

機能性服裝市場：產品研發及創新

2025年6月

紡拓會 編譯

機能性服裝市場：產品研發及創新

目 錄	頁次
摘要.....	1
化學防護服	
澳洲聯邦科技工業研究所(CSIRO)研究人員研發出使用奈米纖維製成的化學防護服原型.....	1
戶外服裝與設備用布料	
MONTANE研發出高水準透氣性及防水性的戶外服裝用三層貼合布料.....	3
PERTEX開發一系列採用源自回收材料之聚醯胺(尼龍)6所製成的戶外服裝與設備用輕質布料.....	5
阻燃(FR)布料	
HAINSWORTH PROTECTIVE FABRICS開發含美麗諾羊毛、用於製造消防裝備的透氣阻燃布料.....	7
保溫材料	
戶外服裝品牌MAMMUT研發一款含消費前生產廢料的合成保溫材料.....	9
UNIFI開發用於戶外服裝與設備的合成保溫材料,其中含來自消費前及消費後紡織品廢料的回收材料.....	10
THERMORE研發出纖維來自回收的消費後廢塑膠瓶的超薄型保溫材料.....	12
運動服裝	
香港理工大學研究人員開發一系列採智慧型紡織品以促進濕度管理的運動服裝.....	13
彈力布料	
APEX MILLS研發出無需使用彈性纖維製成的新型彈力布料.....	15
工作服裝	
工裝品牌S-GARD、VAN HEURCK及VIKING推出採用GORE-TEX CROSSTECH PYRAD高機能性布料製成的產品.....	16

表目錄

表1：2024/25秋冬系列設計中使用Pertex布料的品牌.....	7
-------------------------------------	---

圖目錄

圖1：CSIRO開發的化學防護服原型.....	2
圖2：Petrichor三層貼合布料.....	4
圖3：男款Mammut Sender IN連帽夾克.....	9
圖4：壽大華博士介紹iActive運動服系列.....	15
圖5：S-Gard、Van Heurck及Viking推出的防護服及工作服款式.....	19

摘要

Thermore 開發一款超薄型保溫材料，其中所含之纖維來自於消費後回收的廢塑膠瓶；而 Mammut 開發一種含消費前生產廢料的合成保溫材料，Unifi 則研發出一項用於戶外服裝與裝備的合成保溫材料，其中包含來自消費前與消費後紡織廢料的回收材料。

Pertex 開發一系列用於戶外服裝與裝備的輕質布料，這些布料使用源自回收材料的創新聚醯胺（尼龍）6 紗線製成，而 Montane 研發一款應用於戶外服裝的三層貼合布料，可提供高水準的透氣性及防水性。Apex Mills 研發出無需使用彈性纖維的新型彈力布料，Hainsworth Protective Fabrics 則開發一項含美麗諾羊毛的透氣阻燃布料，可應用於製造消防裝備。

聯邦科技工業研究所（Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, CSIRO）研究人員研發出使用奈米纖維製成的化學防護服原型，而香港理工大學的研究人員則開發一系列名為 iActive 的運動服，該服裝採用智慧型紡織品以促進濕度管理。同時，S-Gard、Van Heurck 及 Viking 成為首批推出使用 Gore-Tex 研發的先進高機能性布料 Gore-Tex Crosstech Pyrad 所製成之產品的工作服品牌。

化學防護服

澳洲聯邦科技工業研究所（CSIRO）研究人員研發出使用奈米纖維製成的化學防護服原型

位於澳洲坎培拉阿克頓（Acton）的政府機構－聯邦科技工業研究所（CSIRO）研究人員開發一款使用奈米纖維製成的化學防護服原型。

該原型是專為軍事人員所設計，不過，其亦適用於緊急應變人員及危險物質（hazmat）應變人員¹。

該原型之開發是 CSIRO 與許多產業及研究合作夥伴合作的結果，包括位於澳洲維多利亞州 Kew 的國防材料技術中心（DMTC），該中心致力於支持澳洲國防工業的創新和技術發展。具體而言，DMTC 在協調原型生產方面扮演著關鍵角色。

¹危險物質（hazmat）應變人員是經過專門訓練，負責處理及緩解危險物品事故的專業緊急救援人員。

在開發原型的過程中，CSIRO 獲得 Bruck Textiles、國防科學技術集團(DSTG) 及位於澳洲的皇家墨爾本理工學院 (RMIT) 的大力支持。

Bruck Textiles 是總部位於美國維多利亞州 Beaconsfield 的產業用紡織品製造商，而 DSTG 則是一家總部位於澳洲阿德萊德愛丁堡的政府機構，負責開發保護澳洲國家利益的科技解決方案。

圖 1：CSIRO 開發的化學防護服原型



資料來源：聯邦科技工業研究所 (CSIRO)

該原型制服採用由 CSIRO 科學家開發的創新材料所製成，其中含奈米纖維技術。這種材料重量輕又透氣，同時還能過濾有害顆粒物質。

據 CSIRO 表示，該材料為原型制服提供一定程度的化學防護，這遠遠優於現有及歷史上化學防護服所提供的化學防護等級。

特別是，這種材料可防護生物製劑，並可抵抗化學物質的滲透。此外，其還具耐磨性及抗降解性。

由於採用這種材料，原型制服在空氣過濾、透氣性、化學防護及熱舒適性方面皆相當出色。

此外，根據 DMTC 的說法，與現有制服相比，原型制服提供更好的行動自由度，並且在惡劣條件下表現良好。

展望未來，CSIRO 及 DMTC 正尋求資金以進一步開發原型制，並希望與澳洲國防軍進行現場測試。兩家公司還希望進一步改善與擴大制服生產的製造過程。

戶外服裝與設備用布料

MONTANE 研發出具高水準透氣性及防水性的戶外服裝用三層貼合布料

位於英國 Ashington 的高機能性服裝與設備品牌 Montane 開發名為 Petrichor 的三層貼合布料，即使在極端天氣條件下也能提供高水準的透氣性與防水性。

該款布料將用於製造兩款登山夾克，即 Cetus Lite Jacket 及 Torren Jacket，Montane 已於 2024/25 秋冬系列推出該兩款夾克。

該兩款夾克主要設計給技術攀登活動時穿著，但也可於登山、遠足、滑雪旅行、徒步旅行及步行時穿著。

據說這些夾克很輕，可快速且不受限制地移動。此外，運動時摩擦所產生的聲音非常小，不像其他競爭對手的夾克，會產生惱人的沙沙聲。

用於製造夾克的三層貼合織物包括：經耐用防水（DWR）塗層處理的抗撕裂（ripstop）²布料；防水透氣膜；以及機能性襯裡。

值得注意的是，該布料不含全氟烷基及多氟烷基物質（PFAS），PFAS 是一種合成氟化化合物。

PFAS 經常使用於製造 DWR 處理劑，因為其具高水準的防水性。然而，由於這些物質具毒性且會在環境中持續存在，並會在人類和野生動物體內進行生物累積，因此日益受到環境問題的關注。

該布料之研發意義重大，因自歷史上來看，PFAS 在開發增強型防水透氣材料方面是極為寶貴的。在開發使用 PFAS 製成的布料之前，製造高機能性服裝與設備時必須犧牲透氣性，以達到防水效果。

儘管該布料不含 PFAS，但據稱具「超強透氣性」，而且「經得起時間的考驗」。

布料採用 100%再生材料製成的尼龍纖維製成。尼龍纖維本身具極優異的耐用性、耐化學性、彈性、保形性與強度。同時，其重量輕且易於保養。

² 抗撕裂（ripstop）布料是種耐用且抗撕裂的織物，具交叉織紋結構，並在織物中以固定的間隔編織粗強化線。這些紗線可發揮屏障作用，防止撕裂延伸至最近處的加固紗線。

用於製造布料的尼龍纖維尤其輕盈。這是因為其線性密度雖僅 21 丹尼³，但仍能保持其固有的耐用性。由於添加該纖維，布料變得堅固又具出色的耐磨性。

如前所述，除採用尼龍纖維之外，布料的外表面還經過 DWR 塗層處理。該塗層具疏水性⁴，因此，與布料外表面接觸的水分子會形成水珠，而水珠會流走。

圖 2：Petrichor 三層貼合布料



資料來源：Montane

黏合在布料內表面的是一層無孔親水膜⁵。

Montane 表示，這層薄膜的厚度比人類頭髮的直徑還要小，但卻能將大量水分（例如水蒸氣分子）自其內表面輸送至布料的外表面，讓水分蒸發。同時，薄膜具透氣性。

此外，該薄膜不僅有助於排汗和透氣，還具防風功能。

與薄膜內側表面黏合的是採用經編織物或薄經編織物製成的襯裡，對皮膚而言既舒適又溫和。

此外，襯裡還具保護薄膜免受汙染（例如皮膚分泌的體油）的功能。

³ 丹尼（denier）是線性密度的測量單位，是指 9,000 公尺纖維或紗線的重量（以克為單位）。

⁴ 疏水性（Hydrophobicity）是用來形容材料與水相互排斥的用語。

⁵ 親水性（Hydrophilicity）是用來描述材料傾向吸收水分的用語。

由於其令人印象深刻的組成層，三層貼合布料展現出以下特點：高水準的透氣性，此可透過測量其抗蒸發熱傳遞 (RET)⁶來判定；在透氣性方面，根據 Hohenstein 的說法，該布料的 RET 值為 5，表示其擁有「極好」的透氣性，而且「在高活動率下穿著舒適」。Hohenstein 是家總部位於德國 Bönningheim 的紡織品研究與測試公司，已建立透氣性及穿著舒適度的各種評級。

在防水性方面，該布料證明能承受超過 20,000 毫米的靜水壓⁷。

Montane 行銷總監 Matthew Hickman 在宣布開發這種布料的消息時表示：「這項新技術的靈感來自我們測試產品的戶外空間，以及我們對降低環境衝擊的承諾。」

「我們與外界生活息息相關，這甚至滲透到「Petrichor」這個名稱的選擇上，其指的是第一滴雨後自地面升起的令人回味的氣味。在產業變革的時代，需要一種不含 PFAS、透氣、輕量及防水的布料。而 Petrichor 技術正好滿足此一需求。」

PERTEX 開發一系列採用源自回收材料之聚醯胺 (尼龍) 6 所製成的戶外服裝與裝備用輕質布料

Pertex 是家位於英國 Padiham 的公司，其生產高機能性布料，並由日本企業集團 Mitsui & Co (三井物產) 所擁有，該公司開發一系列應用於戶外服裝與裝備的輕質布料，這些布料是採用一種名為 NetPlus 的創新聚醯胺(尼龍) 6 紗線製成的。

該系列包括三種布料，分別為：

- Equilibrium；
- Shield；以及
- Quantum。

⁶ 布料的抗蒸發熱傳遞 (RET) 通常以 m²/Pa/W 表示，可用作衡量織物透氣性的指標。RET 值越低，布料對濕氣的抵抗力就越小，因此透氣性就越高。RET 值可用於測量單一組合材料的透氣性或包含多種組合材料的整個服裝系統之透氣性。成衣系統的累積 RET 值是由每種單獨組合材料的 RET 值相加而決定的。

⁷ 靜水壓 (Hydrostatic pressure) 是施加在材料上的壓力，以等量水柱的高度表示。由於所施加的壓力完全取決於水柱的高度，因此可以使用此數字來量化材料的防水性。例如，可承受 1 公尺靜水壓的薄膜會阻擋水流通過，直到水壓超過此值為止。

Equilibrium 是一種具雙層織造結構的外殼織物，其外層織造緊密，內層織造鬆散。

內表面柔軟舒適且貼合皮膚，能將汗水形式的水分自皮膚輸送至外表面，讓濕氣蒸發。

因此，這款布料非常適合用來製造戶外服裝，例如：可承受高強度活動的夾克。

Shield 是一種三層貼合布料，由緊密編織的外層織物、疏水微孔薄膜及背襯所組成。

外層織物具防風性及出色的防水性，而薄膜則具高度的透氣性及濕度管理功能。尤其是，該薄膜可促進水分的傳輸，就像 Equilibrium 中使用的內表面織物一樣。

Shield 非常適合製造需持久防水性的戶外服裝與裝備。

Quantum 是一種具緊密編織結構的防絨布料。該布料專為製造羽絨夾克及戶外裝備（如睡袋）而設計。

特別的是，這種布料能阻隔空氣，有助於提高與其結合之羽絨的保溫效率及蓬鬆度。此外，該布料還經過耐用的防水（DWR）處理。

這三種布料的研發是 Pertex 與 Bureo 合作的結果，Bureo 是總部位於美國加州 Oxnard 的公司，成立於 2013 年，旨在找出解決海洋廢棄漁網汙染問題的解決方案。

在其努力下，Bureo 建立一套流程，在廢棄漁網進入海洋之前將其收集起來，並將其轉化為原生品質的聚合物。

具體而言，該公司能利用先進的回收製程（包括解聚）將漁網轉化為聚醯胺（尼龍）6。

聚合物被製成顆粒，然後經擠壓製成 NetPlus 尼龍紗線。

據 Bureo 表示，NetPlus 紗線的耐用性與品質標準可媲美傳統的聚醯胺（尼龍）6 紗線。而且，與傳統的尼龍 6 紗線相比，NetPlus 紗線擁有更卓越的環保特性，因為傳統的尼龍 6 紗線是使用來自石化產品的己內醯胺製成。

對 Pertex 來說，機能性是開發該三種布料系列的重要必要條件。特別是，該公司致力於實現能與公司產品組合中其他布料所提供的高機能性水準相媲美的功能水準。

據 Pertex 稱，該系列中的布料具優異的耐磨性、透氣性、耐用性及抗撕裂強度。

目前，許多領導性戶外服裝與裝備品牌已將該布料用於 2024/25 秋冬的系列設計中（見表 1）。

表 1：2024/25 秋冬系列設計中使用 Pertex 布料的品牌

公司名稱	說明	總部
Albion Cycling	自行車服裝與配件品牌	英國 Holmfirth
Burton Snowboards	滑雪服飾與配件品牌	美國佛蒙特州 Burlington
Jötnar	戶外冒險運動服裝品牌	英國威爾斯 Cardiff
Macpac	戶外服裝、配件及裝備品牌	紐西蘭基督城 Christchurch
Patagonia	戶外服裝、配件及裝備品牌	美國加州 Ventura

資料來源：Pertex

Pertex 品牌總監 Andy Laycock 在宣布開發這些布料時表示：「這些布料的設計目的在於直接取代使用原生材料製成的布料，而不僅僅是勉強用於次要的『可持續』膠囊系列。如此可大幅減少對化石燃料的依賴及溫室氣體排放，同時有助於增強漁業社區的能力並保護海洋生態系統。」

Bureo 共同創始人 David Stover 補充：「我們對戶外活動的熱愛以及保護自然空間免受有害廢物影響的日益增長的需求推動我們。Bureo 的工作致力於加速解決方案，打造更清潔的世界，並支持在供應鏈中替代原生塑膠。我們與 Pertex 的敬業團隊有著共同的願景，我們感謝他們的合作和行業領導地位，將更多負責任的非萃取性材料納入 Pertex 產品線。」

「我們的動力來自於對戶外活動的熱愛，以及與日俱增保護自然空間免受有害廢棄物影響的需求。Bureo 致力於加速打造更乾淨世界的解決方案，並支持在供應鏈中取代原生塑料。我們與 Pertex 敬業的團隊擁有共同的願景，我們非常感謝他們的合作與產業領導地位，將更多負責任的非萃取性材料融入 Pertex 產品線之中。」

阻燃 (FR) 布料

HAINSWORTH PROTECTIVE FABRICS 開發含美麗諾羊毛、用於製造消防裝備的透氣阻燃布料

Hainsworth Protective Fabrics 是家位於英國 Pudsey 的公司，專門研發用於防護服及工作服的耐熱與阻燃布料，該公司開發一種名為 Eco-Dry 的平織布料，用於生產野外消防裝備。

該布料係由間位芳香族聚醯胺纖維 (meta-aramid fibre)、美麗諾羊毛及一種稱為 Lenzing FR 的阻燃纖維素纖維製成，該纖維是由位於奧地利蘭精的主要纖維生產商 Lenzing (蘭精) 所提供。

重要的是，這種布料耐熱、阻燃，而且透氣。事實上，經測試顯示，其比專為相同用途設計且完全由間位芳香族聚醯胺纖維製成的布料更加透氣。

特別是，Eco-Dry 的抗蒸發熱傳遞 (RET) 已由經認可的獨立實驗室，針對 100% 間位芳香族聚醯胺纖維製成的原型織物進行測試。

通常，進行此類測試是為確定布料的濕氣傳導特性，從而確定其透氣性。RET 值越低，表示布料的透氣性較 RET 值越高的布料更好。

獨立實驗室進行的測試顯示，Eco-Dry 的透氣性比由 100% 間位芳香族聚醯胺纖維製成的原型布料高出 17%。

因此，使用 Eco-Dry 所製成的消防裝備，比使用 100% 間位芳香族聚醯胺纖維所製之消防裝備穿戴起來更舒適，也更不易造成中暑。

除接受獨立實驗室的測試外，Eco-Dry 還接受 James Heal 的測試，該公司總部位於英國 Halifax，專為紡織業設計及製造高精密度測試設備。

在測試期間，James Heal 使用一套名為 WickView 的系統來追蹤與記錄透過布料傳輸的液體量。

測試結果顯示，Eco-Dry 擁有絕佳的吸濕排汗特性。相比之下，測試過程中使用的對照組間位芳香族聚醯胺纖維布料卻不允許任何液體通過。

根據 Hainsworth Protective Fabrics 的說法，用於製造 Eco-Dry 的美麗諾羊毛是布料吸濕排汗特性的部分原因。

尤其是，美麗諾羊毛能吸收皮膚上的汗水等水分，並透過織物排出。

因此，用這種布料製成的消防裝備有助穿戴者維持舒適的體溫。

一般而言，具有效吸濕排汗特性的衣物比不具吸濕排汗特性的衣物散熱更快。此外，其還有助防止穿戴者過熱。

在宣布研發 Eco-Dry 時，Hainsworth Protective Fabrics 評論表示，由於野外火災越來越頻繁且嚴重，因此撲滅野火的挑戰越來越大。

此外，該公司表示，人們對能承受極端條件並確保穿著舒適的防護服需求越來越大。

保溫材料

戶外服裝品牌 MAMMUT 研發一款含消費前生產廢料的合成保溫材料

Mammut 是家位於瑞士 Seon 的戶外服裝與設備品牌，該公司開發一種名為 Loopinsulation 的合成保溫材料，其中含消費前生產廢料。

這項材質有纖維填充物及鋪棉/襯墊材料兩種，目前已應用於 Mammut Sender IN 連帽夾克，該款夾克是專為抵禦極度寒冷條件而設計的保暖夾克。

除含 Loopinsulation 外，這款夾克還採用機能性外殼布料，具防水及防風功能，並採用回收材料製成。

圖 3：男款 Mammut Sender IN 連帽夾克



資料來源：Mammut

最初，Loopinsulation 的研發始於 Mammut 在 2018 年對其碳足跡的分析，發現其產生的二氧化碳(CO₂)排放量中有 13% 來自其供應鏈上的繩索製造。

針對分析結果，Mammut 與位於奧地利 Wels 的繩索製造商 Teufelberger 建立合作關係，以找出減少繩索製造產生二氧化碳排放量的解決方案。

經過雙方的努力，Mammut 與 Teufelberger 達成協議，供應繩索生產廢料及邊角料，用於開發新的保溫材料，後來成為 Loopinsulation。

據 Mammut 表示，Loopinsulation 開發過程中的主要挑戰在於 Teufelberger 提供的繩索製造廢料在顏色、直徑與品質上差異很大。

為克服此一挑戰，Mammut 採用其所說的「強大物流系統」及「創新解決方案」。

在生產 Loopinsulation 時，繩索生產過程中的廢料及邊角料會以不含化學物質的方法進行機械回收。特別是，它們會被解開成單股繩索，然後進行刷理，最後再與回收塑膠瓶的材料結合。

重要的是，用於製造 Loopinsulation 的廢料及邊角料皆含聚酯纖維。在開發 Loopinsulation 的過程中，Mammut 發現，聚酯纖維是達到高隔熱效果的最佳材料。相較之下，在製造以聚醯胺為原料的登山繩索時，其所產生的廢料及邊角料無法有效達到高隔熱效果。

為迎接 2024/25 秋冬季系列，Mammut 已成功回收 12 噸的繩索生產廢料，並用於製造 Loopinsulation。

當宣布研發 Loopinsulation 時，Mammut 材料管理負責人 Helena Theba 表示：「透過 Mammut Loopinsulation，我們在材料再利用方面採用循環⁸與資源意識型的方法。這是邁向永續戶外服裝未來的關鍵一步。」

Theba 女士補充表示：「絕不能低估回收過程的複雜性。循環經濟需付出大量的努力與專業知識。」

UNIFI 開發用於戶外服裝與裝備的合成保溫材料，其中含來自消費前及消費後紡織品廢料的回收材料

位於美國北卡羅來納州格林斯 Greensboro 的主要纖維生產商 Unifi 已開發名為 ThermaLoop 的合成保溫材料，可應用於製造戶外服裝與裝備，包括睡袋。該材料有多種形式，包括纖維填充物及鋪棉/襯墊材料。

ThermaLoop 部分採用 Unifi 所研發之低熔點⁹聚酯纖維 Repreve 所製成。

在 ThermaLoop 的製造過程中，纖維與許多來自消費前及消費後紡織廢料的回收材料進行熱黏合。事實上，根據 Unifi 的說法，回收材料至少占 ThermaLoop 成分的 50%。

回收材料的紡織廢料是透過 Unifi 所謂的 Textile Takeback（紡織品回收）計畫獲得的，該計畫旨在協助解決紡織品與成衣業的廢料問題。

透過該計畫取得的廢棄物，會使用複雜且大規模的紡織品至紡織品回收製程進行細心準備與管理。

⁸ 本文「循環（circular）」一詞是指涉及再利用、維修、翻新、再製造及回收的做法。這些做法創造了一個閉環系統，可避免使用原生原料並減少廢棄物的產生。

⁹ 低熔點纖維是指熔點較低的纖維。通常，這種纖維的熔點在 90°C 至 200°C 之間。低熔點纖維的優點在於其可以輕鬆有效地與其他纖維黏合，而無需使用黏合劑。此外，低熔點纖維具極佳的黏合強度，因此非常適合用於需要韌性的應用。

據說該製程可維持並保護紡織廢料中聚合纖維的分子完整性，並能生產出原生品質的再生材料。

除用於製造 ThermaLoop 外，透過 Textile Takeback 計畫取得的回收材料亦用於製造下列產品：

- 聚酯短纖維；及
- 聚酯長絲。

用於製造 ThermaLoop 之回收材料的真實性符合全球回收標準（GRS）¹⁰。

此外，ThermaLoop 本身已獲 SCS Global Services（位於美國加州 Emeryville 的稽核、認證與測試服務供應商）頒發的回收成分認證，以及 Unifi 頒發之 U-Trust 認證。

回收成分認證可驗證製造產品時所使用的回收材料數量。特別是，其保證產品包含至少 5% 的材料是來自消費前或/和消費後的回收廢料。

U-Trust 認證是 Unifi 審核其生產產品並激發消費者對其產品環保聲明信心的工具。

ThermaLoop 符合 U-Trust 認證資格，因為其含 Repreve 纖維，並採用 FiberPrint 可追溯性技術。

只有同時含這兩種成分的商品才有資格獲得認證。

FiberPrint 可追溯性技術能沿著供應鏈追蹤產品，從而在每個生產階段驗證產品的來源、纖維含量及材料成分。

除 ThermaLoop 已獲得的認證外，這種保溫材料還擁有許多功能特性。

特別是透氣、快乾及輕量的特性。此外，其還可機洗，並經得起家庭洗滌。然而，重要的是，其具極佳的熱能效率。

根據 IDFL Laboratory and Institute（位於美國猶他州鹽湖城的領導性審核、認證及測試服務供應商）所進行的測試，該材料的隔熱水準可與一般隔熱材料相媲美。

¹⁰ 全球回收標準（The Global Recycled Standard, GRS）驗證了製造產品時所使用之回收材料的真實性。尤其是，其保證產品至少包含了 20% 的回收材料，而且其製造過程符合與環境和社會標準相關的嚴格標準。全球回收標準（GRS）係由紡織品交易所（Textile Exchange）制定，該交易所是總部位於美國德克薩斯州 Lamesa 的非營利組織，致力於提升紡織品及服裝供應鏈中的環保永續性。

特別是，其具與常規隔熱材料不相上下的形狀保持力、填充力（或稱蓬鬆度）及絕緣值（或稱 clo¹¹值）。

THERMORE 研發出纖維來自回收的消費後廢塑膠瓶的超薄型保溫材料

Thermore 是家位於義大利米蘭的公司，專門生產高機能性服裝應用的保溫材料，開發一種名為 Invisiloft 的超薄型保溫材料，用於製造運動服及外套。

此材質的設計可提供絕佳的保溫效果，同時重量輕、結構小巧，而且體積比傳統保溫材料（如鋪棉/襯墊）體積小得多。

該材料有四種重量可供選擇，其中最重的重量僅為 200 g/m²；其他重量為 170 g/m²、130 g/m² 及 100 g/m²。

由於該材料的設計小巧輕便，含該材料的外套存放容易且可塞進狹小空間。

值得注意的是，該材料使用的聚酯纖維是來自回收的消費後廢棄聚對苯二甲酸乙二醇酯（PET）塑膠瓶。

鑑於品牌在使用由回收塑膠廢料所衍生聚合物製成的聚酯纖維上面臨著越來越多的挑戰，這一點相當重要。

儘管許多品牌認為回收廢塑膠用於製造紡織品是一種環境管理行為，但也有些批評者認為這無助於實現循環經濟原則。

這項挑戰部分源於歐盟執委會（EU）於 2022 年 3 月發布的「歐盟永續與循環紡織品策略」¹²中提出的擔憂，該策略建議解決一系列問題，包括森林砍伐、纖維碎片化、漂綠、社會責任、紡織品廢棄物與供應鏈透明度。

根據該策略，在紡織品中使用再生塑膠聚合物的做法，只有在聚合物是來自纖維到纖維的紡織品回收（而不是來自分類的塑膠廢料）時才符合循環經濟。

然而，根據該策略，PET 塑膠包裝適合用於包裝材料的閉環回收系統。

¹¹ 「Clo」是源自 clothes（衣服）一詞的美國術語。一個 clo 單位等於在特定條件下，無限地維持休息者舒適所需的隔熱量。材料 clo 值越高，該材料提供的隔熱性就越好。在歐洲，使用與 clo 類似的值，稱為「tog」。1 tog 等於 0.645 clo。

¹² 「歐盟永續與循環紡織品策略（The EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles）」是項行動計畫，為歐洲紡織品與服裝產業 2030 年制定了至 2023 年雄心勃勃的願景。為實現此一目標，歐盟執委會旨在為 27 個歐盟成員國的紡織品與服裝產業建立一個欣欣向榮的循環生態系統。

同樣，PET 塑膠瓶亦適用於食品接觸材料的閉環回收系統。

歐盟執委會在即將推出的立法中特別關注此問題，該立法預計於 2030 年在歐洲推出。

除「歐盟永續與循環紡織品策略」之外，鑑於聚酯纖維在塑膠微粒污染中所扮演的角色，有關 PET 塑膠廢料衍生材料的環境永續性的說法面臨著許多挑戰¹³。

儘管如此，Thermore 所研發的保溫材料已獲得全球回收標準（GRS）認證，該標準保證材料的製造符合多項環境和社會原則。其中，舉例來說，參與製造 GRS 認證產品的設施必須具備強而有力的環境保護措施。

運動服裝

香港理工大學研究人員開發一系列採智慧型紡織品以促進濕度管理的運動服裝

香港九龍紅磡香港理工大學（Hong Kong Polytechnic University，即 PolyU）時裝及紡織學院的研究人員開發一系列名為 iActive 的運動服裝，該服裝採用智慧型紡織品以促進濕度管理。

同時，研究人員發現，除運動服之外，智慧型紡織品也適用於防護服及工作服之應用。

此外，智慧型紡織品尤其適合從事長時間、高強度體力勞動，以及戶外活動的人。

研究人員認為，採用智慧型紡織品的防護服及工作服，有助於大幅提升這類人在工作場所的表現。

據研究人員表示，該系列產品的開發靈感來自仿生學¹⁴設計原則。具體而言，其靈感來自自然界中的隔熱技術及定向液體運輸技術。

¹³ 塑膠微粒（Microplastics）是直徑小於 5 毫米的塑膠碎片，可分為初級塑膠或次級塑膠。初級塑膠微粒以小塑膠顆粒的形式直接排放，而次級塑膠微粒則由較大的「巨大」塑膠降解而排放的。根據總部位於瑞士 Gland 的國際自然保護聯盟（IUCN）於 2017 年 2 月發表的一篇題為「海洋中的原生塑膠微粒：全球來源評估」的論文，世界上最大的初級塑膠微粒來源是合成紡織品。

¹⁴ 仿生學（Biomimetics）的定義是對自然及其元素、過程及系統的研究，目的在於模仿與適應它們或從中獲得靈感，以創造解決日常問題方案。

在開發該系列的過程中，研究人員製造一種包含數個人工汗腺管道的布料。這些管道作為水分輸送系統，能將布料內表面的水蒸氣分子吸到所謂的排汗器中。該系統由電壓為 5-9 伏特的電池供電。

據報導，該系統的排濕速度是人體排汗速度的三倍。

不過，只要在手機應用程式輸入新指令，就能以無線方式個人化調整系統的排汗速度。

連接在排汗器上的電池很容易自布料上拆下。因此，使用該布料製成的運動服可輕鬆清洗。值得注意的是，iActive 系列的運動服裝可手洗或機洗，而不會對排濕系統造成損害。

即使在沒有電池供電的情況下，該系統仍能維持其功能，不過，這僅適用於濕氣量相對較少的情況。在出現大量濕氣的情況下，應重新為系統接上電池電源，以便有效地將濕氣自布料引導至排汗器。

採用該系統的運動服可讓穿著者即使在高強度活動下也能保持乾爽舒適。

此外，運動服也不會吸收濕氣而變得濕重，這有助於避免運動後皮膚濕潤狀態時可能產生的不適及濕冷。

由於液體比空氣更容易傳導熱量，因此濕潤身體的冷卻速度是乾燥身體的 25 倍。如果皮膚長時間處於濕潤狀態，體溫或會降低到足以導致體溫過低的程度，而這可能是致命的。

iActive 運動服系列的研發由「現代紡織技術(Advanced Textiles Technology)」期刊學者、理工大學時裝及紡織學院副教授壽大華領導。

壽博士的努力於 2024 年 4 月 19 日獲得肯定，渠於 2024 年 4 月 17 至 21 日於瑞士日內瓦舉行的第 49 屆日內瓦國際發明展上因 iActive 運動服系列而獲頒金獎。

該展覽每年皆會舉行頒獎典禮，頒獎給發明出以下發明的個人：

- 因應全球議題；
- 為全球範圍內的創新發展做出貢獻；或
- 為一國的經濟與技術發展做出貢獻。

圖 4：壽大華博士介紹 iActive 運動服系列



資料來源：香港理工大學（PolyU）

展望未來，理工大學的研究人員將致力為 iActive 運動服系列中濕氣傳輸系統尋找其他應用，包括防護服及工作服。

彈力布料

APEX MILLS 研發出無需使用彈性纖維製成的新型彈力布料

Apex Mills 是位於美國紐約 Inwood 的特殊機能性紡織品製造商，已開發一款名為 OutStretch 的新型彈力布料，其製造過程中不使用彈性纖維。

該種布料適用於各種應用，包括運動服、服裝配飾、運動休閒服裝、軍服及運動服裝。

一般而言，用於此類應用的彈力布料中使用最廣泛的纖維是彈性纖維，其中尤以彈性纖維（氨綸 spandex）最為廣泛使用。

事實上，彈性纖維約占全球彈性纖維市場的 67%。這是因為彈性纖維擁有令人印象深刻的功能特性，為改善紡織品及服裝的舒適度與合身性提供機會。

然而，因為彈性纖維對紡織廢料的有效回收造成障礙，故亦面臨一些批評。

例如，大多數回收廠無法處理使用含彈性纖維的複雜混紡纖維製成的紡織品。

為克服此一障礙，Apex Mills 在製造 OutStretch 布料時採用替代專有纖維的混合物，這些纖維既可回收，又能提供「非凡」的伸縮性及形狀復原性。

事實上，使用 OutStretch 布料製成的服裝能提供壓縮效果並達到合身的效果，有助於塑形。此外，這種布料舒適、耐用、輕巧、柔軟，並具吸濕排汗的特性。

此外，該布料還可加以改良，以具更多的功能特性。特別是，可對布料進行多種整理與處理，以使其具抗菌保護、防臭及防水功能。

Apex Mills 表示，該種布料在美國製造，符合多項美國法規及區域貿易協定，因此有利於美洲的服裝製造商。

舉例來說，該布料符合 2020 年 7 月生效的三邊貿易協定《美國-墨西哥-加拿大協定》(USMCA) 的條件，因此享有免稅待遇。

根據該協定的條款，在《美墨加協定》國家/地區用於服裝製造紡織品原料¹⁵的窄幅彈性布料、縫紉線及/或口袋布料，以及原產於該地區的窄幅彈性布料及/或口袋布料，均可享免稅待遇。

除符合 USMCA 的規定外，該布料也符合貝瑞修正案 (Berry Amendment) 的規定；貝瑞修正案禁止美國國防部 (DoD) 採購在美國境外生產的軍用紡織品及服裝。

貝瑞修正案特別規定，基於安全理由，軍用紡織品及服裝的採購必須限於美國製造，除非自美國來源採購的行為會延遲交貨予作戰部隊，或美國無法提供所需的材料。

Apex Mills 執行長兼總裁 Jonathan Kurz 在宣布研發新型彈力布料時表示：「我們全新的 OutStretch 系列不僅關係到美國製造的耐用性及舒適的彈性，還關乎品質。OutStretch 是種高機能性、永續性的布料.....輕鬆舒適，無論在高爾夫球場或辦公室皆能完美表現。」

工作服裝

工裝品牌 S-GARD、VAN HEURCK 及 VIKING 推出採用 GORE-TEX CROSSTECH PYRAD 高機能性布料製成的產品

¹⁵ 本報告中使用的「紡織品投入 (textile inputs)」一詞，是指用於製造紡織品及服裝的纖維、紗線與布料。

S-Gard、Van Heurck 及 Viking 已成為首批推出使用 Gore-Tex 開發之先進高機能性布料 Gore-Tex Crosstech Pyrad 所製產品的工作服品牌。

S-Gard 是位於德國 Heinsberg 的防護服及工作服生產商；Van Heurck 是位於比利時 Lier 的防護服及工作服生產商；而 Viking 是總部位於丹麥 Esbjerg 的公司，專為海事與近海產業生產防護服、防護設備、工作服及安全船隻。

同時，Gore-Tex 則是位於美國德拉瓦州 Newark 的材料科學公司 W L Gore & Associates (Gore) 旗下的要素/成分品牌¹⁶。

Gore-Tex Crosstech Pyrad 是一種防水的三層層壓布料。這種布料透氣、輕便、有彈性，能見度高，可抵禦化學品、火焰和病原體。據 Gore-Tex 稱，Gore-Tex Crosstech Pyrad 是同類布料中第一款提供這種性能組合的布料。

Gore-Tex Crosstech Pyrad 是一種三層防水貼合布料。這種布料透氣、輕巧、有彈性且能見度高，並可抵禦化學品、火焰及病原體。根據 Gore-Tex 的說法，Gore-Tex Crosstech Pyrad 是同類布料中第一款能提供如此多機能性組合的布料。

該布料是針對用於防護服及工作服之傳統布料的缺點而開發的。

儘管傳統布料可提供優異的功能特性以確保安全性，但也可能很笨重。此外，使用這種布料製成的服裝可能會讓人感到不舒服，而且會限制行動自由。

Gore-Tex Crosstech Pyrad 由機能性布料、防水微孔薄膜及阻燃襯裡組成。

該布料採用兩種紡織技術，即：

- Crosstech 技術；
- Pyrad 技術。

Crosstech 技術的使用可在布料表面形成一道屏障，防止電池酸液及汽油等化學物質，以及細菌與病毒等有害病原體的滲透。即使經常、長時間使用，這層屏障仍能維持其功能特性，並可承受約 50 次的洗滌循環。

Pyrad 技術使布料具阻燃性。特別是當布料暴露在火焰中時，使用此技術可產生自熄炭。

¹⁶ 在行銷上，要素/成分品牌 (ingredient branding) 指的是一種策略，公司藉此行銷並促進產品中既定成分或組件的使用。該策略的目的在於使產品的品質建立在消費者對於成分的印象上。如此一來，公司便可自與原料品牌的聯繫中獲益。要素/成分品牌的例子包括：萊卡公司 (The Lycra Company) 旗下的萊卡 (Lycra)；以及由 W L Gore & Associates 擁有的 Gore-Tex。

此外，在瑞士 Dübendorf 的 Empa（為一材料科學與技術開發跨學科研究機構）進行的測試發現，當布料暴露在火焰中時，沒有滴落或熔化的跡象。

人們認為，暴露在火焰中不會滴落而產生燒焦現象的布料能維持其結構完整性，進而提供更好的防熱及防火保護。

布料上黏合一層防水微孔薄膜，該膜係是由一層極薄的膨脹聚四氟乙烯（ePTFE）所製成。

該膜具複雜的三維（3D）孔隙與曲線通道網路，每平方英寸有多達 90 億個微孔（每平方釐米有 14 億個微孔），其直徑在 0.1 至 0.5 微米範圍內¹⁷。

薄膜的表面具極佳的防潮性，同時也具有良好的透氣性。尤其是，其能讓濕氣（包括水蒸氣分子）透過其網路結構，自其內表面輸送至布料外表面，使濕氣蒸發。

Gore-Tex Crosstech Pyrad 使用的阻燃襯裡可作為防止火焰的強化層，並有助提升布料中其他兩層襯裡的功能。

Gore-Tex 最初在 2023 年 A+A 展會上宣布開發 Gore-Tex Crosstech Pyrad，該展會是個致力於工作健康及安全的國際貿易展覽會，於 2023 年 10 月 24 至 27 日在德國杜塞道夫（Düsseldorf）舉行。

不過，當時已知悉使用該布料製造的產品只有在 2024 年才可透過製造品牌合作夥伴提供。

S-Gard、Van Heurck 及 Viking 推出的產品代表首批使用這種布料製成的防護服與工作服款式，這些產品是專門為技術救援應變人員設計的。

技術救援應變被視為是專門的作業領域，為技術救援應變人員設計的服裝必須具備多項技術要求，以確保穿著者安全。

同時，服裝必須讓救援人員能行動自由，以便在充滿挑戰性的救援環境中有效工作。

¹⁷ 微米（micron/micrometre）是百萬分之一公尺（ 10^{-6} 公尺）。

圖 5：S-Gard、Van Heurck 及 Viking 推出的防護服及工作服款式



資料來源：Gore-Tex

據 Gore-Tex 稱，S-Gard、Van Heurck 和 Viking 推出的防護服和工作服款式提供同等程度的舒適和保護。

根據 Gore-Tex 的說法，S-Gard、Van Heurck 及 Viking 推出的防護服及工作服款式，在舒適性與防護性皆提供同等水準。

這些款式能隨穿戴者移動，並表現出極佳的彈性，有助於實現最佳合身性，並降低鈎纏的風險。

此外，這些款式防水、防風、透氣且乾燥速度快。因此，就算濕透後亦不會對變得厚重或讓皮膚覺得寒冷。

展望未來，Gore-Tex 預計其他製造品牌合作夥伴將推出使用 Gore-Tex Crosstech Pyrad 製成的產品。

而這些品牌合作夥伴包括 MSA Safety，是家位於美國賓州 Cranberry Township 的先進安全產品、技術與解決方案領導廠商。