求的纖維材料？是否擁有將纖維紡織成線性纖維狀合成物的技術？是否擁有將纖維和紗線織成平面或3D纖維狀合成物的技術？成衣製



全方位防護的概念源自顧客對於全方位、模組化的系統需求。NFM公司擁有多樣化的產品及服務。以「挪威人模組化北極網路戰士」(Norwegian Modular Arctic Network Soldier, NORMANS)系統為例，NFM公司提供顧客全方位的需求，產品從個人攜行裝具到頭盔系統，護身鎧甲到戰鬥服裝等。GARM戰鬥服裝是NFM公司全方位防護(FSP)的主要產品，它是一個具備多層織料的全套戰鬥服裝。在設計上，這個系列的服裝能夠與其他全方位防護的裝備相結合。

(Source: Mönch Archive)

奈米科技在鎧甲上的應用

透過整齊排列、高密度排列製程所生產的奈米複合材料，奈米科技將有望改善紡織纖維的強韌度和持久性。根據目前的預測，現今彈藥的「貫穿力」(penetrating power)已大幅提升，例如以碳化鎢作為核心的子彈及含有鎢的爆炸破片，而這些彈藥都可以輕易取得。預料未來的防護系統應該是整體複合式的材質，加上用以防護子彈、爆破、熱焰與其他威脅的奈米複合材料，而不只是單純的紡織品。針對防彈的部分，以碳化奈米管為基礎製作的複合材質將會提升10個防彈係數。這

些密度高達每平方英吋3.5磅的材料能夠滿足鎧甲的設計(考量當前的威脅)。將這個數字轉換成以有機材料(如強化碳奈米管聚合物)製成的盔甲厚度大約是1.7公分(0.67英吋)。若使用密度達每立方公分3公克的陶瓷材質，將可製成厚度相對較薄，僅0.85公分(0.33吋)厚的鎧甲。一個混合上述兩種材質，外層為陶瓷，內層為複合式聚合體的防護裝備厚度為1.7公分。這種高防護力、高硬度的材質將足使鎧甲板兼作安裝點。這些材質也可適用於頭部的防護。



空中巴士國防與航天公司(Airbus Defence and Space)已成功為瑞士研發出整合式模組化戰鬥系統(IMESS)，並且將視需要投入一系列的生產。儘管模組化架構提供了許多標準化的介面，裝備重量及產能間的平衡也已大幅進步，然而研發部門仍持續研究如何減輕士兵們的負荷。(Source: Airbus DS)

造技術是否能將纖維融合，形成生化(chemical-biological, CB)防護服？是否擁有加工及塗層材料，以及技術以提升生化防護服的效能？是否擁有檢測這些防護材質剩餘壽命的技術？

紡織品包括天然和合成等纖維材質；線性合成物如紗線和繩索；以及其他平面和3D組合而成的織物纖維。這些纖維狀合成物是軍品的重要結構，廣泛運用於包括服裝、護身鎧甲、手套、靴

子、吊索(shroud line)、面具，甚至帳篷。

軍用紡織品提供適用於戰場、環境、生理及物理等不同層面的防護。這些防護功能通常必須同時發揮作用，而且不能互相干擾。例如，一個用以防護化學戰劑的織料必須完全不能透氣，但是這相對地干擾了生理防護的需求，因為織料必須透氣以避免因體溫升高而產生的壓力。

3D列印服裝

美陸軍研究人員刻正致力於探索運用3D列印服裝及佩戴式感測器此一全新領域。陸軍已經部署了配備3D列印機和製造工具的機動實驗室，供遠在阿富汗境內偏遠基地的士兵們使用。陸軍研究人員也在研究如何利用3D列印生產士兵所需的糧食，並利用再生醫學和3D生物列印打造皮膚細胞，藉此幫助受傷士兵從戰爭的創傷中恢復。另一方面，研究人員還計劃用3D列印打造更具效能的武器。

將來士兵們可能穿著藉助3D列印所產製的服裝和鎧甲。美陸軍「內提克戰士研發工程中心」(Natick Soldier Research, Development and Engineering Center)內，研究人員正在嘗試使用新的紡織品與3D列印製作服裝。他們用平面的方案進行設計，但對於3D列印的可能性表示樂觀。

3D列印將可減少縫製服裝的接縫數量，讓穿著更舒適。

該技術也可以應用於為每位士兵量身訂做服裝或裝備。3D列印的進步將允許讓防彈材質與服裝製作整合，使其造價更便宜、更輕便，甚至大幅縮減其體積。



美陸軍未來可能穿戴3D列印所製成的服裝。(Source: US Army)

能量吸收材質

保護未來士兵免於子彈衝擊和「爆震波」(blast wave)之能量吸收材料系統是整個任務的關鍵。業界正在設計、合成與製造一種能夠提供革命性防護功能的材料，採用新型聚合物以及奈米複合材質和微型複合材質，在士兵面對爆震波和砲彈碎片時提供防護，還須保持輕量化與高柔軟度以免妨礙士兵行動。這種材料必須能夠與士兵戰鬥服裝上保護其他組件的部分整合，如感測器與生物防護能力。

此一領域的進展包括：能夠兼顧防彈和爆炸防護，奈米尺寸大小的新型微桁架材料(讀者比較熟悉的桁架結構像是典型的橋樑和建築物，如艾菲爾鐵塔就是由低密度的梁柱和連結機構組成)；以及運用聚氨酯類材料製成具有潛在超強韌性

且輕量的材料。(聚氨酯係兼具軟、硬特性，分聚在奈米域的多嵌段共聚物；這項材料的靈感源自於自然生物界的蜘蛛絲，就尺寸和重量而言，它表現出非凡的機械韌性)

其他的研究包括能夠行機械致動和高硬度的奈米材料。將機械致動器嵌入士兵的制服內可以使一具彈性、柔軟的物質轉換成堅硬、如鎧甲般的物質，進而吸收子彈和爆震波的衝擊力。柔軟且可機械致動的衣服也可以轉換成重行配置，用以穩定外傷(例如斷腿)的石膏。

特殊訂製的材料可以被當作止血帶，在傷口上施加壓力，甚至在需要時實施心肺復甦術。機械致動器也可能被當作如「外肌肉」(exomuscle)般的外部套件，以增強士兵的體力和敏捷性。

實例包括能精確控制含有具備電磁場反應及化學控制開關的磁性顆粒，以及奈米結構的導電聚合物。

應用於士兵醫療技術的生物材料和奈米裝置

奈米技術可以提升檢測和治療危及生命的傷害，例如出血、骨折或感染。用新的方法來為傷兵進行檢傷分類並具備自動急救的功能，目標是在傷患仍身處戰地時便開始恢復。業界目前正在開發新的方法來監測患者生理狀況以及用於傷

網織服裝的妙處

大家可能會發現一個顯而易見的問題，「為什麼服裝上布滿孔洞？」答案跟二件事情有關——吸濕排汗和絕熱保暖。

■吸濕排汗——如何排放「濕氣」？

當在工作或運動時，身體開始變得溫暖，身體熱能所產生的壓力將會接近皮膚而不是周圍的環境。如果這些熱空氣能夠被釋放，皮膚便能感到乾爽，如果沒有辦法被釋放，則會變成濕氣。

瞭解了上述的原則，就不難理解Aclima的第一個秘密——吸濕排汗。相較於非常密集的織料，高壓的熱空氣透過布滿孔洞的服裝比較容易被釋放出來。

試想茶壺運作的模式，在一個密閉的小房間內被加熱的茶壺正釋放出水蒸氣，在寒冷的日子裡，窗戶上因為空氣遇冷凝結而產生濕氣。如果此時打開窗戶，這些冷凝的濕氣因為窗外的氣壓較低便會由縫隙中釋放出來。

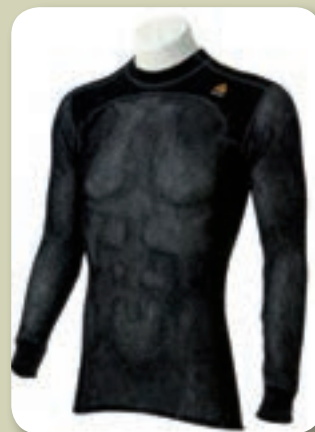
幾十年來，Aclima公司已經生產了眾多花俏、有光澤的纖維與布料，並且製作成適用於戶內外的運動服裝。目前為止，最受歡迎的服裝是由一種非常緊密編織而成的合成材料所製成。一般人都覺得，當衣服強調吸濕和排汗功能時，製衣的纖維和紗線是其中奧妙所在，這是一個很大的誤解。當你身處在真正寒冷或炎熱的環境中，會意識到服裝的織法和衣料同樣重要。

■絕熱功能

網織服裝的祕訣在於如何保留身體所產生的熱能，如同方才所述，熱空氣比冷空氣具有較高的壓力，所以要能夠在冷熱之間取得平衡。你想要保存這些熱能，並且在過熱的時候將它排放出去以取得平衡。網狀結構的第一層布料最為重要。如果熱空氣無法被釋放，所有網狀結構中的孔洞將會變成熱空氣的儲存倉。當工作或運動時，再外一層的布料應該是羊毛，因為羊毛可以捕捉透過孔洞放出的濕氣，尤其當我們需要保存的是熱空氣而不是濕氣。再者，相較於合成的布料，羊毛比較能夠保暖，因為羊毛可以吸收本身重量35%的濕氣。外部的溫度決定了服裝內層的數量，而最外面的一層最好是能夠透氣且能阻絕濕氣進入身體的外套。

挪威的Aclima公司所生產的服裝具備了上述的功能。該公司生產種類繁多的網織服裝，以提供針對不同目的所需之防護功能，如消防、高度火災風險作業環境、軍隊、運動和戶外生活等。不論酷暑或是嚴寒，服裝的內、外層必須相互搭配方能發揮功效。大部分的服裝都可以在Aclima產品型錄中找到。

(Source: Aclima)





口癒合的新材料。戰鬥服裝上面的感測器可以將士兵的位置和身體狀況等相關資訊傳遞到指揮部。新的奈米表層可以檢測生物和化學戰劑，然後保護士兵免於這些威脅的危害。生物與醫學監測可藉超音波檢測士兵出血受傷的位置，然後燒灼血管來止血。

士兵的制服也可以做為應用於醫療的外部機械裝置，如止血帶和固定斷裂骨頭的夾板。而新型奈米材料可以藉由電子開關瞬間改變它們的屬性，從而控制救命藥物的傳送和釋放。

此外，相關研究也在開發防止失血性休克的方法。這將提高士兵遭逢外傷大量出血時的生存力，可以預防失血過多致死這個主要戰場死因。

兼顧能量採集與減輕負荷

士兵的裝備需要電池方能操作，而電池需要充電或是更換。太陽能電池能夠讓電池自行充電，但仍無法滿足士兵對電力的需求。化學領域的新發展使得將來有可能以有機顏料塗覆於織物表面，讓新型的太陽能電池板可以被捲起來並且便於運送，這將有效使士兵的服裝和隨身裝備變成電池充電裝置。

研究顯示，一個全副武裝的士兵視其任務需要，須負載50至120磅之間的裝備。降低士兵裝備重量的工作刻正如火如荼地進行中——科學家和



軍服的用途是為了解士兵在不被限制活動的前提下保持暖和、涼爽、乾燥及不受傷害。(Source: Mönch Archive)

研究人員正嘗試著使用先進的紡織品作為其中一個解決方案。

輕巧與可穿戴式的電源供應是令人期待的產品，因為它將取代增加士兵負荷的部分電池。未來發展的關鍵在於開發完全由織物製成的電子電路。

舉例來說，利用太陽能行光電作用發電的太陽能毯已經上市販售。然而，這些太陽能毯所使用的薄膜技術，通常不是那麼有效率。美「海軍研究實驗室」(naval research laboratory)最近研發出的太陽能毯，則具備了高功率輸出、重量輕和靈巧等特性。這項被稱為倒置變質(inverted metamorphic, IMM)與三重接合(triple junction, 3J)的太陽能電池科技，讓吸收太陽能的薄膜材料能夠被縫製在柔軟的衣物上，也造就出具備更高輸出功率且輕量化的太陽能毯。



2014年7月10日，大韓民國的陸海空三棲(海豹)小組在陸戰隊柏羅(Bellows)訓練區，於特種部隊整合訓練中操演城鎮作戰安全警戒科目。注意士兵身上所穿著的服裝和裝備。沒有過度的負擔，但亦未臻完善。

(Source: USMC/Matthew J. Bragg)



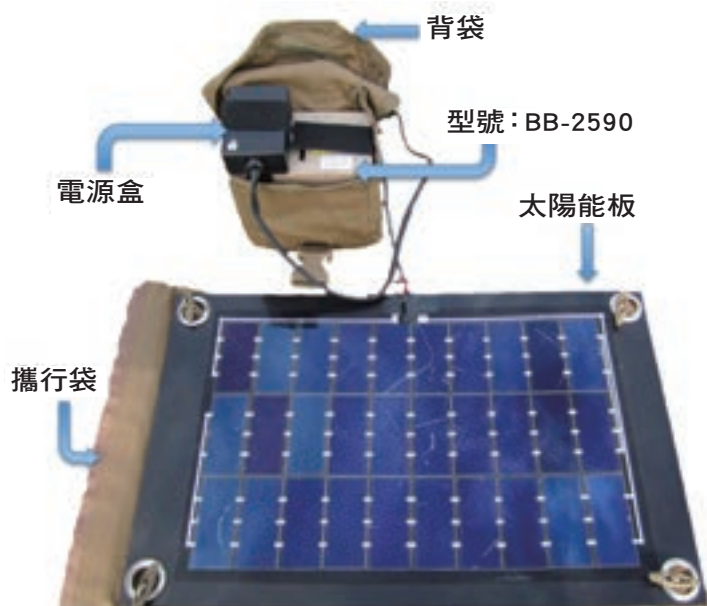
Twaron是Teijin Aramid公司所生產的高性能人造纖維，也是該公司在類芳香聚醯胺產品中的旗艦產品。其係一種耐熱且高韌性的合成纖維。芳香聚醯胺是一種強調耐熱性且高韌性的合成纖維。多半應用於太空及軍事裝備，製成防彈鎧甲及其他防彈的複合材料。

(Source: Mönch Archive)

需要與服裝系統整合而開發中的項目包括可彎曲天線、電源和數據網絡、軟式鍵盤和感測器等。現存的系統包含了以織物包覆及傳統式電線的組合，缺點包含了缺乏彈性和耐久性等問題。當前的電力與數據分布系統須藉由服裝上多處連接點和電線方能作用。業界與研究實驗室刻正努力減少電線和連結器的使用，甚或將它們縫製在織料內，同時也專注於開發數種可穿戴、可再生電力的技術，使士兵能夠在出任務時自產電力，而不需要單純仰賴電池供電。在實驗穿戴式再生電力方案中，採集動能是其中一個方案——將士兵肢體動作所產生的能量轉換成電力。

另一個方案則是運用光伏採集能量。高效率砷化鎵——最新且高效率的可彎曲光伏太陽能電池，被縫製在織料表層如頭盔套或野戰背包上。光伏和動能採集裝置可以擇一或者搭配使用。由這些裝置採集來的電力透過智慧型織料傳遞至中央電力和數據管理器，管理器存於一個厚度0.5吋大小，非常堅固的盒子內，並且放置於士兵所著戰術背心的背面。這項裝置的戰術測評將於不久的未來展開。每一個動能和光伏裝置將可以生產5到15

已經有數個國家半公開地承認進行士兵現代化計畫。基此，可以合理假設每一個國家在授命年輕人穿上軍服時，都希望為他們配賦現代化的科技裝備，使渠等能夠更有效地打擊敵人。2014年9月《德國軍事科技月刊》提供了展望士兵現代化，以及在預算緊縮和軍人角色多元化的年代，該計畫發展狀況之解決方案。



美海軍研究實驗室發展出可攜式電力背包，其運用太陽能板產生電力，並可以捲起來攜行。(Source: US Naval Research Laboratory)

瓦的電力。

將電力和數據管理與織料整合的顧慮之一是系統的耐久性。標準軍用電纜不但笨重、體積大，而且經常過度加工。這些外層包覆額外塑料護套、過度防護的線組，為了保護內部的電導線而非常堅固。

如果這些計畫實驗成功，將能夠把電力和數據由能量採集器傳送到一個中央電力中樞，並且在兼顧舒適和耐久性的狀況下，為士兵身上各種耗電設備提供電力。

未來的士兵服裝將會像是第二層皮膚

在可預測的未來，電子紡織品技術將會成熟到能夠完全與士兵的服裝整合。電力和數據網將會隨著身體而自行集成網絡，不再需要笨重的電纜和連接器。乾式電池、燃料電池、光伏、仿生能量

採集器、導電性纖維將與紡織品整合以提供發電、能量存儲和信號轉導。這些技術將被設計與士兵服裝整合，使士兵得以透過服裝自生或接收配送器發送之電力。該服裝能夠保護士兵，並且從車載能源供應處獲得電力。整個系統的感測器將利用網絡進行生理、傷害和化生放核威脅的監測。該網絡還將為環境與戰術威脅提供反應途徑，如反應訊號管理、化生放核防護、熱負載及傷害管理。

服裝內部以奈米與合金製成的纖維狀設備將設計為能夠接收聲音、光源、電磁與其他光電訊號。整合的奈米光纖系統將提供具備被動與主動反應之作戰識別系統、狙擊手監測、聲紋採集，並且隱匿士兵間的通信。當士兵的服裝被特定的裝置(雷射、射頻、電磁)掃描，服裝將會以預先輸入之特定的參數回應。士兵服裝將會運用生物識別的技術，以強化對於友軍的辨識。如果士兵身亡，系統會啟動自毀功能而防範遭敵軍利用。受生物學啟發，服裝中的人造脈管系統將主動提供生化防護、體溫控制及自主創傷護理等功能。抗微生物材質也將被加工至服裝的織料中，這將增強健康管理和衛生，減少皮膚過敏和黴菌滋生的發生機率以增進自我清潔。個人的鎧甲將是可彎曲且模組化的。它將為身體軀幹和四肢提供爆炸防護，諸如超壓、砲彈碎片、創傷性截肢和燒傷等……當然，這一切端視預算而定……。

版權聲明

Reprint from *Military Technology* with permission.