

吸濕排汗技術： 功能性和舒適性之創新發展

2022年6月

紡拓會 編譯

吸濕排汗技術：功能性和舒適性之創新發展

目 錄	頁次
摘要.....	1
簡介.....	1
吸濕排汗在織物和成衣中之作用.....	2
體溫調節.....	2
基底層.....	4
中間層.....	4
外表層.....	4
控制在成衣上積聚之汗水的重量.....	4
減少皮膚在受潮時起水泡和擦傷之發生率.....	5
最大限度地減少微生物之繁殖.....	5
織物中之水分傳輸.....	5
影響水分傳輸之因素.....	6
重量或厚度.....	6
纖維細度.....	6
纖維類型.....	6
特殊表面整理劑.....	7
透氣性.....	7
用於吸濕排汗之纖維.....	8
聚酯纖維.....	8
聚丙烯纖維.....	8
聚醯胺纖維.....	9
絲.....	9
美麗諾羊毛.....	10
棉.....	10
混紡纖維.....	10
吸濕排汗成衣之設計.....	11
人體繪圖技術.....	11
adidas：BodyMapping.....	11
adidas：FlowMapping.....	11
Hohenstein：舒適度繪圖技術（comfort mapping technology）.....	12
評估織物吸濕排汗之測試方法.....	12
AATCC 測試方法 195-2017：紡織織物液態吸濕排汗性能之測試方法.....	13
發汗熱人體模型測試.....	14
吸濕排汗織物在成衣中之應用.....	14
運動服.....	14

戶外健身運動成衣.....	14
防燃成衣.....	16
其他應用產品.....	16
吸濕排汗織物、纖維、表面整理劑、薄膜、縫線和加工處理劑之創新發展.....	16
American & Efird (A&E) : Anefil Nylon DR.....	16
Ahlstrom-Munksjö : VaporCool.....	17
Cocona : 37.5 Technology.....	18
Columbia Sportswear : Omni-Wick EVAP.....	19
Coolcore : Coolcore.....	19
Cotton Incorporated : TransDRY.....	20
Cotton Incorporated : Wicking Windows.....	21
Devan Chemicals : BI-OME QUICK DRY.....	22
Devan Chemicals : Moov&Cool.....	22
Devan Chemicals : Odour Breakdown.....	23
Devan Chemicals : Passerelle SQD+.....	24
drirelease : drirelease.....	24
HeiQ : HeiQ Adaptive AC-06.....	24
NanoTex : Dry Inside.....	25
Nike : Dri-FIT.....	26
Osmotex : Hydro_Bot.....	26
Polartec : Power Dry.....	27
Schoeller Textil : 3XDRY.....	27
Schoeller Textil : c_change.....	27
Teijin Frontier : 自適應織物 (adaptive fabric)	28
The Lycra Company : Coolmax.....	28
Under Armour : HeatGear.....	29
Unifi : Sorbtek.....	29
X-Bionic : 3D Bionic Sphere System.....	30
展望.....	30

表目錄

表1：RET值和穿著者舒適度.....	8
表2：2022年評估紡織品和成衣吸濕排汗性能之常用測試方法.....	12

摘要

吸濕排汗是將汗液形式之水分自皮膚輸送到成衣外表面並加以蒸發的過程。因此，吸濕排汗這項機能將是體能活動期間，提高穿著者舒適度之關鍵因素。

具有吸濕排汗特性的成衣通常被設計成內表面可吸收水分，以及外表面可透過蒸發而迅速擴散水分，因而讓皮膚保持乾爽。最初，此類成衣是專門為經常從事劇烈體能活動之個人設計的，例如極限運動員、消防員和軍人。然而，有鑑於服裝提供之舒適性，吸濕排汗成衣已被證實在技術含量較低的應用產品中也越來越受歡迎，例如運動休閒成衣、家居服和睡衣。

1986年杜邦（DuPont）推出了Coolmax吸濕織物（wicking fabric），為功能性成衣市場樹立了標杆。從那時起，吸濕排汗織物技術有了長足之進展，因此，近年來進入市場的吸濕排汗織物遠比Coolmax世代複雜許多。這種織物更有效地處理水分，並透過幫助穿戴者更快地達到生理舒適度而與身體更密切和協地搭配運作。近年來，許多研究工作都集中在提高吸濕排汗織物之機能上，市場上的許多織物還具有抗菌功效、異味控制和紫外線（ultraviolet, UV）防護等特性。吸濕排汗技術領域最令人振奮的發展之一是引入了提供涼感和可傳輸水分的織物。

未來，隨著織物和成衣製造商競相進一步提高其產品之舒適性，吸濕排汗技術的發展進程將持續加快。

簡介

吸濕排汗是優化體能活動期間之舒適度和功能性的關鍵因素。

因此，在健身運動服、戶外健身運動成衣、高功能性成衣、運動服和工作服之設計中發揮著重要作用。

吸濕排汗是將水分從皮膚上移除，並透過織物或成衣傳輸至其外表面的過程。

從這個外表面，水分可以蒸發，並使皮膚和織物皆保持乾燥。

在織物中，吸濕排汗涉及三個主要步驟：

- 可從皮膚上吸收汗液形式之水分；
- 水分自織物內表面到外表面之傳輸；以及
- 水分在寬闊的外表面上擴散，使其可透過蒸發而釋放到周圍之空氣中。

吸濕排汗技術以這種方式：

- 有助於減少皮膚上之水分積聚；以及
- 協助身體自身之自然冷卻系統，該系統可最大限度地降低過熱風險，並防止生理不舒適。

由於吸濕排汗與生理舒適度直接相關—此一因素對運動員而言已變得越來越重要—戶外健身運動成衣和運動服製造商聲稱他們的成衣具有吸濕排汗特性，並在營銷產品時將這

些聲明作為具有獨特賣點（unique selling points, USPs）的產品。透過這樣的操作，即可取得較高價格（premium prices）來銷售。

然而，吸濕排汗不再侷限於諸如運動服等小眾應用產品。事實上，它已成為日常穿著服裝之標準功能—包括運動休閒成衣（athleisure apparel）¹，甚至家居服。

¹ 運動休閒成衣（athleisure apparel）一詞用於描述將成衣設計為適合於體能活動中和日常生活中穿著之成衣。

此外，根據一些科學家的說法，由於氣候變化，尤其是溫度之升高，具有吸濕排汗特性的成衣將在主流消費市場越來越受歡迎。

由於人們對休閒和戶外活動之興趣與日俱增，以及對高功能性成衣的可負擔性（affordability）提升了，因此具有吸濕排汗機能性之成衣，也將越來越受歡迎。

吸濕排汗在織物和成衣中之作用

吸濕排汗提供如下關鍵功能：

- 體溫調節；
- 控制在成衣上積聚之汗液之重量
- 減少皮膚在受潮時起水泡和擦傷之發生率；以及
- 最大限度地減少微生物之繁殖

體溫調節

在運動和戶外活動中，成衣在體溫調節中起著關鍵作用—體溫調節被定義為將人體溫度保持在能夠最大限度地提高生理舒適度，以及機能性的水準之過程。

無論環境溫度和個體活動水準如何，人體的核心體溫（core body temperature）將保持在 37°C (98.6°F)² 左右。

² 核心體溫（core body temperature）一整天的變化約 1°C (1.8°F)。

當一個人從事體能活動時，由於肌肉收縮產生熱量，核心溫度會升高。同理，活動若越劇烈，核心溫度上升將更高更快。

身體試圖透過以下機制散發多餘的之熱量來維持其核心溫度：

- 傳導；
- 對流；
- 蒸發；以及
- 輻射。

人體散熱的方式受環境溫度、相對濕度和風速等環境因素之影響。

例如，在炎熱和潮濕的環境中，散熱之主要機制是蒸發或濕式熱傳導（wet heat transfer）。在較冷的環境中，其他三種機制—統稱為乾式熱傳導（dry heat transfer）—則更為重要。

當身體溫度上升到 37°C 以上時，血液循環增加，以試圖釋放多餘之熱量，而這會觸發汗腺將汗液分泌到皮膚表面。

發生此現象之後：

- 排出之汗液從正在工作的肌肉中吸收熱量；以及
- 肌肉吸收之熱量會導致汗液中的水分蒸發。

這些過程共同將身體冷卻，並重新調整身體之溫度。

在正常情況下，每天約有半公升的水分會因出汗而透過皮膚流失了。

但在運動過程中，僅一小時就可能流失多達 1-2.5 公升³。

³ 在炎熱而潮濕之環境中運動時，一小時內可能流失超過 2.5 公升的水分。

重要的是，如果汗液蒸發了，汗液只會在炎熱的環境中冷卻身體。

如果環境中之相對濕度較低，汗液會很快地蒸發。

但是如果相對濕度很高，蒸發冷卻就會受到阻礙，這可能會給身體帶來嚴重的壓力。

為了幫助身體在運動過程中保持舒適之溫度，成衣應具有將汗氣和汗液自皮膚上傳輸到成衣外表面並蒸發的能力。

吸濕排汗這項機能在炎熱環境和寒冷環境中皆很重要。在炎熱環境中，水分傳導過程有助於保持身體涼爽和乾燥。在寒冷環境中，同樣的過程有助於保持身體溫暖和乾燥。

在極端溫度、炎熱或寒冷之戶外運動中，有效的吸濕排汗尤為重要。

在炎熱環境中，運動時滯留於皮膚周圍之汗液會導致體溫升高。這可能會導致疲勞和脫水-更不用說機能性下降了。它還可能導致熱應激（heat stress），從而造成痙攣、昏厥、噁心，在極端情況下甚至會導致死亡。

在寒冷環境中，運動時滯留於皮膚周圍的汗液溫度會下降。這將導致不舒適和濕冷，並最終造成身體的冰寒。

潮濕之身體比乾燥的身體冷卻速度快 25 倍，因為液體比空氣更容易導熱。如果皮膚在寒冷環境中保持潮濕，可能會降到足以造成體溫過低-這可能是致命的。

在寒冷環境中進行戶外活動時，保持舒適之關鍵是採用分層的穿衣方法。

這包括穿兩層或多層成衣，並添加或移除成衣以適應不斷變化之體溫狀況。

一般而言，分層系統由三個元素組成：

- 基底層，緊貼著皮膚穿著，並直接從皮膚上吸收水分；
- 中間層，使身體保暖隔熱；以及
- 外表層，可防護穿著者免受惡劣天候影響。

然而，只有在所有三層中使用之織物皆可傳輸水分時，這種系統才能被認為是有效的。

基底層

基底層–緊貼著皮膚穿著之基層衣服–應該可從皮膚上吸收水分，並透過有效的傳輸機制將水分移除。

為了獲得最佳之吸濕效果，基底層應緊密貼合。大多數寬鬆的成衣不能有效地傳輸水分。

基底層還應可提供一定程度之保暖隔熱。然而，保暖隔熱的類型和水準將取決於環境溫度和預期之活動等級–無論是輕量級的還是劇烈的。

基底層織物使用於各種產品項目，包括緊身褲、短褲、短襪、上衣和內衣。

通常，基底層織物有三種重量可供選擇，適用於各種室外溫度或活動等級：

- 輕量級；
- 中等重量級；以及
- 加厚重量級（expedition weight）。

中間層

中間層–穿在基底層上面之成衣層–可將空氣拘留在身體近處，因此而有助於保持熱量。

這一層應該是：

- 輕量級的；以及
- 透氣的。

外表層

必要條件為它必須是：

- 透氣的；
- 堅韌的；
- 防水的；以及
- 防風的。

控制在成衣上積聚之汗水的重量

如之前所述，有效之吸濕排汗對於運動期間保持適當的體溫很重要。但是，它對於防止身體出汗時增加成衣之重量也很重要。

以纖維素纖維–例如傳統的棉或黏膠纖維–製造之成衣，在乾燥時皮膚會感覺舒適，但它們不適用於吸濕排汗，因為它們會吸收和保持水分，並且在潮濕時會變得沉重和不舒適。

例如，在劇烈運動期間，以纖維素纖維製成的 T 恤衫會變得濕透，因此而加重了穿著者之重量並影響活動績效。

同樣的，以羊毛纖維製成的成衣也會吸收大量水分，因此在服裝潮濕時將會變得沉重。

此外，以羊毛或傳統棉製成之織物乾燥得緩慢。而織物乾燥得越慢，它在長時間使用中所吸收的水分就越少。這意味著液體可能會殘留在皮膚上。

減少皮膚在受潮時起水泡和擦傷之發生率

吸濕排汗在減少起水泡和擦傷之發生率方面發揮了作用。當皮膚區域由於出汗或暴露於惡劣天候而變濕並反覆摩擦其他表面時，可能會造成這些問題。

最大限度地減少微生物之繁殖

細菌等微生物在溫暖潮濕的環境-類似於人類皮膚上和衣服上之環境-中茁壯成長。

這些微生物是造成織物難聞異味的原因。

因此，透過設計具有良好吸濕排汗和快乾性能之成衣，可以最大限度地減少這些生物的繁殖。

織物中之水分傳輸

水分透過芯吸（wicking）或毛細作用（capillary action）在織物中傳輸-這可以定義為液體在沒有重力等外力幫助和對抗之情況下，於狹窄空間中流動的能力。

芯吸之作用可以與蠟液被吸到蠟燭燈芯上的方式進行比較，同樣是透過毛細作用，而使蠟燭得以燃燒。

在人體中可以觀察毛細作用。尤其是，毛細血管-人體中最小之血管-促進血液和營養物質從內部動脈輸送到外圍的細胞組織。

在海綿或多孔紙中也可以觀察到毛細作用。在這些結構中，小孔的作用與毛細管中的細管之作用相同。

毛細管作用由毛細管的兩個基本特性決定：

- 其直徑；以及
- 其內表面之表面能（surface energy）⁴。

⁴ 表面能（surface energy）或表面潤濕能力（surface wetting capability）是指表面吸收水分之能力。

毛細管的直徑越小或其內表面之表面能越大，液體沿毛細管向上移動的傾向性就越大。

在紡織品結構中，產生結構的纖維之間的空間有效地形成了毛細管。

因此，在相鄰纖維之間具有狹窄空間的紡織品，比具有寬闊空間之紡織品更易於將水分自其根源吸走。

在以超細纖維製成的織物中，毛細管特別狹窄且數量眾多，致使超細纖維緊密地聚集在一起。

由於毛細作用，水分自織物中富含水分之區域轉移到水分較少的區域。然而，當織物之所有區域都同樣潮濕時，毛細作用就會停止，因為液體已無處可移去。

紡織品結構中的表面能很大程度上取決於暴露之纖維表面的化學結構。如果液體分子對纖維表面之吸引力大於彼此之間的吸引力，則纖維表面可吸收液體。或者，如果液體分子更強烈地相互吸引，則液體不會被吸收，而是在纖維表面形成水珠。

親水性（hydrophilic）纖維具有高表面能。因此，它們比疏水性（hydrophobic）纖維更容易吸收水分。

相較之下，疏水性纖維具有低表面能，並且它們排斥水分。

影響水分傳輸之因素

有幾個因素會影響織物中之水分傳輸。最重要的是：

- 織物之重量或厚度；
- 製成織物之纖維的細度和類型；
- 織物之結構類型；以及
- 特殊表面整理劑。

重量或厚度

織物重量對水分處理有重要影響。具有開放結構之輕量級織物，往往比具有封閉結構的較重織物具有更大之透氣性，而且更大的透氣性可促進水分之活動。

在吸濕排汗方面，織物厚度是另一個重要可變因素。織物越厚，它所保持的水分越多，其乾燥所需時間就越長。快乾性能對於需要定期穿著和清洗之成衣尤為重要。

纖維細度

基底層成衣通常使用超細纖維結構來製作。

超細纖維不似較粗的纖維所含有之較多水分，並且它們具有更大的表面積以加速水分蒸發。

纖維類型

人們普遍認為，使用快速吸濕並同時吸收少量水分之織物可以更利於調節體溫。

此外，它還可以改善肌肉功能性並延緩疲勞。

以天然纖維、纖維素纖維製成之織物，和以合成纖維製成的織物皆具有自皮膚吸除水分之能力。但並不代表均具快乾或透氣性佳之機能。

在作為基底層穿著的成衣中，以合成纖維製成之織物通常比以天然纖維製成的織物更具優勢，因為它們提供了吸濕排汗、柔軟性和保暖性之優良組合。

因合成纖維可同時具有親水（潤濕）表面或疏水（不潤濕）表面。這兩種類型皆在支援水分傳輸方面發揮了作用。

它們還具有吸收能力，通常由供應商和測試機構報告為按重量計算之回潮率（moisture regain）⁵來判斷。

⁵ 回潮率 (moisture regain) 被定義為表示紡織材料中所含水分重量佔乾燥材料重量之百分比。回潮率是在被測試織物的溫度和水分含量於測試實驗室中之氣壓穩定後測定的。

使用聚醯胺 (尼龍) 或聚酯等合成材料，可以製造重量輕、有效傳輸水分並且乾燥速度相對較快之高度技術性合成織物。

與這些合成材料相較，未改性的 (unmodified) 天然纖維—例如棉—適用於活動等級低之成衣，但不適用於活動等級高的成衣，因為它們會吸收更多水分並且乾燥較為緩慢。

特殊表面整理劑

可以使用特殊表面整理劑來提升織物正面和織物背面之間的表面機能差異，以增強織物之吸濕能力。

尤其是，讓天然纖維製成的織物可自皮膚吸除水分並快速乾燥之整理劑，已經開發問市了。

然而，許多織物製造商指出，最好是在織物結構中添加吸濕排汗功能，而不是加入可能遲早被洗滌掉的特殊表面整理劑。

透氣性

吸濕排汗與透氣性息息相關，透氣性被定義為織物、塗層或貼合允許濕氣透過其結構並蒸發之程度。

如果一件成衣不透氣，那麼身體的水蒸氣和多餘之熱量就無法逸出，而這會降低穿著者足以保持理想微型氣候 (microclimate) ⁶ 的可能性。

⁶ 微型氣候 (microclimate) 在本文中被定義為皮膚周圍區域之溫度和濕度。人體的微型氣候受制於溫度和濕度水準之波動，而這些對從事體能活動者如何來感知和表現具有強大的影響。

織物之透氣性可透過測量透濕率 (moisture vapour transmission rate, MVTR) ⁷ 來確定，換句話說，就是織物在給定時間內允許濕氣穿透到室外空氣中的速率。

⁷ 透濕率 (moisture vapour transmission rate, MVTR) 也稱為水蒸氣傳輸率 (water vapour transmission rate, WVTR)。

MVTR 被定義為在 24 小時內穿透過 1 平方公尺織物之以公克為單位的濕氣量。MVTR 越高，逸出之水分越多。

透氣性也可以透過測量織物的抗蒸發熱傳導 (resistance to evaporative heat transfer, RET) 來確定。

RET 值可用於測量單件織物或包含多層次之整個成衣系統的透氣性。

一個成衣系統之總 RET 值可透過簡單地將各個層次的 RET 值相加來計算。赤身之 RET 值為零。隨著成衣層次數的增加，每一層次和這些層次之間的空氣皆會提高 RET 值，並因此而降低了整體之透氣性。

總部位於德國 Bönningheim 的紡織品研究和測試公司 Hohenstein 將成衣之 RET 值與人體的生理舒適度相關聯，並建立了透氣性和穿著者舒適度之各種評級（表 1）。

RET ^a 值	透氣性	穿著者舒適度
60 或以下	非常透氣	非常好
大於 60 但小於或等於 130	非常透氣	好
大於 130 但小於或等於 200	透氣	滿意
大於 200 但小於或等於 300	稍透氣	不滿意
大於 300	不透氣	不滿意

^a RET= 抗蒸發熱傳導（resistance to evaporative heat transfer，RET）。

資料來源：Hohenstein。

用於吸濕排汗之纖維

聚酯纖維（polyester fibre）

聚酯纖維比其他纖維更適合使用於健身運動服之基底層，因為它水分吸收作用低、具易護理特性且成本低。

聚酯基本上是疏水的並且不吸收水分。然而，用於基底層成衣之大多數聚酯都經過了化學處理和改性，以增強其吸濕排汗性能。這可以透過以下方式完成：

- 用親水性表面整理劑塗覆聚酯；或者
- 改變其表面化學性質以提高其潤濕能力。

改變聚酯的表面化學性質涉及將自由羥基（free hydroxyl groups）引入每根纖維表面之分子中。因此，水分子分解了，而個別分子可被吸收了。

當以這種方式處理的聚酯纖維製成織物時，所得織物乾燥得極快，因為每根纖維之親水性外表面促使水分透過織物轉移。同時，疏水性內芯也防止了水分被吸收到纖維中。

化學或分子改性的主要缺點是對織物製造商而言成本較高。但是，其優點是對織物之影響是"持久性的（permanent）"。要歸類為持久性的織物，該織物必須可承受至少 50 次洗滌。

聚丙烯纖維（polypropylene）

聚丙烯纖維具有極佳之吸濕排汗性能。它也具有非常低的吸濕性（moisture absorbency）。

此外，聚丙烯還具有比重僅 0.91 之優勢，低於大多數其他纖維的比重。相較之下，例如聚酯的比重為 1.14。這意味著一定重量之聚丙烯纖維比相同重量之其他纖維具有更大的體積。

因此，使用含有聚丙烯纖維之織物製成的成衣，比使用其他纖維製成之相同成衣的重量更輕。

這使得聚丙烯纖維特別適合應用於製造參賽者之戶外活動和冬季運動的機能性成衣。

聚丙烯在合成纖維中也還是具有導熱性（thermal conductivity）最低水準，這意味著聚丙烯纖維即使在潮濕時，也具有良好的保暖隔熱性能。

然而，聚丙烯在低溫下會軟化和收縮，使其不適合在家用滾筒烘乾機中烘乾。

此外，它是親油的，比聚酯更容易吸附油脂。因此，它具有很大吸引和保留油性分泌物—例如皮脂—之傾向，而這會導致異味的產生。

聚醯胺纖維（polyamide）

聚醯胺纖維之回潮率（見第 7 頁附註 5）比聚酯纖維高得多。因此，以聚醯胺製成的織物比以聚酯製成之同等織物乾燥得更慢。

然而，以聚醯胺纖維製成的織物常使用於外套，因為它們結合了芯吸性能和耐用性。

此外，聚醯胺纖維具良好之染色性，這意味著它可易於被賦予鮮豔的色彩。

聚醯胺纖維是最常使用於製造外套用之緊密機織織物的纖維類型。

這種織物具有低透氣性，因此可以拘留熱量並提供保暖隔熱。

然而，聚醯胺使用在針織織物時，比緊密梭織織物具更好的吸濕排汗性能。

聚醯胺織物之主要缺點是以它們製成的成衣容易散發異味。

因此，以聚醯胺織物製成之成衣通常在使用一次後即需要洗滌。

此外，聚醯胺比聚酯成本貴得多，因此常使用於高檔運動服和戶外健身運動成衣的應用產品，例如騎行服、登山徒步成衣、泳裝、冬季運動成衣和快艇運動成衣。

絲（silk）

絲是與皮膚直接接觸層的極佳纖維。

這主要是因為它柔軟—這源於絲纖維很纖細—而且具良好的吸濕性。

此外，它還具有中空結構，為其提供了良好之保暖隔熱性能。

然而：

· 絲乾燥得很慢；

· 絲之耐磨性差；以及

· 清潔以絲製成之成衣時需要謹慎護理。

美麗諾羊毛 (merino wool)

美麗諾羊毛是一種受歡迎的基底層成衣用材料。它具有高吸收性 (absorbent)，因為它含有角蛋白 (keratin) –富含氨基酸–而很容易與水分子結合。

事實上，美麗諾羊毛可以吸收約 30% 自身重量之水分，這意味著它有助於讓皮膚不會感到潮濕。

然而，與其他吸濕排汗纖維相較，它需要更長的時間來乾燥，而且價格要貴得多。

棉 (cotton)

棉質成衣兼具柔軟性和舒適性。然而，它們只有在乾燥或出汗量很少時才能提供舒適感。

不建議將棉纖維使用於劇烈運動時穿著之基底層成衣，因為棉容易吸收和保留水分。

此外，當潮濕時，棉質成衣容易黏著，因此而限制了活動並引起不適。

因此，棉纖維不適合在水分含量高–汗水或雨水–和環境溫度低的條件下使用。

然而，對降低棉花之吸水性 (absorbency) 同時又可保持其芯吸性能已進行了研究，並且已被證明是極具成效的。

作為研究之成果，已開發出一種涉及含氟化合物 (fluorochemicals) 處理棉紗，以增強其疏水性的製程。

然後將該紗線與未經處理之普通棉紗結合成編褶結構 (plaited constructions)。

這會降低吸水性，並產生小型"芯吸窗口 (wicking windows)"，以允許水分傳輸到織物的外表面。

混紡纖維 (blends)

混紡讓製造商可在紗線中結合兩種或多種纖維之最佳性能。

例如，透過使用以下混紡纖維製造出可在單一層次中提供芯吸和保暖隔熱性能之雙組分針織織物：

- 聚酯和羊毛；或者
- 聚丙烯和羊毛。

也可使用內側–緊貼著皮膚穿著的一側–以非吸收性 (non-absorbent) 疏水材料和外側以吸收性親水材料所組成的雙組分材料來製造織物。

這種材料被稱為"推拉型 (push-pull)"織物，因為內側之疏水材料將水分從皮膚推 (push) 到織物表面，而外側的親水材料則將水分從皮膚拉 (pull) 到織物表面而讓它得以蒸發。通常，疏水材料以聚酯纖維製成，而親水材料則以聚醯胺纖維製成。

吸濕排汗成衣之設計

成衣之設計對其水分處理性能有很大的影響。重要的是，例如，吸濕排汗成衣要緊密貼合，這樣它才能吸收皮膚上之汗液。

理想情況下，它還應具有以下特點：

·通風襟片（ventilation flaps）；以及

·網狀嵌條（mesh panels）。

通風襟片設置在成衣之熱量和水分容易快速積聚的區域，例如手臂下方和胸部中間。當襟片打開時，熱量和水分可更輕易地逸出。

網狀嵌條是含有寬大開口之條狀材料，熱量和水分可自這些開口穿透出去。與通風襟片一樣，網狀嵌條設置在成衣的"熱區（heat zones）"中，以便在劇烈運動或環境溫度較高時有助於冷卻皮膚。

例如，在運動胸罩中，網狀嵌條沿著胸骨（sternum）設置。

在網球衫中，它們被設置於肩膀之間的後背上半部分。

人體繪圖技術（body mapping technology）

人體繪圖用於分析身體特定部位的熱量和水分之產生。

因此，它是吸濕排汗成衣設計中使用的關鍵工具之一。

利用人體繪圖中獲得的知識，設計師可以確定某些織物和設計特徵，應放置在成衣中之哪個部位，以最大限度地提高生理舒適度。

adidas：BodyMapping

BodyMapping 是由位於德國 Herzogenaurach 之運動服知名品牌 adidas 所開發的技術，用於設計和開發溫度調節運動服。

該技術之開發是為了優化成衣設計和布料選擇，以最大限度地提高運動員的熱舒適度。

該技術將識別男性和女性身體上之"熱和出汗區域（heat and sweat zones）"。

這些區域的識別有助於指示每個部位所需之不同機能。這相對的又讓設計師能夠確定各種織物應放置之部位。

adidas：FlowMapping

adidas 開發之另一項技術是 FlowMapping。使用了來自 FlowMapping 的數據，設計師能夠將芯吸織物定位在關鍵熱區域。

芯吸織物促進空氣之流動，並使熱量和水分逸出，因此而降低了身體的溫度。

Hohenstein：舒適度繪圖技術（comfort mapping technology）

紡織品研究和測試機構 Hohenstein 的一組研究人員透過在名為"標記舒適區域之人體繪圖（body mapping with comfort zones）"或"舒適度繪圖（comfort mapping）"的流程中考慮到其他方面之舒適性—例如柔軟度和柔韌性（suppleness）—而將人體繪圖技術更進一步提升了。

使用這個製程，研究人員確定了身體不同部位所需之織物特性，並指出這些需求因以下因素而異：

- 被設計之成衣所應用的活動或運動；以及
- 天氣狀況。

經研究人員調查之後，Hohenstein 得出結論：「其最大優勢是可根據需要，而使用了能夠對纖維表面進行改性的創新織物結構」。

該機構與紡織產業之幾家公司共同合作，開發並設計了一款短袖運動上衣的原型。

其上身使用包含了 16 個部位之人體模型進行測試，每個部位代表人體的一個區域，例如胸部、背部和上臂。

每個部位皆附有電腦控制之供暖系統（heating system），並可用於調節發熱量。

在人體模型靜止時進行測試，並在人體模型運動時做進一步的測試。此外，還使用了風力機來模擬空氣之流動。

該測試結果也得到了由志願者著裝進行測試的支持。

評估織物吸濕排汗之測試方法

有許多評估吸濕排汗織物之諸多測試方法已有規範。

這些方面包括：

- 吸收作用吸水性（absorption）；
- 透氣性；
- 乾燥時間；
- 耐蒸發性；以及
- 水蒸氣傳輸率。

測試方法	測試名稱
AATCC 195-2017	紡織織物液態吸濕排汗性能之測試方法（Test Method for Liquid Moisture Management Properties of Textile Fabrics）
AATCC 79-2018	紡織品吸水性之測試方法（Test Method for Absorbency of Textiles）

AATCC 201-2014	織物乾燥速率之測試方法：加熱板（Test Method for Drying Rate of Fabrics: Heated Plate）
ASTM D737-2018	紡織織物透氣性之標準測試方法（Standard Test Method for Air Permeability of Textile Fabrics）
ASTM F2370-2016	使用發汗人體模型測量成衣耐蒸發性之測試方法（Test Method for Measuring the Evaporative Resistance of Clothing Using a Sweating Manikin）
ASTM E96/E96M-2021	以重量法測定材料水蒸汽透過率之標準測試方法（Standard Test Methods for Gravimetric Determination of Water Vapor Transmission Rate of Materials）
ISO 9237:1995	紡織品—織物透氣性之測定（Textiles—Determination of the permeability of fabrics to air）
ISO 11092:2014	紡織品—生理效應—穩態條件下耐熱性和耐水蒸汽性之測量（發汗防護加熱板測試）（Textiles—Physiological effects—Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions<sweating guarded-hotplate test>）

資料來源：作者的研究。

AATCC 測試方法 195-2017：紡織織物液態吸濕排汗性能之測試方法

美國紡織化學家和染色家協會（American Association of Textile Chemists and Colorists，AATCC）測試方法 195-2017：紡織織物液態吸濕排汗性能之測試方法（Test Method for Liquid Moisture Management Properties of Textile Fabrics）是一種相對簡單的測試，用於評估針織、機織或不織布織物之水分處理性能。

在該測試中，織物樣品被夾在兩個水平的電子感應器之間。

將有助於測量導電性的液體溶液滴在織物上表面之中心，並使其擴散到整個織物的結構中。

該溶液可沿如下三個方向自由移動：

- 沿著織物上表面向外移動；
- 向下穿過織物，從上表面移動到下表面；以及
- 沿著織物下表面向外移動。

在測試過程中，該兩個感應器測量織物之電阻，其數據用於計算溶液在多個方向移動時織物水分含量的變化。

該方法背後潛藏之原理如下。當放置在閉合電路中時，紡織品的電阻通常非常大。因此，無法檢測到電流。但是，當織物潮濕或含有一定量之水分時，電阻會降低，並且可以檢測到電壓的變化，可使用並測量紡織品外表面和內表面之水分含量的變化。

此外，當水分在織物中傳輸時，織物之電阻也會發生變化，這種變化可以測量水分的傳輸。

發汗熱人體模型測試

發汗熱人體模型測試通常用於評估蒸氣傳輸率，以及量化穿透過成衣或成衣組件所傳輸之汗水量。

使用穿著成衣的模擬人體出汗特徵之人體模型來進行測試。該人體模型被安放在一個溫控室中，並且它的"汗腺（sweat glands）"透過泵浦而充滿了熱水。

透過讓人體模型模擬出類似於人類在運動時所做出之動作來活動。

然後測量從汗腺滲出並傳送到成衣中的水量，以確定成衣之耐蒸發性。

吸濕排汗織物在成衣中之應用

吸濕排汗織物在成衣中之應用產品包括：

- 運動服；
- 戶外健身運動成衣；
- 防燃成衣；
- 運動休閒成衣（見第 2 頁附註 1）；
- 家居服；以及
- 睡衣。

運動服

吸濕排汗是運動服設計中極其重要之考量因素。

值得注意的是，能自身體上吸走水分並快速乾燥之薄基底層織物，在運動服市場中佔有相當大比例。

然而，近年來，透過添加局部表面整理劑或使用具有特殊機能的紗線，吸濕排汗已與其他性能相結合了。

例如，許多紗線都具有抗菌性能，以有助於控制微生物積聚增長並減少異味。

戶外健身運動成衣

戶外健身運動成衣之主要考量因素是適合在極端天氣下使用。

為了讓穿著者在這樣的天氣裡保持舒適，織物應該保暖、防風和防水。

然而，良好之吸濕排汗是必不可少的，以避免過重、過冷以及濕冷或過熱。

為了使成衣防水，可以在製造其織物之外表面上塗覆一層疏水性化學物質或蠟狀物。

當水滴落在以這種方式處理過的織物上時，它們會形成水珠並滾落。

然而，這種塗層並不總是耐用的，並且它們可能會因反覆洗滌與穿著而磨損了。

此外，它們往往會具有較差之吸濕排汗性能，而這會導致濕冷。

為了解決濕冷的問題，已經開發出防水和透氣之多微孔薄膜（microporous membranes）。

這種薄膜被貼合到織物上，以允許水蒸氣從成衣內部逸出，同時防止水滴從外部進入。

多微孔薄膜含有直徑約為 5 微米（microns）⁸ 的微小孔洞或孔隙，水滴之直徑通常為 500-5,000 微米，而"毛毛雨（drizzle）"水滴的直徑為 200 微米。因此，它們太大而無法穿透過其孔隙，所以多微孔薄膜被認為是防水的。

⁸ 一微米是一米的百萬分之一（10⁻⁶）。

另一方面，汗水產生之水蒸氣分子要小得多—通常小於 0.0003 微米—因此它們能夠輕易地穿透過這些孔洞。

此外，貼合了薄膜的織物是以可吸除水分之纖維製成的，例如聚酯。

貼合織物採用以下形式：

- 兩層結構；或者
- 三層結構。

在兩層結構中，聚醯胺殼層被使用於外表層，薄膜則被使用於內表層。

使用具有兩層結構之貼合織物製成的成衣產品通常非常柔韌。

例如，在製造夾克時，這種織物通常與可隨意懸掛（free-hanging）的芯吸襯裡結合使用。

該襯裡之設計是為了提供額外的吸濕排汗特性能。尤其是，它提供了一些溫暖並最大限度地減少了任何濕冷之感覺。

三層結構可能包括：

- 聚醯胺殼層；
- 薄膜；以及
- 固定之芯吸材料內表層。

所有層次都固定在一起。

使用具有三層結構之貼合織物製成的夾克，往往比使用具有兩層結構之織物製成的夾克更堅硬。

然而，其縫製之襯裡比兩層結構更能防護薄膜，因此使用三層結構的貼合織物製成之夾克通常更耐用。

此外，該夾克的透氣性可結合提供了通風功能之設計來提高。例如，有助於增加空氣流通的網眼背襯口袋和腋下拉鏈，以及可調整為加大開口之袖口、腰部和下襠。

防燃成衣

對於防燃成衣之穿著者而言，最重要的兩個成衣舒適特性是重量和透氣性，其次是：

- 合身度；
- 柔軟度；以及
- 吸濕排汗。

許多需要防燃成衣之職業涉及大量的精神和體力消耗，而這會提高身體之核心溫度。

在這種情況下，身體會因血液循環增加和出汗而降溫。

然而，這種降溫過程可能會因不合適的成衣而受到干擾，因而導致了散熱管理和吸濕排汗不佳。而這會引發注意力不集中、疲勞、肌肉痙攣、呼吸困難，並最終造成中暑。

使用防燃表面整理劑會進一步加劇這種干擾，因這種整理劑防止水分穿透過織物。

傳統的吸濕排汗織物不適用於存在火焰威脅之環境中，因為它們無法防熱。

此外，諸如聚酯纖維等纖維會熔化並對穿著者造成嚴重燒傷。

這些限制影響了透氣和防燃的纖維和織物之發展。

這種織物的應用產品範圍很廣，包括電工成衣、消防員成衣、工業工作服、軍用成衣和專業賽車成衣。

其他應用產品

吸濕排汗織物已拓展到技術含量較低之成衣應用產品領域，包括：

- 運動休閒成衣；
- 家居服；以及
- 睡衣。

有鑑於它們的功能特性，就不足為奇了。

此外，吸濕排汗織物在越來越多的非成衣應用產品中也自然而然地找到其用武之地，包括：

- 汽車內飾；
- 寢具；以及
- 室內裝潢。

吸濕排汗織物、纖維、表面整理劑、薄膜、縫線和加工處理劑之創新發展

American & Efird (A&E)：Anefil Nylon DRY

Anefil Nylon DRY 是位於美國北卡羅來納州 Mount Holly 之縫紉線製造商 American & Efird (A&E) –為 Elevate Textiles⁹ 旗下品牌–所開發的加撚複絲線 (twisted multifilament thread)。

⁹ Elevate Textiles 總部位於美國北卡羅來納州 Charlotte，是全球研發（R&D）領域之領導者，旗下擁有多個品牌，即 American & Efird（A&E）、Burlington、Cone Denim 和 Safety Components。

該縫線以不含全氟和多氟化合物（perfluorinated and polyfluorinated compounds，PFCs）¹⁰ 之非芯吸性表面整理劑塗覆。

¹⁰ 全氟和多氟化合物（perfluorinated and polyfluorinated compounds，PFCs）通常使用於製造加工處理劑和表面整理劑，以提供防水和防油性能。然而，許多 PFCs 被認為是強力的溫室效應氣體（potent greenhouse gases）。此外，它們往往非常穩定，而且有些具有生物累積特性，可以儲存在人類和動物體內。更整體而言，PFCs 已被某些人歸類為足以干擾人類生理過程之內分泌干擾化學品（endocrine disrupting chemicals，EDCs）。

該表面整理劑有助於降低水分穿透過使用該縫線所產生之接縫的速度。

該縫線之功能性已透過嚴格的工業和軍用標準測試得到證實，並且在使用於生產防水鞋類時也已被證實特別有效。

事實上，該縫線已獲准用於製造由 W L Gore & Associates（Gore）—位於美國德拉瓦州 Newark 的材料科學公司，也是功能性外套用織物之龍頭製造商—生產之 Gore-Tex 品牌鞋類。

此外，該縫線具有極佳的耐化學品特性以及耐洗和耐光色牢度。

該縫線之應用產品包括：

- 戶外健身運動成衣和裝備；
- 鞋類；以及
- 軍用成衣和裝備。

AHLSTROM-MUNKSJÖ：VAPORCOOL

VaporCool 是一種 SMS（紡黏/熔噴/紡黏<spunbond/meltblown/spunbond>）不織布，為位於芬蘭赫爾辛基之纖維材料製造商 Ahlstrom-Munksjö 所開發。

該織物採用水功能聚合物（hydrofunctional polymer）形式的自適應技術（adaptive technology），具有溫度調節性能。

在炎熱條件下，該聚合物將汗水從皮膚上吸除，以提供涼爽效果。

因此，相較傳統成衣，使用 VaporCool 製成的成衣可將穿著者之核心體溫降低 2-3°C。

在寒冷條件下，該聚合物可保留水分，為穿著者提供保暖。

該織物之設計也可用於製造直接緊貼著皮膚穿著的個人防護裝備（personal protective equipment，PPE）和醫療用成衣。

此類產品項目包括：

- 醫院病人用成衣；

- 防護口罩；以及
- 穿在防護外科手術服底層之一次性外科手術服（scrubs）。

Cocona：37.5 Technology

37.5 Technology 是由位於美國科羅拉多州 Boulder 的 Cocona 公司所開發之溫度控制技術。該公司將該產品目的描述為為客戶提供"增加產品的功能性、舒適度和價值之創新、品牌和專有技術（innovative, branded and proprietary technologies that increase the performance, comfort and value of their products）"。

該技術過去名為 Cocona，但在 2013 年更名以彰顯其獨特優勢。尤其是，據說採用 37.5 Technology 的纖維、織物和成衣皆有助於維持 37.5°C 之體溫。

該技術使用了以火山灰和獲取自椰子殼中的活性炭而製成之專有顆粒混合物。

這些顆粒在紡紗過程中嵌入聚酯和聚醯胺纖維中。

使用 37.5 Technology 的纖維通常以 25-35% 之比例與其他纖維混紡。

根據 Cocona 表示，其顆粒之間的孔隙大小被認為是非常適宜於吸引和釋放水蒸氣分子。

此外，這些孔隙也可捕集導致身體異味之分子。

採用 37.5 Technology 的成衣可幫助穿著者保持舒適之體溫，並因此而延緩甚至可能防止汗液產生。

這有助於最大限度地減少轉移到此類成衣上的汗液量，因此，它有助於最大限度地減少在成衣上形成和生長細菌之數量。

此外，採用 37.5 Technology 的成衣不太可能產生異味，因為異位之產生是汗液和細菌之間相互作用而導致的。

還有，37.5 Technology 也具有異味控制特性，因為它可：

- 吸附氣味分子（odour molecules）；以及
- 在洗滌過程中釋放氣味分子。

因此，採用該技術的成衣可以在需要洗滌之前穿著更長的時間。

這意味著消費者不需要經常洗滌它們，因此也減少了耗水量。

此外，讓成衣經受較不頻繁之洗滌週期會對成衣造成較小的機械應力。

還有，透過減少衣物之，也延長了衣物的使用壽命。

此外，使用該技術可將烘乾衣物所需之能源減少 30%。

相對的，快速的乾燥時間意味著成衣所受到之機械應力和磨損更少。

2020 年，Cocona 開始使用可生物降解的添加劑來生產 37.5 Technology 纖維。

該添加劑有助於加速生物降解過程，但不影響纖維之可回收性。

以含有添加劑的纖維製成之消費產品附有顯示快速反應（quick response，QR）代碼¹¹的專業吊牌，消費者可以使用智慧型手機掃描該代碼，以訪問提供與添加劑有關的信息的專業網頁。

¹¹ 快速反應（quick response，QR）代碼是一種機器可讀之光學標籤，其中包含與其相關或附加的物品之相關資訊。該代碼最初是為汽車產業設計的，但因其與標準通用產品代碼（Universal Product Code，UPC）條碼相較之下，它具有快速可讀性和大存儲容量，因此而在汽車產業以外受到歡迎。

由第三方使用標準 ASTM D5511¹² 所規定之方法測試了使用該添加劑的聚酯纖維，發現其在 341 天內分解了 54%。

¹² ASTM D5511 是在強硬度顆粒厭氧溶解條件下測定塑性材料之厭氧生物降解的標準測試方法（Standard Test Method for Determining Anaerobic Biodegradation of Plastic Materials Under High-Solids Anaerobic-Digestion Conditions）。該標準由位於美國賓夕法尼亞州 West Conshohocken 之機構 ASTM International 發佈，該機構在開發和遞交國際自願共識標準（voluntary consensus standards）方面處於龍頭地位。

據估計，在與 ASTM D5511 中模擬的條件相似之垃圾掩埋場中，這些纖維的 97% 只需 3.35 年即可分解成甲烷、二氧化碳（CO₂）和生物質。相較之下，據估計，未含有該添加劑的傳統聚酯纖維需要大約 450 年才能生物降解。

Columbia Sportswear：OMNI-WICK EVAP

Omni-Wick EVAP 是美國為戶外運動愛好者提供功能性成衣、鞋類和配飾之供應商 Columbia Sportswear 所開發的吸濕排汗技術。

該技術涉及將疏水性微粒（microparticles）黏合到輕質聚乙烯薄膜上。

該微粒以幾何圖案黏合，因此而產生了吸入液體之毛細管效應（capillary effect）。

該微粒不吸收液體，但它們允許液體在它們周圍輕易穿透過去，就如同液體在砂粒周圍穿透過去般。

根據品牌商 Columbia Sportswear 表示，應用於製造單件夾克的微粒之表面積，相當於一個足球場的表面積。

由於其表面積很大，液體從夾克中蒸發得非常快。

在 T 恤等成衣中，Omni-Wick EVAP 織物通常用來作為嵌布，以覆蓋高汗區，例如手臂下方和沿著背部中央之部位。

Coolcore：Coolcore

Coolcore 是位於美國新罕布夏州 New Hampshire 之同名公司所開發的溫控織物。

該織物使用了可吸收水分之中空纖維。

當空氣在該纖維周圍循環時，被滯留在纖維內部的水分會蒸發，因此而有助於蒸發式冷卻（evaporative cooling）。

這些纖維能夠將織物表面之溫度降低多達 30%。此外，該纖維的功能性特性是內在固有的，不會因洗滌而劣化。

因此，由該纖維產生之冷卻效果在該織物的使用壽命內維持不變。

此外，該織物具有低過敏性(hypoallergenic)，而且其紫外線防護係數(ultraviolet protection factor，UPF)¹³至少為 45。

¹³ 織物之紫外線防護係數（ultraviolet protection factor，UPF）被定義為透過空氣的紫外線輻射量除以透過織物的紫外線輻射量。UPF 等級為 45 表示照射到織物上之紫外線輻射中僅有 1/45 可以到達皮膚。

由 Hohenstein 進行之測試結果(見第 8 頁)顯示，該織物在如下方面優於競爭對手織物：

- 冷卻功率；
- 乾燥時間；
- 不會達到飽和；以及
- 不會緊貼著皮膚。

這些測試是使用 Hohenstein 專有的冷卻測試系統 WATson 進行的。

該系統量化織物之冷卻功率並測量其吸濕排汗能力。

此外，該織物是全球第一個獲得 Hohenstein 品質標籤"創新技術-冷卻功率（Innovative Technology — Cooling Power）"的織物。

該織物之應用產品包括：

- 健身運動服；
- 高性能成衣；
- 冬季運動成衣；以及
- 工作服。

Cotton Incorporated：TransDRY

TransDRY 是 Cotton Incorporated 開發之一種用於棉織物之加工處理劑，可提供吸濕排汗和防水性能。

Cotton Incorporated 是總部位於美國北卡羅來納州 Cary 的機構，其設立是為了提升美國棉花種植業者之權益。

其有兩種加工處理劑可供選擇，一種是以 C6 化學（C6 chemistry）¹⁴ 為基材的版本，另一種則是不含 PFC 之版本。

¹⁴ 術語 C6 化學 (C6 chemistry) 是指含有六個碳原子之碳氟化合物鏈 (fluorocarbon chains)。相較以 C8 化學為基材的加工處理劑，以 C6 化學為基材的加工處理劑在防水和抗油方面之效果較差-鏈越短，防護性越弱。然而，以 C6 化學和 C4 化學為基材的加工處理劑更環保。因此，許多防水加工處理劑製造商都聚焦於使用具有較短氟化鏈之碳氟化合物。

也就是說，兩種版本的加工處理劑均使用高達 97% 之生物基材料製造而成，也因此，該加工處理劑被美國農業部 (US Department of Agriculture, USDA) 認證為生物基產品 (Biobased Product) ¹⁵。

¹⁵ 根據美國農業部 (USDA) 表示，生物基產品 (Biobased Product) 是一種全部或大部分以生物產品、可再生農業材料 (包括動物、海洋和植物材料) 或林業材料所組成之產品。

據說施加 TransDRY 處理的棉織物之乾燥速度是未經該加工處理劑處理之棉織物的兩倍。此外，它們的吸濕排汗能力與大多數功能性合成織物一樣好，甚至更好。

事實上，經 TransDRY 處理之織物的水分處理性能已依據 AATCC 測試方法 195-2017 (參見第 13 頁) 進行了測試。

這些測試是使用一種名為 Moisture Management Tester (MMT) 之儀器進行的，該儀器為位於美國南卡羅來納州 Rock Hill 之 SDL Atlas 公司生產和供應。

作為測試的一部分所使用之織物包括單面針織棉織物、雙面針織棉織物和牛仔布。

該測試發現，經 TransDRY 處理的單層針織棉織物能以每秒 6.35 毫米之速度吸濕和擴散水分，而傳統的單層針織棉織物則能以每秒 3.20 毫米之速度吸濕和擴散水分。

同時，傳統的單層針織聚酯織物能以每秒 5.48 毫米之速度吸濕和擴散水分。

經 TransDRY 處理的棉織物在運動過程中不會被汗液等液體浸透，而且它們的吸收能力較低，與聚酯和尼龍織物相當。

相較競爭對手之高性能合成織物，使用經過該加工處理劑處理的織物所製成之成衣可將穿著者的核心體溫降低 2°C。

Cotton Incorporated : Wicking Windows

Wicking Windows 是 Cotton Incorporated 開發之表面整理劑，其可為棉織物提供吸濕排汗特性。

尤其是，該表面整理劑是專為提高其所施加的棉織物之吸濕排汗性能，並且降低其水分吸收能力而設計的。

此外，相較未經表面整理的棉織物，該表面整理劑有助於將棉織物黏附在皮膚上之傾向降低 50%。

該表面整理劑透過打印來施加，透過這種方式，製造商能夠生產出可在這種特性最有利的部位進行吸濕排汗之成衣。

例如，製造商可以將該表面整理劑施加於與身體產生大量汗水的區域密切接觸之成衣部位，例如背部、胸部、胯部和尾椎。

或者，該表面整理劑可打印在整個織物或成衣表面上。

其印花圖案是無色的，只有在水分與織物接觸後才可被看到。

Devan Chemicals : BI-OME Quick Dry

BI-OME Quick Dry 是一種抗菌表面整理劑，與 TransDRY 一樣，其可促進水分快速蒸發。

該表面整理劑為位於比利時 Ronse 之特種化學品供應商 Devan Chemicals 所開發。

它以矽烷 (silane) 季銨化合物 (quaternary ammonium compounds, QACs)¹⁶ 為基材，而經 BI-OME Quick Dry 整理的織物可防護異味產生。

¹⁶ 季銨化合物 (quaternary ammonium compounds, QACs) 是一種殺菌劑，自 1970 年代以來因其抗菌特性而被使用。它們透過破壞微生物之細胞膜而產生作用。QACs 可有效提供對各種細菌、真菌甚至某些病毒的防護。

此外，經 BI-OME Quick Dry 表面整理之成衣由於其快乾特性，穿著起來非常舒適。

並且，該表面整理劑已被證實可有效降低嚴重急性呼吸系統綜合症冠狀病毒 2 (SARS-CoV-2) –會導致新型冠狀病毒 COVID-19¹⁷–的傳染性。

¹⁷ COVID-19，也稱為2019冠狀病毒 (coronavirus) 疾病，是由名為嚴重急性呼吸系統綜合症冠狀病毒2 (severe acute respiratory syndrome coronavirus 2, SARS-CoV-2) 之冠狀病毒所引起的傳染病。該病毒於2019年12月在中國武漢首次發現。2020年1月30日世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 宣佈其為國際關注之公共衛生緊急事件 (Public Health Emergency of International Concern)，並於2020年3月11日宣佈其為疫情 (pandemic)。COVID-19的最常見症狀是發燒、疲倦、乾咳和味覺或嗅覺喪失。但是，有許多人，包括老人和有潛在健康問題之人，可能會出現更嚴重的症狀並患上重病。在某些更嚴重之情況下，該疾病可能致命。

尤其是，依據標準 ISO 18184:2019¹⁸ 對織物進行了測試，發現經 BI-OME Quick Dry 處理的織物在 30 分鐘後可將 SARS-CoV-2 之傳染性降低 99% 以上。

¹⁸ ISO 18184:2019 是國際標準化組織 (International Organization for Standardization, ISO) 紡織品標準–測定紡織品之抗病毒活性 (antiviral activity)。

此外，發現這些織物即使在洗滌後仍能保持其抗病毒特性。

Devan Chemicals : Moov&Cool

Moov&Cool 是 Devan Chemicals 開發之溫度控制表面整理劑。

該表面整理劑包含一種可吸收身體熱量，同時又提高織物的親水性和吸濕排汗性能之聚合物。

尤其是，該聚合物有助於將水分從皮膚上吸除，並將其擴散至廣大的表面積上，以促進快速蒸發。而其所吸收的身體熱量也有助於水分之蒸發。

使用經過該處理的織物所製成之成衣能將穿著者的核心體溫降低多達 0.4°C。

此外，這種成衣可以對穿著者之心跳速率，以及他或她在運動時產生的乳酸含量產生積極影響。

該表面整理劑特別適用於製造運動服，因為該表面整理劑所提供之優勢被認為有助於提高運動績效。

Devan Chemicals : Odour Breakdown

Odour Breakdown 是 Devan Chemicals 開發的防臭表面整理劑，當以最高濃度施用於織物時，它還可以賦予溫度調節和吸濕排汗特性。

該表面整理劑吸收氣味分子，以及引起異味之細菌並中和它們的氣味。

被吸收之氣味分子和引起異味的細菌隨後在洗滌過程中被釋放出來。

該表面整理劑不含通常用於加工處理劑和表面整理劑之殺菌劑，這些殺菌劑有助於防止產生異味的細菌積聚。

它是為了滿足客戶對不含銀和殺菌劑的防臭表面整理劑之需求而開發的，因為人們對這些物質之環保永續性存在一些擔憂。

該處理與以棉、聚醯胺或聚酯製成之織物是兼容的。

在聚酯織物情況下，該處理還額外減弱了如下之間的固著度：

- 織物表面；以及
- 導致異味產生之微生物。

該處理具極佳的耐洗牢度。事實上，它可以承受多達 50 次洗滌週期。此外，它還符合 bluesign system¹⁹ 和歐盟之 REACH（化學品註冊、評估、授權和限制<Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals >）法規²⁰。

¹⁹ bluesign system是由瑞士機構藍色標誌科技公司（bluesign technologies）開發的，其為整個紡織供應鏈—從原材料供應到零售分銷—訂定了環境、健康和 safety（environmental、health and safety，EHS）之標準，並且它保證生產鏈中使用之所有組件和製程對人類和環境都是安全的。

²⁰ REACH（化學品註冊、評估、授權和限制<Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals>）法規於2007年6月1日生效，並要求所有在歐盟開展業務之公司每年都要對其在1噸或更多數量的所有化學物質之生產、使用和進口進行註冊。REACH的主要目標是：確保高度防護人類健康和環境免受化學品可能造成之危害；推廣替代性測試方法；促進物質在歐盟內部市場中之自由流通；以及增強競爭力和創新發展。

使用 Odour Breakdown 作表面整理之織物的應用產品包括：

- 床上用品，尤其是泡棉（foam）床上用品；
- 運動服；
- 內衣；以及
- 工作服。

Devan Chemicals：Passerelle SQD+

Passerelle SQD+是 Devan Chemicals 開發之表面整理劑，它能夠改善織物的吸濕排汗、手感和舒適性。

該表面整理劑為織物提供了一種超細聚合物塗層，有助將水分自皮膚上吸除，並將水分擴散於廣大的表面積上，以促進快速蒸發。

而且，該表面整理劑有助於極佳之保色性並減少起毳，因此，相較未經表面整理的織物，使用該表面整理劑之織物在歷經較長時間後看起來較新。

此外，該表面整理劑使織物具有柔軟的手感和良好之拉伸恢復性能。

該表面處理劑還耐洗滌，並且與其他功能性表面處理劑兼容。

drirelease：drirelease

drirelease 是美國 Optimer Brands 子公司 drirelease 所開發之吸濕排汗織物。

該織物以專利紗線製成，能夠將水分從皮膚上吸除。

該紗線以 10-15%的天然纖維和 85-90%之合成纖維混紡而成。

混紡紗線中的天然纖維具有親水性並吸收水分。合成纖維則具有疏水性，並透過強制水分進入織物表面並在那裡蒸發來排除水分。

在測試中，drirelease 之乾燥速度比棉快四倍，與具機能性聚酯織物一樣快，或甚至更快，尤其是在經過多次洗滌之後。

drirelease 織物採用 FreshGuard，它是一種控制細菌生長並消除異味的技術。

該技術已採用於製造 drirelease 織物之紗線中。它在紗線製造時施加，並在表面整理製程中被激活。

HeiQ：HeiQ Adaptive AC-06

HeiQ Adaptive AC-06 是總部位於瑞士蘇黎世之開發和製造創新紡織品染化劑的 HeiQ 公司所開發之溫度控制加工處理劑。

該表面處理劑以水功能聚合物製成，因此其設計可因應體溫的變化。

尤其是採用了經 HeiQ Adaptive AC-06 處理之織物的成衣，當穿著者之體溫達到 38°C 時，將可提供涼爽的感覺。

一旦穿著者之體溫達到 38°C，使用於該加工處理劑的聚合物結構就會發生變化，而這會增加織物從皮膚吸收水分之能力。

水分被吸收到織物表面並從這裡蒸發掉。

當穿著者的體溫下降時，使用於該加工處理劑之聚合物結構再次發生變化，因此而芯吸效應降低，降溫作用也降低了。

儘管如此，該結構仍然允許織物吸收水分。

因此，該加工處理劑有助於預防：

- 過熱；以及
- 運動後之寒意。

這種加工處理劑非常有效，並且經測試發現，使用施加了該加工處理劑的織物製成之成衣能夠將穿著者的核心體溫降低 1.5°C-2.5°C。

NanoTex : Dry Inside

Dry Inside 是 Crypton²¹ 旗下位於美國密西根州 Bloomfield Hills 之紡織技術開發商 NanoTex 所開發的吸濕排汗加工處理劑。

²¹ Crypton 是位於美國密西根州 Bloomfield Hills 之功能性織物製造商。

該加工處理劑專為應用於聚酯和棉織物而設計。

經 Dry Inside 處理之聚酯織物可以使用於成衣中，以幫助穿著者在體能活動時感覺乾爽和涼快。

據說經過該處理的織物在吸濕排汗方面比傳統之棉或聚酯更有效。

該加工處理劑在織物的內部和外部之間產生了一個漸變的表面張力。

尤其是，該織物內部之表面張力較低，外部的表面張力較高，而這導致水分僅沿一個方向移動—從皮膚移動到織物之外表面。這有助於保持織物內表面的乾爽。

Dry Inside 使水分能夠自織物之內部立即而持續地移動到外部。

因此，即使織物外面仍然是潮濕的，穿著者也仍然能保持乾爽。

由於穿著者保持了乾爽，擦傷和受刺激之發生率很低，而且穿著者的體溫可維持穩定。

經 Dry Inside 處理之棉織物可以使用於成衣中，以幫助穿著者在運動時感覺乾爽和涼快，同時也減少擦傷的可能性。

此外，據說這種織物保留了未經處理之棉的透氣性和舒適性。

Dry Inside 施加於棉織物之一側—即緊貼著穿著者皮膚的一側。

它有助於水分透過親水性通道立即而持續地從皮膚移離，到達織物之外側。

然後水分會擴散到織物的外表面並迅速蒸發掉。

Cotton Incorporated (參見第 21 頁) 在其位於美國北卡羅來納州 Cary 的實驗室測試，並證實了 Dry Inside 對棉織物之有效性。

據該機構表示，該測試顯示，經過 Dry Inside 處理的棉織物在單向吸濕排汗和附着力測試 (cling force tests)²² 中優於傳統聚酯和未經處理之棉織物。

²² 在附着力測試 (cling force tests) 中，將織物樣品之一側用水潤濕。然後將樣品翻轉並放置於水平表面上並傾斜表面以查看樣品是否黏附在其上。有效吸濕的樣品會從傾斜之表面滑落，因為與表面接觸的織物表面會變乾。相較之下，不能有效吸濕的樣品則會保持濕潤，因此會黏附在傾斜之表面上。

Nike : DRI-FIT

Nike 之 Dri-FIT 是一種以超細纖維聚酯製成的高功能性"推挽型 (push-pull)"織物。

該織物用於製造多種 Nike 產品，包括：手套、帽子、褲裝、襯衫、短褲，以及襪類。

防紫外線版本之 Dri-FIT 提供了至少 30 的 UPF。

Osmotex : Hydro_Bot

Hydro_Bot 是由位於瑞士 Thalwil 之專門開發智慧型紡織品 (smart textiles)²³ 的 Osmotex 公司所開發之吸濕排汗技術。

²³ "智慧型紡織品 (smart textiles)" 是指經過處理或改性而使其含有感應器和/或電子組件，並因此而具有一定程度之"智慧 (intelligence)" 的紡織品。有些智慧型紡織品可能含有電子紡織品組件，這些組件可以定義為導電紡織品組件或系統—例如以導電紗線製成之紡織品，以及經過導電油墨和/或導電聚合物處理的紡織品。

該技術利用電滲流動 (electro-osmotic flow)²⁴ 原理將水分迅速從身體移除。尤其是，它是以塗覆了導電材料之多微孔薄膜組成的。

²⁴ 電滲流動 (electro-osmotic flow) 是穿透過多孔材料、毛細管、薄膜、超細通道或任何其他流體導管之外加電位 (applied potential) 所引起的液體運動。

當該薄膜應用於織物中時，它透過利用電流來產生作用。

這使其能夠將水分自織物之內側輸送至外側。

因此，以結合了薄膜的織物製成之成衣為穿戴者提供了涼爽的效果，而這有助於穿著者維持舒適之體溫。

根據 Osmotex 表示，Hydro_Bot 能夠以每小時每平方米 200 公升的速度輸送水分，而傳統薄膜每小時每平方米只達 0.1-0.5 公升。因此，Hydro_Bot 可比人類出汗速度更快的速度傳輸水分。

該薄膜之應用產品包括：賽車運動成衣、個人防護裝備（PPE）、智慧型紡織品和成衣、運動服、冬季運動成衣，以及工作服。

Polartec：Power Dry

Power Dry 是由位於美國馬薩諸塞州 Andover 之致力於開發、製造和銷售功能性織物的公司 Polartec 所開發之雙組分吸濕排汗織物。

該織物以兩種不同紗線組成，它們在織物之兩側產生不同的表面：

- 一面可吸收水分；以及
- 一面可迅速乾爽。

Power Dry 在內表面具有所謂的"接觸點（touch points）"，可將水分自皮膚芯吸到外表面，在那裏水分迅速擴散，因此而促進了蒸發。

根據 Polartec 表示，相較單組分織物，Power Dry 自皮膚上吸除之水分至少多了 30%。

該織物有 50 多種不同的款式和重量可供選擇，從再生絲重量級（recycled silk weight）到中等重量級版本，以及加厚重量級（expedition weight）之款式。

該織物之應用產品包括：基底層成衣、軍用成衣、運動服，以及內衣。

Schoeller Textil：3XDRY

3XDRY 是由總部位於瑞士 Sevelen 之專業開發高功能織物的 Schoeller Textil 公司所製作之吸濕排汗技術。

該公司還製作出一種名為 3XDRY Bio 的替代 3XDRY 之環保永續性產品，它不含 PFCs，且是衍生自農業副產品形式的"可再生初級產品（renewable primary products）"。

該技術可賦予其所施用之織物親水性和疏水性之表面整理。

事實上，Schoeller 是第一家將這些對比特性融入此類技術的公司。

經 3XDRY 處理的之織物具有三個顯著特點：

- 輸送汗液之內部；
- 相較傳統織物，乾燥時間顯著縮短；以及
- 防水和防污之外部。

3XDRY 將水分從織物內部輸送到外部，因此而使水分蒸發得比未經處理的紡織品更快。

因此，平均而言，使用 3XDRY 之衣物的乾燥時間大約是類似未經處理之材料的六分之一到八分之一。

此外，這種功能在反覆洗滌後仍得以維持。

Schoeller Textil：c_change

c_change 是 Schoeller Textil 開發之親水性薄膜。

該薄膜具有柔韌之聚合物結構，並且防風和防水。

該薄膜被設計成夾在兩個織物層之間，以形成一種對溫度變化可單獨反應的織物。

當身體溫暖和而出汗時，該薄膜之結構會打開，以讓多餘的熱量和水分逸出。

而當身體冷卻時，該結構會收縮，因此而將熱量拘留在皮膚上並防止冰寒。

c_change 的自適應特性 (adaptive nature) 有助於保持最佳體溫。

Teijin Frontier：自適應織物 (adaptive fabric)

Teijin Frontier—總部位於日本東京之功能性纖維和材料製造商，也是帝人集團 (Teijin Group)²⁵ 旗下子公司—開發出一種可因應汗水之存在而調整其結構的針織織物。

²⁵ 帝人集團 (Teijin Group) 業務包括：高功能性纖維，包括芳族聚醯胺、碳纖維和複合材料；衛生保健；薄膜；樹脂和塑料加工；聚酯纖維；產品轉換；以及資訊技術 (information technology, IT) 產品。

該織物以專業開發之並列式 (side-by-side, S/S) 複合紗線製成，具有高捲曲度。

該紗線以兩種具有不同吸濕性 (hygroscopicity) 之聚合物製成。尤其是，一種聚合物可促進高度的水分吸附，而另一種聚合物則促進低度之水分吸附。

當織物暴露於汗水中時，該紗線內的捲曲度會發生變化，因此而改變了織物之結構。

尤其是：

- 當織物乾燥時，它具有緊密之針織結構；以及
- 當織物潮濕時，它具有開放之針織結構，因此而允許水分蒸發。

值得注意的是，儘管結構發生了變化，但織物之整體尺寸基本上保持不變。

這種織物具有高度的透氣性，因此穿著起來非常舒適。

The Lycra Company：Coolmax

Coolmax 是一種吸濕排汗織物，為杜邦公司—位於美國德拉瓦州 Wilmington，生產化學品、纖維、不織布和其他材料—於 1986 年開發並商業化推出。

它的推出代表了全球首次拓展為了將水分從皮膚上傳輸出去而設計之織物。

Coolmax 目前由同樣位於美國德拉瓦州 Wilmington 的 The Lycra Company²⁶ 生產，該公司擁有一系列功能性纖維和品牌，包括 Elasthan、Lycra、Supplex、Thermolite 和 Tactel。

²⁶ The Lycra Company 是山東如意科技集團 (Shandong Ruyi Technology Group <Shandong Ruyi>) 之子公司，山東如意是總部位於中國大陸山東濟寧的紡織公司，經營棉花和羊毛成衣產品之垂直整合供應鏈。The Lycra Company 過去原為 Invista 所擁有，以成衣和先進紡織品 (Apparel & Advanced Textiles) 事業著稱。山東如意於 2019 年 1 月 31 日收購了 Invista 的成衣和先進紡織品事業。

該織物以具有特殊橫截面之多通道（multi-channel）纖維製成，其可吸收水分並將水分從皮膚上"拉（pulls）"離。

這種特殊的橫截面使纖維具有比傳統纖維更大之表面積，傳統纖維通常具有圓形的橫截面。

因此，相較傳統織物，這種織物有助於更快速地蒸發水分。

事實上，經測試顯示，以 Coolmax 織物製成之成衣幾乎可以在 30 分鐘內完全乾燥。

Coolmax 織物重量輕，具有像棉花般的柔軟手感。

自推出以來，Coolmax 品牌已獲得廣泛認可。事實上，據估計，超過 40% 之跑步者和高爾夫球手都十分熟悉這個品牌。

Under Armour：HeatGear

HeatGear 是位於美國馬里蘭州 Baltimore 之運動服飾公司 Under Armour 所開發的吸濕排汗織物，適用於製造與皮膚直接接觸之基底層成衣，即：壓縮短褲（compression shorts）、緊身褲、襪類、緊身衣，以及上衣。

顧名思義，HeatGear 之設計是為了在高溫下發揮作用。

尤其是，它具有吸濕排汗性能，即使在炎熱條件下也能幫助穿著者保持舒適的體溫。

該織物重量輕且快速乾燥，而這有助於降低濕冷和穿著者不適之風險。

此外，HeatGear 可用於製造能夠減少肌肉疲勞的壓縮成衣，因此而非常適合在訓練課程和高強度競技運動中穿著。

Unifi：Sorbtek

Sorbtek 是 Unifi—全球最大的變形紗線（textured yarns）製造商之一，總部位於美國北卡羅來納州 Greensboro—開發之吸濕排汗技術。

應用該技術的纖維有助於吸濕排汗，並且能以比競爭對手纖維快三倍之速度傳輸水分。

Unifi 已根據 AATCC 79-2010（參見第 12 頁表 2）和 AATCC 130-2018²⁷ 對纖維的功能性進行了測試，並且根據 Unifi 所進行之其他測試，該纖維即使在經過 50 次洗滌週期後仍然保持其功能性特性。

²⁷ AATCC 130-2018 是美國紡織化學家和染色家協會（American Association of Textile Chemists and Colorists，AATCC）之污垢釋放測試方法：油性污漬釋放（Test Method for Soil Release: Oily Stain Release）。

使用這種纖維製成的織物快乾且堅固，而且使用這種織物製成之成衣有助於穿著者保持涼快、乾爽和舒適。

X- Bionic : 3D Bionic Sphere System

3D Bionic Sphere System 是瑞士 Schwyz 之高端運動服飾品牌 X-Bionic²⁸ 所開發的體溫調節織物。

²⁸ X-Bionic 品牌歸 X-Technology Swiss Research & Development 所有，該公司位於瑞士 Schwyz，專業從事研發（research and development，R&D）和設計。

該織物的設計靈感來自一種在沙袋鼠（wallaby）身上進化之技術，沙袋鼠是原產於澳洲的動物，與袋鼠（kangaroo）有相同分類有袋類品種。

在盛夏時節，人們經常可以看到沙袋鼠舔牠們的前臂。其水分以這種方式積存然後再蒸發，而這具有溫和之冷卻效果，有助於動物保持最佳體溫。

同樣的，使用 3D Bionic Sphere System 織物製成之成衣，可讓汗液以極薄的塗層分佈在穿著者之皮膚表面。

當該塗層蒸發時，這會立即產生了冷卻效果，以幫助穿著者保持 37°C 的最佳體溫。

該織物之外表面具有較大的表面積，可促進汗液快速蒸發。

此外，該織物結構採用了三維（three-dimensional，3D）"空氣通道（airchannels）"，當穿著者體溫升高時，其有助於將汗液吸除。

當穿著者體溫降低時，該"空氣通道"則會留住溫暖的空氣。

展望

吸濕排汗技術之創新發展進入了一個新時代，因為製造商已經開發出高度技術性的方法來提高其產品之水分處理性能。

事實上，製造商能夠在分子層級上調整纖維，並以前所未有的方式改變織物結構，以滿足特定之最終用戶需求。

展望未來，為了進一步提高他們產品的舒適度，織物和成衣供應商將善加利用仿生技術（biomimetic technology）²⁹ 和智慧型紡織技術之優勢。

²⁹ 仿生學（Biomimetics）是生物系統之結構和功能的研究，其目的是為了模仿和調整牠們或從牠們獲得靈感，以為日常問題創造實用之解決方案。

這些技術之使用將為開發可執行多種功能，同時又讓穿著者保持涼快和乾爽的成衣奠定了根基。

多機能成衣之可負擔性、可用性和選擇性將顯著增加，而這將促進吸濕排汗織物市場的持續成長。

一般而言，最有可能在市場上取得成功之企業，將是那些能將代表真正創新的產品商業化，而非只將現有產品之新版本商業化的企業。