

彈性纖維： 拓展聚氨酯彈性纖維以外之視野

2024 年 6 月

紡拓會 編譯

彈性纖維：拓展聚氨酯彈性纖維以外之視野

目 錄	頁次
摘要.....	1
聚氨酯彈性纖維在紡織品和成衣中之作用.....	1
聚氨酯彈性纖維之生產.....	2
聚氨酯彈性纖維之特性.....	3
聚氨酯彈性纖維和其他纖維之混紡物.....	4
聚氨酯彈性纖維之問題.....	5
回收再利用之重大障礙.....	5
超細纖維污染.....	6
替代性彈性纖維.....	7
聚烯烴彈性纖維 (elastolefin)	7
Elasterell.....	7
橡膠.....	8
彈性聚酯纖維.....	8
聚對苯二甲酸丙二醇酯 (PTT) 纖維.....	9
聚對苯二甲酸丙二醇酯 (PTT) 纖維之生產.....	9
聚對苯二甲酸丁二醇酯 (PBT) 纖維.....	10
聚對苯二甲酸丁二醇酯 (PBT) 纖維之生產.....	10
全球彈性纖維市場.....	11
聚氨酯彈性纖維之地域市場.....	12
彈性纖維：龍頭生產商和創新發展.....	13
旭化成 (Asahi Kasei) : Dorlastan 和 Roica.....	13
Dorlastan.....	13
Roica.....	14
Covation Biomaterials : Sorona.....	15
Fulgar : Evo.....	15

華峰化學公司 (Huafon Chemical) : 千禧 (Qianxi)	16
曉星 (Hyosung) : creora 和 Xanadu.....	16
creora.....	16
Xanadu.....	17
Indorama India : Inviya.....	17
Inviya I-300.....	18
Lubrizol : X4zol-J.....	18
Nylstar : Meryl.....	19
Rheon Labs : Rheon.....	20
The Lycra Company : Lycra.....	20
Unifi : Reflexx.....	21
XLANCE : XLANCE 纖維.....	21
展望.....	22

表目錄

	<u>頁次</u>
表 1: 成衣之聚氨酯彈性纖維含量.....	5
表 2: 聚氨酯彈性纖維: 2023 年中國大陸主要生產商.....	12
表 3: 聚氨酯彈性纖維: 2023 年中國大陸以外之主要生產商.....	13

摘要

彈性纖維是紡織品和成衣製造中之關鍵組分，其目的在提供舒適與合身的深刻印象。它是運動休閒成衣、壓縮成衣、襪類、塑身衣、運動服、內衣和工作服等成衣應用商品之重要組成。除成衣外，彈性纖維也是製造醫療用紡織品 – 包括繃帶和尿布 – 的關鍵成分。

紡織品和成衣中最常使用之彈性纖維是彈性體纖維（elastomeric fiber – 聚氨基甲酸酯彈性纖維之統稱），其中應用最廣泛的則是聚氨酯彈性纖維（elastane – spandex – 聚氨基甲酸乙酯彈性纖維屬名<氨綸>）。事實上，聚氨酯彈性纖維佔據全球彈性纖維市場比例約 67%。其餘市場則含括聚對苯二甲酸丙二醇酯（polytrimethylene terephthalate，PTT）、聚對苯二甲酸丁二醇酯（polybutylene terephthalate，PBT）和其他市占率較小之聚酯纖維，例如彈性多聚酯纖維（elastomultiester fibres）。

僅僅中國大陸就佔全球聚氨酯彈性纖維總產量約 75%，而且中國大陸的聚氨酯彈性纖維製造之廠域還在持續快速擴展。此外，中國大陸對聚氨酯彈性纖維的需求也正加速成長。因此，非中方企業向中國大陸出口聚氨酯彈性纖維將面臨激烈之市場競爭，他們可能需要在其他出口市場尋找新的機會。其他被認為是聚氨酯彈性纖維主要生產國包括日本、南韓和美國。

儘管聚氨酯彈性纖維在改善紡織品和成衣的舒適度和合身性方面帶來了機遇，但由於它對紡織廢料之有效回收再利用構成了障礙，且面臨著一些批評。回收再利用是全球各地立法者的主要關注點，紡織品和成衣業面臨越來越大之壓力，被要求提高其產品之可回收再利用並邁向循環經濟。然而，現有的回收再利用工廠無法處理使用了含聚氨酯彈性纖維之紡織品。為了克服此障礙，正進行研究以開發環保永續性且以高效為目的之方法，以利於使用壽命終期時將聚氨酯彈性纖維自紡織品分離出來。同時，與回收再利用含聚氨酯彈性纖維之紡織廢料相關的挑戰，正促使纖維製造商探索聚氨酯彈性纖維之替代品，這些替代品可使用現有的回收再利用技術來進行回收，並且提供相近似之彈性水準。如果在這一領域取得突破，那麼全球聚氨酯彈性纖維市場可能會遭遇相當大的阻礙。

聚氨酯彈性纖維在紡織品和成衣中之作用

聚氨酯彈性纖維，也稱為 spandex 彈性人造纖維，它是一款合成聚合物纖維，以其優異的拉伸性能而聞名。

事實上，聚氨酯彈性纖維之斷裂伸長率非常高，達 200%~800%，並且在被拉伸後幾乎會回復到原來的長度。

相較之下，大多數其他紡織纖維在拉伸超過約 10%後只能回復部分伸長率。

聚氨酯彈性纖維通常應用於廣泛的紡織品和成衣應用商品，以提供穿著者之舒適度和改善合身性。這些應用商品中最重要的是包括如下：

- 運動休閒成衣；
- 壓縮成衣；
- 牛仔成衣；
- 針織品；
- 醫療用紡織品；
- 塑身衣；
- 運動服；
- 內衣；以及
- 工作服。

聚氨酯彈性纖維之生產

聚氨酯彈性纖維（spandex）主要是使用一種名為聚氨基甲酸酯（polyurethane，PU）的長鏈聚合物生產的。根據歐盟紡織品標籤法規，纖維必須含至少 85% PU，才能被識別為聚氨酯彈性纖維。

聚氨基甲酸酯是一種聚合物產品系列，各有非常分歧之成分，但號稱其具有氨基甲酸乙酯（urethane）特徵之結構性元素。

由於聚氨基甲酸酯具如此不同的成分，因此它們也具多種特性，這使得它們非常適用於各種材料 – 自高硬度和強度的材料到高彈性和低強度之材料。

聚氨酯彈性纖維可使用如下四種不同方法之一來生產：

- 熔融擠出（melt extrusion）；
- 反應紡紗（reaction spinning）；
- 溶液乾式紡紗（solution dry spinning）；以及
- 溶液濕式紡紗（solution wet spinning）。

然而，迄今為止，聚氨酯彈性纖維最廣泛使用的生產方法是溶液乾式紡紗法。

事實上，據估計，全球 90% 以上之聚氨酯彈性纖維可是透過這種方式生產的。

溶液乾式紡紗之流行源於這樣一個事實，即使用此法生產的纖維比使用其他方法生產之纖維品質更好。

此外，溶液乾式紡紗纖維具有：

- 更高功率（power）¹之單位丹尼爾（denier）²；以及
- 在廣泛之線密度（linear density）³範圍內均能優異地保持彈性性能。

¹ 本文中的術語"功率（power）"是指彈性之模量，它是纖維、長絲或紗線抵抗拉伸能力的量度。通常，該模量是透過壓力（stress，或負載<load>）與施加該壓力所產生伸長率（elongation – 應力<strain>）之比值來測量的。

² 丹尼（denier）是纖維或紗線之線密度的量度，也是 9,000 公尺纖維或紗線以公克為單位之重量。

³ 纖維或紗線的線密度（linear density）是表示纖維或紗線之單位長度的重量。線密度之單位包括分特（decitex）和丹尼。

在紡紗過程中，溶液與溶劑混合，然後透過帶有細孔的噴絲板垂直紡紗。

然後，該溶液進入有熱空氣流過之旋轉管道。

在暴露於熱空氣中之後，該溶劑會蒸發，直到殘留量低於 1%。

所得長絲的線密度範圍為 0.5 分特 (decitex)⁴ 至 2 分特，在紡紗甬道中聚集在一起，並透過施加假撚 (false twist) 而組合成複絲紗線。

為了避免長絲黏著，需以石蠟或矽膠與硬脂酸鈣 (calcium stearate) 或硬脂酸鎂 (magnesium stearate) 之形式塗上相對較高量的潤滑油 - 在 2% 至 6% 之間。

然後該紗線穿過滾筒並以 200 公尺/分鐘至 1,000 公尺/分鐘之速度纏繞在線軸上。

聚氨酯彈性纖維之特性

聚氨酯彈性纖維 (spandex) 最顯著的特性是其拉伸性 (stretchability)。

當對聚氨酯彈性纖維施加外力時，它會拉伸，因此而讓纖維之長度增加。

而當外力消失時，則纖維會縮回並恢復其鬆弛狀態。

重要的是，纖維可提供之拉伸和回縮水準取決於該纖維中的聚氨基甲酸酯 (PU) 之含量。

當纖維被拉伸時，它最初以與施加的外力大致相等之比例伸長。

但當施加進一步外力時，就會達到一個臨界點，此時，每增加一單位力道，伸長程度皆會減小，最終該纖維會斷裂。

事實上，聚氨酯彈性纖維之強度相對較弱，值得注意的是，其強度遠低於大多數棉纖維。

在成衣中，使用聚氨酯彈性纖維製成之布料可充當 "第二層皮膚 (second skin)"，便於運動。簡單的身體活動 - 例如坐著 - 需要皮膚拉伸多達 50%。而更劇烈之活動 - 例如與體能運動相關的運動 - 則涉及甚至更強大之拉伸。

含聚氨酯彈性纖維的成衣對身體活動之反應往往比含大多數其他纖維的成衣更好，因為前者跟隨著身體活動而不是逆反著身體活動。

不含聚氨酯彈性纖維或其他彈性纖維之成衣在一定程度上仍有利於拉伸。這是因其具有天然的彈性。然而，此類成衣之彈性通常僅達 5% 或以下。

身體活動受到限制是因為皮膚彈性與缺乏彈性的成衣之間存在很大差異，而且缺乏彈性的成衣也會隨著時間之推移而導致其形狀改變。

⁴ 分特 (decitex) 是纖維或紗線之線密度的量度，表示 10,000 公尺纖維或紗線以公克為單位之重量。

除彈性之外，聚氨酯彈性纖維還具有如下其他一些有利的特性：

- 耐磨損性；
- 有透明和不透明光澤可供選擇；
- 易於染色；
- 易於護理；
- 重量輕；
- 平滑且柔軟；以及
- 耐抗身體油脂、汗水、乳液和洗滌劑。

然而，聚氨酯彈性纖維除具有優越特性外，還具有一些不良之品質。

其中最值得注意的是其強度較差，且對如下方面之抵抗力較差：

- 氯；
- 熱；
- 光；以及
- 微生物和空氣中的懸浮粒子，包括過敏原、細菌和真菌孢子。

例如，在加熱情況下，如果聚氨酯彈性纖維未經預熱定形，則在熱濕加工過程中會收縮。

此外，眾所周知，高溫家庭洗滌會導致使用聚氨酯彈性纖維製造之成衣縮水。

在微生物和空氣懸浮粒子的情況下，可在生產過程中添加穩定劑（**stabilisers**）⁵以保護聚氨酯彈性纖維免於受到會導致降解之元素的影響。

聚氨酯彈性纖維和其他纖維之混紡物

聚氨酯彈性纖維（**spandex**）是一款用途廣泛的纖維，因為它可與幾乎任何其他類型之纖維（包括天然纖維或人造纖維）混紡。

在許多情況下，聚氨酯彈性纖維與尼龍（聚醯胺<**polyamide**>）混合用於多種應用商品，尤其是泳裝。

此外，聚氨酯彈性纖維與棉、亞麻、聚酯、絲綢和羊毛之混紡也很常見。

為牛仔布料添加彈性性能已越來越普遍，在此類布料中加入聚氨酯彈性纖維可賦予舒適度，並因此而延長了牛仔成衣穿著舒適的時間。

在決定織物之拉伸量時，製造商會考慮織物的最終用途 – 無論是成衣應用還是醫療用紡織品應用。

例如，以提供寬鬆合身之成衣為目的的布料往往具有較低之聚氨酯彈性纖維含量。

⁵ 此類穩定劑（**stabilisers**）包括防霉添加劑（**anti-mildew additives**）、抗紫外線劑以及抑制纖維變色之化合物。這些穩定劑耐抗聚氨酯彈性纖維生產中所使用的溶劑。

相對的，用於透過壓縮肌肉來增強運動績效之成衣的布料則往往具有較高之聚氨酯彈性纖維含量。

使用聚氨酯彈性纖維與其他纖維混紡製成的成衣，依據其所含聚氨酯彈性纖維之含量，可分為三個類別，即：舒適性成衣、功能性成衣和機能性成衣。

含少量的聚氨酯彈性纖維 – 例如 1.5%到 5%之間 – 可為成衣增加足夠的彈性，使其具有"伸展性 (give)"和復原力，並因此而穿著起來感覺舒適。

含量更高 – 在壓縮成衣和泳衣等應用商品中高達 30% – 則可帶來更好之功能性特性。

成衣類	實例	聚氨酯彈性纖維含量 (%)
舒適成衣	牛仔褲、睡衣、T 恤	1.5~5.0
功能性成衣	戶外成衣、運動服	8.0~12.0
機能性成衣	壓縮成衣、泳裝	15.0~30.0

資料來源：Textiles Intelligence research。

在成衣中添加少量的聚氨酯彈性纖維可顯著提高其舒適度，而成本之增加相對較小。例如，含 2%聚氨酯彈性纖維的牛仔褲之成本僅比無彈性的同類商品貴 5%左右。

然而，對於含大量聚氨酯彈性纖維之成衣，其額外成本可能相當可觀。例如，含高達 20% 聚氨酯彈性纖維的尼龍泳衣可能比不含聚氨酯彈性纖維之泳衣價格高約 35%。

但值得注意的是，品牌聚氨酯彈性纖維的成本可能比非品牌聚氨酯彈性纖維高約 10%。

聚氨酯彈性纖維之問題

儘管聚氨酯彈性纖維在改善紡織品和成衣的舒適度和合身性方面提供了商機，但重要的是要認知聚氨酯彈性纖維 (spandex) 帶來之問題。

例如，聚氨酯彈性纖維是有效回收再利用紡織廢料的重大障礙。此外，發現了含聚氨酯彈性纖維之紡織品通常會造成超細纖維污染 (microfibre pollution)。

回收再利用之重大障礙

紡織成衣產業面臨越來越大的壓力，要求提高其產品之可回收再利用性，以因應：

- 零售商和消費者對該產業邁向循環經濟之需求日益增長；以及
- 事實上，紡織廢料的回收再利用已成為全球立法者之主要關注點。

然而，傳統的紡織品和成衣產品在其使用壽命終期後恐難回收再利用。

這是因為它們往往是使用纖維、染料和加工整理化學品之複雜混合物製成的，而現有的回收再利用工廠無法處理此類混合物。

因此，多達 73%之成衣最終被掩埋或在使用壽命終期時被焚化。

此外，據估計，只有 1%的紡織品被回收再利用製成新織物。

用於製造紡織品和成衣產品之大多數纖維混合物包含棉和聚酯，儘管有些通常含尼龍（聚醯胺）和其他纖維。

含纖維混合物的紡織品和成衣之回收再利用難度因聚氨酯彈性纖維（spandex）的增加而變得更加困難。一般來說，雖然其比例很小，但在全棉 T 恤中只要含 1%之聚氨酯彈性纖維，就足以讓該成衣遭回收再利用分揀廠拒收。

因此，自成衣中去除聚氨酯彈性纖維至關重要，以便在成衣使用壽命終期時促進有效的紡織廢料回收再利用。

然而，由於現有溶劑 - 二甲基甲醯胺（dimethylformamide，DMF）和二甲基乙醯胺（dimethylacetamide，DMA） - 能將聚氨酯彈性纖維與紡織品和成衣產品中之其他纖維分離，因此去除過程變得複雜，因為已知這些溶劑對環境有毒和有害。

為了克服聚氨酯彈性纖維對紡織廢料的有效回收再利用造成之障礙，正進行開發環保永續性且有效方法的研究，自使用纖維混合物製成之紡織品中，能順利將聚氨酯彈性纖維分離出來。

2023 年 10 月，奧地利維也納工業大學（Technische Universität，TU）的研究人員成功開發了一種"切實可行且具可擴展性（feasible and scalable）"之聚氨酯彈性纖維分離製程，為此類方法的開發邁進重要之一步。

值得注意的是，該製程使用了一款名為二甲基亞砜（dimethyl sulfoxide，DMSO）之無害溶劑。

比利時根特大學（Ghent University）的研究人員也進行了類似之開發，他們發現四氫糠醇（tetrahydrofurfuryl alcohol，THFA）和 g-戊內酯（gamma-valerolactone，GVL）是 DMF 和 DMA 的無危害替代品，可於紡織纖維中將聚氨酯彈性纖維分離出來。

超細纖維污染

除聚氨酯彈性纖維（spandex）對回收再利用造成障礙外，這款纖維還被發現恐造成超細纖維污染（microfibre pollution）。

隨著全球各地之立法者致力於減少紡織品和成衣產業對環境的不利影響，此一問題受到越來越多關注。

超細纖維污染在廢水、水道和海洋中尤其嚴重，並對更廣泛之生態系統構成重大威脅。

超細纖維污染的最大原因是：

- 紡織品和成衣在製造過程中超細纖維之脫落；以及
- 紡織品和成衣在家庭洗滌過程中超細纖維之脫落。

根據 2023 年 12 月出版於《整體環境科學 (Science of The Total Environment)》上的一項研究結果顯示，含聚氨酯彈性纖維之織物往往比含其他纖維之織物脫落更多的超細纖維。

該研究發現，織物中使用之聚氨酯彈性纖維比例越大，自織物上脫落的超細纖維量就越多。

此外，該研究還發現，由於家庭洗滌而自此類織物中釋放出的超細纖維量特別令人擔憂。

使用聚氨酯彈性纖維製成之織物中超細纖維的釋放尤其是有問題的，因為聚氨酯彈性纖維會浸濾出環境中之有害化學物質。這些化學物質包括：

- 雙酚化合物 (bisphenols)；以及
- 鄰苯二甲酸鹽 (phthalates)。

替代性彈性纖維

賦予織物拉伸彈性能最常用的方法是加入聚氨酯彈性纖維 (spandex)。

然而，有幾種替代性之非彈性體纖維 (non-elastomeric fibres) 可賦予這些特性。

其缺點是，非彈性體的彈性纖維提供之彈性水準低於聚氨酯彈性纖維所提供的彈性水準。然而，它們通常比聚氨酯彈性纖維價廉。而且，它們足以使用在對織物彈性要求不高之商品，例如休閒服和戶外成衣。

這在消費者需要彈性材料但不希望使用聚氨酯彈性纖維的具緊身效果之材料市場中，是一個優勢。

此外，非彈性體彈性纖維為加工纖維時遇到困難，但因成本無法使用聚氨酯彈性纖維的織物製造商提供了商機。

然而，非彈性體彈性纖維之缺點是，相較使用聚氨酯彈性纖維製成的織物，加入非彈性體彈性纖維之織物隨著時間的推移更容易變形並變得鬆垮。

聚烯烴彈性纖維 (elastolefin)

聚烯烴彈性纖維 (elastolefin) 是一種固有型彈性纖維，可拉伸至其原始長度之一倍半，但在釋放時可快速恢復至其初始長度。

該纖維由至少 95% 的大量高分子 (macromolecules) - 包含乙烯 (ethylene) 和至少一種其他烯烴 (olefin) - 組成。其分子是部分交聯的。

Elasterell

Elasterell 是一種聚酯纖維，它包含兩種聚合物，其在製造過程中以不同之速率收縮，因此而產生具有平滑螺旋形捲曲的纖維。

相較捲曲或變形紗線，該纖維被認為具優異之拉伸和恢復性能，以及卓越的柔軟度和光滑度，因為纖維中之捲曲不是機械性因素導致的。

此外，Elasterell 具良好之耐用性、低收縮性和易護理特性。

相較傳統聚酯，elasterell 具有：

- 抗氯性 (chlorine resistant)；
- 不褪色；
- 更柔軟；以及
- 能承受反覆拉伸，同時仍保持其強度。

就彈性方面而言，Elasterell 代表聚氨酯彈性纖維 (spandex) 和變形聚酯纖維之混合體，更具體地說，它的彈性比聚氨酯彈性纖維小，但比變形聚酯彈性大。

這種特性使其適用於需要適度彈性或舒適彈性的織物，也適用於那些在技術上難以使用聚氨酯彈性纖維 – 尤其是輕質機織織物 – 之企業。

橡膠

橡膠纖維 (rubber fibres) 是最早用來賦予織物拉伸彈性特性的纖維之一。

然而，橡膠纖維具有許多主要缺點，尤其是它們相對粗糙和沉重，而添加橡膠纖維的織物將損及其所提供之舒適度。

此外，它們很難染色，並且很容易因以下原因而降解：

- 大氣污染物；
- 身體油脂；以及
- 含氯漂白劑。

此外，天然橡膠會偶有短缺將導致其價格和供應量大幅波動。

聚氨酯彈性纖維 (spandex) 通常被認為優於橡膠，因為它重量更輕，彈性更強，拉伸強度更高。而且，它是可染色的，並且更耐洗滌劑、含氯漂白劑、乳液、大氣污染物和身體油脂。

彈性聚酯纖維

彈性聚酯纖維 (stretch polyester fibres) 包括：

- 聚對苯二甲酸丁二醇酯 (polybutylene terephthalate, PBT) 纖維；以及
- 聚對苯二甲酸丙二醇酯 (polytrimethylene terephthalate, PTT) 纖維。

相較傳統的聚對苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 聚酯纖維，這兩種類型之纖維皆具有更高水準的拉伸彈性和恢復能力。

然而，PBT 纖維和 PT 纖維之延展性皆不如聚氨酯彈性纖維（spandex），因為它們的伸長率僅達 20~40%，而聚氨酯彈性纖維之伸長率高達 200~800%。

在這兩種纖維類型中，PTT 纖維比 PBT 纖維具有更高水準的拉伸彈性和恢復能力。

然而，PBT 纖維對包括氯在內之化學物質具有很高的耐受性，因此，PBT 纖維是使用於製造泳裝之非彈性體纖維的熱門選擇。

相較聚氨酯彈性纖維，彈性聚酯纖維具有許多優點。尤其是，它們成本更低、更容易加工，並且非常適合需要舒適拉伸彈性（comfort stretch）⁶之應用商品（參見表 1）。

市面上大多數彈性聚酯纖維皆是通用的，因為它們相對較低之成本不適用於品牌化。

聚對苯二甲酸丙二醇酯（PTT）纖維

聚對苯二甲酸丙二醇酯（PTT）是一種由 1,3-丙二醇（propane-1,3-diol，PDO）和對苯二甲酸（terephthalic acid）合成的一種聚酯聚合物。

PDO 可由石油基化學品合成。

或者，它可使用縮聚製程（condensation polymerisation process）自生物基材料合成。

PTT 通常縮寫為 3GT，因為它的單體結構中僅包含三個甲烯基（methylene groups）。相較之下，聚對苯二甲酸乙二醇酯（PET）聚酯則包含兩個甲烯基，因此通常縮寫為 2GT，而 PBT 通常縮寫為 4GT。

3GT 纖維與 2GT 纖維的差異在於：

- 模量較低，因此而較柔軟；
- 更佳之拉伸彈性和復原性能；以及
- 低溫染色性更好。

PTT 纖維之延展性不如聚氨酯彈性纖維，但它們是聚酯中延展性最強的品種。

而且，相較其他品種之聚酯纖維，它們具有最高的復原水準。事實上，以 PTT 製成之纖維能在 120%伸長後完全復原。

這是因為 PTT 的聚合物鏈具有緊密纏繞之螺旋狀結構，其功能類似於螺旋彈簧。

此外，PTT 纖維也比其他聚酯纖維具有更柔軟的觸感，具有良好的耐沾污性，並且可在 100EC 下輕易染色，而 PET 聚酯則需在 130EC 高壓條件下染色。

聚對苯二甲酸丙二醇酯（PTT）纖維之生產

聚對苯二甲酸丙二醇酯（PTT）纖維透過熔融擠出（melt extrusion）製程生產。

⁶ 舒適拉伸彈性（comfort stretch）可被定義為提供感官舒適度和成衣合身度所需之彈性。

在熔融擠出製程之前，必須對 PTT 聚合物進行乾燥，以確保其水分含量低於 30ppm（百萬分之一）。

在使用乾燥氮氣（dry nitrogen）的環境中，該纖維在比其熔化溫度（250~260EC）高約 20EC 之溫度下透過噴絲板（spinneret）擠出。

擠出過程產生直徑在 0.2~0.4 毫米範圍內的纖維。

PTT 纖維在擠出後立即結晶，與 PET 聚酯不同，後者必須在擠出後冷卻才能產生結晶。

而且，PTT 纖維在捲繞過程中進一步結晶，並透過汽蒸（steaming）可加速其結晶過程。

聚對苯二甲酸丁二醇酯（PBT）纖維

聚對苯二甲酸丁二醇酯（PBT）是一種聚酯聚合物，由對苯二甲酸二甲酯（dimethyl ester of terephthalic acid）和 1,4-丁二醇（butane-1,4-diol）合成。

該聚合物在其單體結構中含四個甲烯基（methylene groups），因此通常縮寫為 4GT。相較之下，聚對苯二甲酸丙二醇酯（PTT）含三個甲烯基，因此縮寫為 3GT，而 PET 是含兩個甲烯基的聚酯聚合物，是因此縮寫為 2GT。

PBT 纖維之延展性不如聚氨酯彈性纖維或 PTT 纖維，但它們確實具有多種特性，使其成為用於戶外成衣、運動服和泳衣中的彈性纖維之熱門選擇。

這些特性包括：

- 優異的抗氫性 – PBT 纖維之抗氫性優於傳統聚氨酯彈性纖維；
- 卓越之耐鹽水性能；
- 染色性佳；
- 耐洗牢度佳；
- 良好的耐汗性能；
- 高強度；以及
- 吸濕性低 – PBT 纖維浸水 24 小時後吸濕率低於 0.1%。

聚對苯二甲酸丁二醇酯（PBT）纖維之生產

聚對苯二甲酸丁二醇酯（PBT）纖維的生產與聚對苯二甲酸丙二醇酯（PTT）纖維之生產相似，兩種類型的纖維皆是透過熔融擠出製造而成。

在擠出過程之前，必須對 PBT 聚合物進行乾燥，以確保其水分含量低於 30ppm（百萬分之一）。

在使用乾燥氮氣的環境中，其纖維在比其熔化溫度（250~260EC）高約 20EC 之溫度下透過噴絲板擠出。

擠出過程產生直徑在 0.2~0.4 毫米範圍內的纖維。

與 PTT 纖維一樣，PBT 纖維在擠出後立即結晶，並在捲繞過程中進一步結晶。

此外，透過汽蒸可加速結晶過程。

全球彈性纖維市場

聚氨酯彈性纖維（spandex）佔全球彈性纖維市場約 67%⁷，但在全球所有纖維類型市場中，聚氨酯彈性纖維之市占率僅達 1% 左右。

全球彈性纖維市場之其餘部分由聚對苯二甲酸丙二醇酯（PTT）、聚對苯二甲酸丁二醇酯（PBT）和其他較小眾的聚酯纖維 – 例如彈性多聚酯纖維（elastomultiester fibres） – 組成。

根據紡織品交易所（Textile Exchange）提供之數據顯示，2022 年全球聚氨酯彈性纖維產量達到創紀錄的 124 萬噸，首次突破 100 萬噸是在 2020 年。

此外，在 2017 年至 2022 年期間，全球聚氨酯彈性纖維產量激增 51.2%，自 82 萬噸增長至 124 萬噸⁸。

在 2010 年至 2020 年的十年期間，全球聚氨酯彈性纖維市場價值以複合年成長率（compound annual growth rate, CAGR）9% 成長 – 代表持續且令人印象深刻之成長率，整體而言，是全球纖維市場平均成長率的兩倍以上。

在 2010 年至 2020 年期間全球聚氨酯彈性纖維市場所記錄之價值增長率與全球更廣泛的合成纖維市場趨勢息息相關。

根據 Lenzing Group（Lenzing）⁹ 表示，相較棉纖維和其他天然纖維之供應，合成纖維的供應增長不成比例地偏高。

2021 年，全球合成纖維產能達到 7,500 萬噸左右，佔全球纖維產量之 66%，比 1970 年提高了 48%，當時全球合成纖維產能佔全球纖維產量的 18%。

展望未來，預計 2020 年至 2030 年期間，全球聚氨酯彈性纖維市場價值將以 7.3% 之複合年成長率（CAGR）成長，達到 169 億美元¹⁰。

⁷ 參見 Wood Mackenzie – 總部位於英國倫敦的公司，提供包括化學品、能源、石油和天然氣、金屬與採礦。

⁸ 參見紡織品交易所（Textile Exchange） – 位於美國德克薩斯州 Lamesa 之非營利組織，致力於促進紡織品和成衣供應鏈的環保永續性發展 – 分別於 2022 年 10 月與 2023 年 12 月出版之《2022 年優選纖維和材料市場報告（Preferred Fiber And Materials Market Report 2022）》以及《2023 年材料市場報告（Materials Market Report 2023）》。

⁹ Lenzing Group（Lenzing）是總部位於奧地利 Lenzing 專業從事木質纖維素纖維製造之公司。

¹⁰ 參見 2022 年 3 月 Allied Market Research 出版之《Spandex 纖維市場，依生產方法別（溶液乾紡、溶液濕紡、其他）以及依應用別（成衣及服飾品、家居用品、其他）劃分：2020~2030 年全球商機分析和產業預測（Spandex Fiber Market by Production Method<Solution Dry Spinning、Solution Wet Spinning、Others>，by Application<Apparel and Clothing、Home Furnishing、Others>:Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2020-2030）》。Allied Market Research 是總部位於美國德拉瓦州 Wilmington 的市場研究公司和商業諮詢公司。

推動全球聚氨酯彈性纖維市場價值成長的最重要因素，是消費市場對運動服和健身運動成衣之需求增加，而此部分原因是消費者對健康生活方式的益處之認知不斷增長¹¹。

其他推動成長之因素包括：

- 對壓縮成衣和塑身衣的需求增加；以及
- 工作服舒適度之趨勢。

相較之下，抑制全球聚氨酯彈性纖維市場價值成長的威脅性因素包括：

- 相較尼龍（聚醯胺）和聚酯等其他纖維，聚氨酯彈性纖維之市場價格較高；以及
- 相較其他纖維，聚氨酯彈性纖維之製造過程非常繁瑣。

例如，生產聚氨酯彈性纖維的方法包括在封閉氣體系統環境下擠出。

但這比生產尼龍和聚酯之方法 – 包括在大氣環境下擠出 – 的靈活性要低得多。

此外，與含聚氨酯彈性纖維之紡織廢料回收再利用相關的挑戰正促使纖維製造商探索聚氨酯彈性纖維之替代品，這些替代品可提供相當的拉伸彈性水準，並且可使用現有之回收再利用技術來進行回收再利用。

透過這種方式，客戶就不需安裝新設備或更改生產線。

如果此領域取得突破，可能會造成全球聚氨酯彈性纖維市場相當大的阻礙。

聚氨酯彈性纖維之地域市場

光是中國大陸就佔全球聚氨酯彈性纖維（spandex）產量約 75%。

此外，該國聚氨酯彈性纖維生產的基礎建設正持續快速擴張。

同時，中國大陸國內對聚氨酯彈性纖維之需求也正加速成長。

公司	總部
Hightsun Group	中國大陸福建省福清市
Jiangsu Shuangliang Spandex（江蘇雙良氨綸）	中國大陸江蘇省江陰市
LDZ New Aoshen Spandex LDZ（新奧神氨綸）	中國大陸江蘇省連雲港市
Xiamen Lilong Spandex（廈門力隆氨綸）	中國大陸福建省廈門市
Yantai Tayho Advanced Materials（煙台泰和新材）	中國大陸山東省煙台市
Huafon Chemical（華峰化學）	中國大陸浙江省溫州市

資料來源：Textiles Intelligence research。

¹¹ 參見 2023 年 9 月 Grand View Research 出版之《2020~2027 年 Spandex 市場規模、市占率和趨勢分析報告 – 依技術<濕紡、溶液乾紡>、依應用商品<成衣、醫療>、依地區<亞太地區、北美、中東和非洲>，以及細分市場預測 (Spandex Market Size、Share & Trends Analysis Report By Technology<Wet-spinning、Solution Dry-spinning>、By Application<Clothing, Medical>、By Region<APAC、North America、MEA>、And Segment Forecasts, 2020~2027)》。Grand View Research 是總部位於美國加利福尼亞州舊金山的市場研究公司。

然而，向中國大陸出口聚氨酯彈性纖維的非中方公司將難以利用這一機會，因為他們將面臨中國大陸市場之激烈競爭，因此，他們可能需在其他出口市場尋找新的商機。

儘管如此，向中國大陸以外國家之出口可能會構成挑戰，尤其是因為全球聚氨酯彈性纖維市場處於供應過剩狀態，這對銷售價格造成下跌壓力。

尤其是，受新冠肺炎（COVID-19）疫情¹²影響導致全球經濟成長緩慢，2019 年全球聚氨酯彈性纖維消耗量降至 93 萬噸，2021 年僅達 77 萬噸。

其他被認為是聚氨酯彈性纖維主要生產國的國家包括日本、南韓和美國，例如總部位於南韓首爾之跨國集團曉星（Hyosung）是全球最大的聚氨酯彈性纖維生產商，產能約佔全球之 30%。

公司	總部
Asahi Kasei（旭化成）	日本東京
Covation Biomaterials	美國德拉瓦州 Newark
Fulgar Castel	義大利 Goffredo
Hyosung（曉星）	南韓首爾
Indorama India	印度 Gurgaon
Nisshinbo Textile	日本東京
Nylstar	西班牙 Girona
Taekwang Industrial	南韓首爾
The Lycra Company	美國德拉瓦州 Wilmington
TK Chemical Corporation	南韓首爾
Teijin Frontier	日本大阪
Unifi	美國北卡羅來納州 Greensboro
XLANCE Varallo	義大利 Pombia

資料來源：Textiles Intelligence research。

彈性纖維：龍頭生產商和創新發展

旭化成（Asahi Kasei）：Dorlastan 和 Roica

Dorlastan 和 Roica 是旭化成 - 總部位於日本東京之國際化學品和材料科學公司 - 生產的聚氨酯彈性纖維（spandex）品牌。

Dorlastan

旭化成生產兩種 Dorlastan 類型，即 Dorlastan FR 和 Dorlastan V550。

¹² COVID-19，也稱為 2019 冠狀病毒（coronavirus）疾病，是由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）引起之傳染病。該病毒於 2019 年 12 月在中國大陸武漢首次發現。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，PHEIC），並於 2020 年 3 月 11 日宣佈其為疫情（pandemic）。然而，在 2023 年 5 月 5 日，世界衛生組織宣佈，COVID-19 不再構成為國際關注的公共衛生緊急事件（PHEIC），而是既定且持續存在之健康議題。

Dorlastan FR 是一款阻燃彈性纖維，建議使用於寢具、窗簾隔間和室內裝潢。

Dorlastan V550 作為一種環保永續性纖維進行銷售，建議使用於內衣、蕾絲和窄幅布料之製造。

根據旭化成表示，Dorlastan 纖維具高水準的拉伸彈性並有優異之染色性。

Roica

旭化成以 Roica 品牌生產各種聚氨酯彈性纖維。

根據最終用途的不同，這些纖維之性能略有差異。

同時，旭化成正繼續開發新版本的 Roica 聚氨酯彈性纖維。

例如，2023 年 10 月，該公司宣佈將開發一款新型之 Roica 聚氨酯彈性纖維，它將使用可再生原材料製成。

最初，該纖維將開發用於運動服應用商品，但最終該公司打算將該纖維銷售為用於其他紡織品市場。

此纖維的開發是旭化成與總部位於德國 Ludwigshafen 之國際化學品公司 BASF 之間達成合作協議的結果。

根據其協議條款，BASF 將供應旭化成名為聚四氫呋喃（polytetrahydrofuran，PolyTHF）之聚合形式的四氫呋喃（tetrahydrofuran，THF）。THF 是一種無機化合物，是聚合物製造中之常見前驅物（precursor）。

該 PolyTHF 將用來作為製造用於新型 Roica 纖維的彈性體之中間體。

BASF 所提供的聚四氫呋喃之重點在於，它將部分採用生物質平衡（biomass balancing）¹³ 方法由可再生原材料 – 而非來自化石燃料的原材料 – 製造而成。

指定用於 THF 的可再生原材料之環保永續性已根據 REDcert 2 – 由位於德國 Bonn 的名為 REDcert¹⁴之公司所開發的認證體系 – 進行了驗證。

REDcert 2 可應用於經過加工以作為食品、動物飼料或使用於以製造為目的之生物質的農業原材料。

此認證證實原材料：

¹³ 生物質平衡（biomass balancing）是一種使用可再生材料取代來自化石燃料之原材料的製造方法。該方法可使用兩種方法之一來應用，即替代或補償。在替代方法的情況下，來自化石燃料之原材料被類似的可再生材料取代。在補償方法中，可再生材料與來自化石燃料的原材料結合在一起，並在早期階段送入製造過程。以這種方式製造之產品可被宣稱為具有源自可再生材料的功能性特性。即使產品是包含了可再生材料和源自化石燃料之原材料組合的情況下，也是如此。但產品中所含材料之比例不能被確定。

¹⁴ REDcert 總部位於德國 Bonn，由農業和生物燃料產業之協會和組織所組成的聯盟，於 2010 年成立。該公司為各種產業設計、開發和提供永續性發展之認證體系。它擁有三個認證體系，即 REDcert-DE、REDcert-EU 和 REDcert 2。

- 比它們打算取代之材料更具永續性；
- 已按所需數量投入製造過程；以及
- 已正確歸屬為加工製品。

旭化成表示，由於採用了 PolyTHF，新型 Roica 纖維之碳足跡將比現有 Roica 纖維類型的碳足跡減少 25%。

值得注意的是，新型 Roica 纖維之品質將與現有類型纖維的品質相當，並且新型纖維將適合於現有製造流程中直接取代此類纖維。透過這種方式，客戶就不需安裝新設備或更改生產線。

Covation Biomaterials : Sorona

Sorona 是一種 PTT 纖維，以 Sorona 聚合物紡成，為位於美國德拉瓦州 Newark，專業生產高功能性生物基材料之公司 Covation Biomaterials¹⁵所製造。

Sorona 聚合物是使用 PTT 生產的，PTT 則是以生物基丙烷-1,3-二醇（propane-1,3-diol，PDO）- 品牌名 Bio-PDO - 與對苯二甲酸（terephthalic acid，TPA）或對苯二甲酸二甲酯（dimethyl terephthalate，DMT）結合，使用縮聚製程合成。

Bio-PDO 使用自玉米中提取的葡萄糖生產，因此被認為比自石油中提取之 PDO 更具環保永續性。

此外，用於製造 Sorona 聚合物的製程涉及閉環生產系統，完全不含重金屬催化劑和添加劑。

Fulgar : Evo

Evo 是一種功能性纖維，以源自蓖麻籽（castor beans）油之生物聚合物製造而成。

該纖維為位於義大利 Castel Goffredo 的紗線製造商 Fulgar 所生產。

蓖麻籽含蓖麻毒素（ricin）- 一種劇毒物質，因此人類不能將其當作食物食用。

因此，使用自蓖麻籽中提取的油來製造 Evo 不會影響人類食物鏈，這與纖維工業中使用之替代生物聚合物不同，後者消耗的資源可作為食品消費或用於農業目的。

據稱，以 Evo 製成之布料具有抑菌、透氣、隔熱、輕盈、可拉伸和快乾等特點。

此外，它們還有助控制氣味，且不需熨燙，因為它們不會起皺。

Evo 可應用於任何成衣產品，但特別適合用於運動服。

華峰化學公司（Huafon Chemical）：千禧（Qianxi）

¹⁵ Sorona 最初由杜邦（DuPont）生產，該公司位於美國德拉瓦州 Wilmington，為包括紡織業在內之廣泛產業生產特種化學品、纖維、織物和不織布。然而，杜邦公司於 2022 年 5 月撤出其杜邦生物材料（DuPont Biomaterials）部門，將業務轉讓給華峰集團（Huafon Group）- 總部位於中國大陸浙江省溫州市專業從事化學品和纖維開發之公司。此次撤資包括轉讓杜邦生物材料部門的生物基材料產品系列，其中包括 Sorona、Susterra 和 Zemea。作為撤資的一部分，華峰集團重新推出杜邦生物材料並以 Covation Biomaterials 為名進行獨立業務。

千禧是華峰化學公司生產之聚氨酯彈性纖維（spandex）長纖維，華峰化學公司是位於中國大陸浙江省溫州的華峰集團（Huafon Group）－專業自事化學品和纖維開發－之子公司。

根據華峰化學公司表示，千禧擁有多項功能性特性，即：

- 低密度；
- 優異的耐用性；
- 高伸長率；
- 高強度；以及
- 拉伸恢復率超過 96%。

該公司供應線密度為 15 丹尼爾（denier）至 840 丹尼爾之千禧聚氨酯彈性纖維長纖維。

此纖維適用於製造繃帶和其他醫療產品、休閒成衣、彈性鞋帶、襪類、短襪、運動服、護具和內衣。

該長纖維可：

- 作為裸絲紗（bare filament yarn）¹⁶融合到針織布中；以及
- 用於製造包覆紗（covered yarns）和包芯紗（core-spun yarns）¹⁷。

曉星（Hyosung）：creora 和 Xanadu

creora 是聚氨酯彈性纖維（spandex）品牌，Xanadu 則是彈性聚酯纖維品牌。

兩者均為曉星（Hyosung）－總部位於南韓首爾之跨國集團，也是全球最大的聚氨酯彈性纖維生產商－所製造。

creora

曉星生產多種 creora 纖維，佔據聚氨酯彈性纖維市場約 40%，並且每種類型皆具不同於其他類型之功能與特性。

creora 纖維的最新類型包括：

- creora 3D Max 聚氨酯彈性纖維；以及
- creora 生物基聚氨酯彈性纖維。

該公司提供多種 Creora 3D Max 聚氨酯彈性纖維，其目的是為了提供高功能性之拉伸彈性和復原性能。

¹⁶ 術語裸絲紗（bare filament yarn）是指一種沒有被其他材料塗覆或包覆之長絲纖維。因此，它具有最大的靈活性和活動性。這種類型之長絲纖維因其彈性和延展性而常被使用於紡織品和成衣。也常被使用於健身運動成衣、運動服等以提供舒適性與緊貼合身性。聚氨酯彈性裸絲纖維通常與棉、尼龍或聚酯等其他纖維混紡，以打造舒適及合身的成衣，如緊身褲、運動服、泳衣和健身運動成衣等。該聚氨酯彈性裸絲纖維有助於織物保持其形狀，同時允許大範圍之活動。

¹⁷ 包芯紡紗（core spinning）是一種將纖維扭繞於現有紗線－例如長絲或短纖紗－上之加撚製程，以形成皮芯（sheath core）結構，並將現有紗線形成為所產生紗線的內芯。

然而，最新類型的 **creora 3D Max 聚氨酯彈性纖維** 之設計目的是為了提供與現有 creora 3D Max 聚氨酯纖維相同的性能，同時顯著減少聚氨酯彈性纖維含量。

該公司以這種方式設計纖維，是為了因應聚氨酯彈性纖維在使用壽命終期時對紡織品廢棄物回收再利用所帶來的挑戰。

與 creora 3D Max 纖維一樣，曉星也提供多種類型之 **creora 生物基聚氨酯彈性纖維**。該公司最初於 2022 年推出了 creora 生物基聚氨酯彈性纖維。

當時，該纖維僅含 30% 生物基材料，即全部或部分是由生物資源製成的材料，但最新版本之纖維含更高比例的生物基材料。

根據曉星表示，製造 1 公斤 creora 生物基聚氨酯彈性纖維之碳足跡比製造 1 公斤傳統聚氨酯彈性纖維的碳足跡少了 20%。

最新版本之 creora 生物基聚氨酯彈性纖維的生物基含量已通過美國農業部（US Department of Agriculture，USDA）和 SGS 之驗證。SGS 是總部位於瑞士日內瓦的國際公司，提供認證、檢驗、測試和驗證服務。

此外，該纖維還持有 SGS 環保產品認證標誌（SGS Eco-Product Mark），該標誌授予符合四項嚴格環保標準之產品，即能源、有害物質、回收再利用，以及資源。

Xanadu

Xanadu 是曉星開發的一種"潛在捲曲 (latent crimped)" 拉伸彈性聚酯纖維，其可達到 42% 之伸長率和 85% 的回復率。

根據曉星表示，Xanadu 提供了多項令人印象深刻之功能性特性，尤其是：

- 促進快速乾燥；
- 相較聚氨酯彈性纖維，具有更優越的染色性；
- 耐溶劑；
- 抗氯性；
- 耐高溫；並且
- 具有良好的形狀穩定性。

此纖維適用於多種最終用途，包括休閒服、正式禮服、家居服、運動配件、運動服（包括泳裝）和內衣。

Indorama India : Inviya

Inviya 是 Indorama India 生產之聚氨酯彈性纖維品牌，Indorama India 是 Indorama Corporation¹⁸ – 總部位於新加坡之化學品公司，是使用於各種應用產品的氮肥、磷肥、聚乙烯、聚丙烯和聚酯等製造領域之全球龍頭商 – 的子公司

該纖維由位於印度 Baddi 的工廠生產，該工廠年產能達 5,000 噸。

¹⁸ Indorama Corporation 還擁有 Indorama Ventures (IVL) – 總部位於泰國曼谷之化學品公司，是聚對苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 樹脂和聚酯製造領域的全球龍頭商。

事實上，據知 Inviya 是唯一在印度生產之聚氨酯彈性纖維，大部分供應印度市場 – 不過也出口到孟加拉和巴基斯坦等鄰國。

該纖維適用於多種應用商品，包括運動服、牛仔布、時尚成衣、內衣、襪類與緊身褲，以及泳裝。

自生產製程來看，Inviya 纖維可被：

- 用於空氣包覆紗和包芯紗製程；以及
- 作為裸絲紗編織成織物。

Inviya I-300

Inviya 纖維之最新類型名為 Inviya I-300 系列，相較傳統 Inviya 纖維，I-300 纖維具有：

- 更高的韌性和強度；
- 更高的拉伸彈性和復原力；以及
- 更高水準的耐熱性。

因此，它適合用於：

- 高速之製造製程；以及
- 高溫之製造製程。

I-300 系列的開發是為了滿足消費者對長期穿著後仍能保持形狀之產品 – 例如牛仔褲、緊身褲和內衣 – 日益增長的需求。

根據 Indorama India 表示：「使用 I-300 產品生產之成衣可在長時間穿著後讓拉伸彈性製品 – 如牛仔服、厚實褲裝 (bottoms weights)、緊身褲和貼身衣物等 – 產生更良好的形狀保持性。這些產品項目在印度取得了兩位數之成長，而品質優良的 spandex 是這一趨勢之關鍵驅動力。」

Lubrizol : X4zol-J

X4zol-J 是一種熱塑性聚氨酯 (thermoplastic polyurethane, TPU) 單絲纖維，為總部位於美國俄亥俄州 Wickliffe 的國際化學品公司 Lubrizol 所製造。

這種纖維被 Lubrizol 公司稱為"革命性 (revolutionary)"纖維，具有比聚氨酯彈性纖維更高之分子量，因此，採用 X4zol-J 的織物比採用聚氨酯彈性纖維之織物更細緻、更柔軟、更堅固而且更耐用。

此外，含 X4zol-J 的織物具有多種功能性特性，尤其是透氣、涼爽、舒適、快乾，並且有利於吸濕排汗。

同時，他們對以下方面有耐抗力：

- 氯；以及
- 紫外線 (ultraviolet, UV) 輻射。

此外，採用 X4zol-J 之織物可提供與採用聚氨酯彈性纖維的織物相同之壓縮水準，但它們比採用聚氨酯彈性纖維的織物更易於拉伸。

因此，使用 X4zol-J 製成之壓縮成衣的功能性等級與使用聚氨酯彈性纖維製成之壓縮成衣相當，但更易於穿著。

X4zol-J 採用熔融擠出製程製造，此製程所需的溫度低於聚氨酯彈性纖維之製造製程。此外，用於製造 X4zol-J 的製程不含溶劑。因此，該纖維被認為對人類和環境是安全的，以至於達到被認證為符合 Standard 100 by Oeko-Tex¹⁹標準之程度。

X4zol-J 可被：

- 作為裸絲紗融合到針織物中；以及
- 用於製造包芯紗。

除壓縮成衣之外，X4zol-J 還適用於範圍廣泛之紡織品和成衣應用商品，包括運動休閒成衣、基底層成衣、牛仔成衣、鞋面、襪類、軍用成衣和裝備、泳裝，以及內衣。

Nylstar : Meryl

Meryl 是 Nylstar²⁰ – 位於西班牙 Girona，全球最大的尼龍纖維生產商之一 – 所生產之尼龍（聚醯胺）品牌。

該公司在其 Meryl 系列纖維中提供多種彈性纖維，包括：

- Meryl Elite；以及
- Meryl Nateo。

Meryl Elite 是一種優質尼龍 6.6 纖維，其設計目的是為使用於製造包芯紗聚氨酯彈性纖維（spandex）紗線。

使用 Meryl Elite 製成之紗線非常適用於襪類應用商品，因為它們具卓越的彈性和形狀保持性，並且重量輕而耐磨損。

Meryl Nateo 是一種固有型拉伸彈性尼龍 6.6 纖維，適用於製造：

- 運動服；
- 泳衣；以及
- 內衣。

該纖維的設計目的是為添加該纖維之織物提供舒適度和柔軟度。此外，使用該纖維製成的織物具有吸濕排汗特性，因為它們能快速將水分自織物之內表面芯吸到織物的外表面。因此，含此類織物之成衣有助於讓穿著者保持乾爽和舒適，即使在高強度運動時也是如此。

該纖維的其他特性包括：

- 耐磨損和防紫外線（UV）輻射；以及
- 優異的染色牢度。

¹⁹ Standard 100 by Oeko-Tex 標準證明產品不含有害物質。該標準可用於測試生產過程中任何階段的原材料、中間產品和最終產品。

²⁰ 尼龍（聚醯胺）的另一家主要生產商是總部位於以色列 Migdal HaEmek 之 Nilit。

Rheon Labs : Rheon

Rheon 是 Rheon Labs – 總部位於英國倫敦，專業自事先進聚合物開發之公司 – 所開發的獨特熱塑性彈性體（thermoplastic elastomer）。

Rheon 可用於製造紡織品用之纖維，這些纖維具拉伸彈性且對能源有反應，因為它們可主動抑制和/或控制能源。

使用 Rheon 製成的織物柔軟而富有彈性，在受力時表現瞬間之堅挺度，儘管在緩慢拉伸時它們可拉伸很長的距離。

依據 Rheon Labs 表示，使用此類織物製成之成衣有助於防止不必要的肌肉移動和剪切應力（shear stress）²¹。這是因為採用 Rheon Labs 纖維之成衣就像反應性外骨骼（exoskeleton）一樣，可減少肌肉效率低下和由此導致的功能性受損。

因此，使用 Rheon 製成的織物非常適用於多種技術應用商品，包括：

- 壓縮成衣中之肌肉支撐；
- 運動服中之傷害預防；以及
- 運動胸罩中之軟組織支撐。

The Lycra Company : Lycra

Lycra 品牌的聚氨酯彈性纖維長期以來一直主導著優質彈性纖維市場。

Lycra 纖維為 The Lycra Company²²製造，該公司位於美國德拉瓦州 Wilmington，擁有令人印象深刻之功能性纖維和品牌系列，包括 Coolmax、Elaspan、Supplex、Tactel 和 Thermolite。

當施加張力時，Lycra 纖維可拉伸其原本長度之四到七倍。

此外，當張力釋放時，它們會回彈到原來的長度。

Lycra 纖維幾乎可與任何其他纖維類型結合，以達到不同程度之拉伸彈性和復原，而且不會影響添加了該纖維的織物之觸感和外觀。

然而，含 Lycra 纖維的織物之彈性程度和方向皆取決於 Lycra 纖維的用量以及它們如何被針織或機織成織物。

Lycra 纖維適用於各種成衣最終用途，而且它們可為品種繁多之特定應用商品提供專用性能。

²¹ 當兩個力道彼此平行但方向相反時，就會產生剪切應力（shear stress）。在體內，剪切應力會導致肌肉和/或組織相對於另一個肌肉和/或組織移動或移位。這種應力會導致肌肉和/或組織撕裂傷。

²² The Lycra Company 為 Lindeman Asia Investment、Lindeman Partners Asset Management、Tor Investment Management 和 China Everbright Limited 等金融機構集團所擁有。在經過一連串針對該公司當時的所有者 – 即如意科技集團（Ruyi Technology Group – 山東如意 < Shandong Ruyi >） – 之執法訴訟，這些機構於 2022 年 6 月獲得了該公司的全部股權。這些訴訟是由於山東如意於 2019 年 1 月從 Koch Industries – 總部位於美國堪薩斯州 Wichita 之跨國公司 – 收購 The Lycra Company 以來發生的一系列貸款違約而被執行的。

The Lycra Company 不斷開發新纖維以滿足消費者的需求，並不斷開發新 Lycra 品種來應用於特定之最終用途。最新、最引人矚目的 Lycra 品種之一是 **Lycra Lasting Fit 2.0**。該纖維成為了該公司現有的 Lycra Xtra Life 纖維系列之一部分，該系列還包括 Lycra EcoMade 和 Lycra T400 EcoMade。

除具拉伸彈性性能外，使用 Lycra Lasting Fit 2.0 製成的織物據稱比使用傳統聚氨酯彈性纖維製成之織物更耐用。

此外，它們還具有卓越的復原性能，而相對的，也提高使用該織物製成之成衣的舒適度。

Unifi : Reflexx

Reflexx 是 Unifi – 位於美國北卡羅來納州 Greensboro 專業生產合成和再生功能性纖維的公司 – 生產之彈性纖維產品系列。

據知這些纖維非常耐用，因為它們的拉伸彈性特性在其所添加之織物的使用壽命期間內皆保持不變。此外，它們還具有快乾特性和易護理之特性。

因此，這些纖維適用於範圍廣泛的最終用途商品，包括：

- 牛仔布；
- 針織品；
- 軍用成衣；
- 功能性成衣；以及
- 工作服。

大多數 Reflexx 纖維皆可融合到 Unifi 所謂的"一體化 (all-in-one)"高功能性紗線中。

它們在單紗 (single yarn) 中結合了多種特性，包括吸濕排汗和紫外線 (UV) 輻射防護。

此外，它們還可與其他 Unifi 產品結合使用，包括 Repreve – 一種由 100%源自廢棄塑料瓶之再生聚酯製成的聚酯纖維，以賦予其拉伸彈性性能。

XLANCE : XLANCE 纖維

XLANCE 纖維是一種以聚烯烴 (polyolefin) 為基質之彈性纖維，為位於義大利 Varallo Pombia 的纖維技術公司 XLANCE 所製造。

該纖維最初由陶氏化學公司 (The Dow Chemical Company)²³於 2002 年推出，名為 XLA 纖維。

然而，2010 年 7 月，該公司決定終止生產該纖維，以作為致力於重整其業務組合的一部分。

因此，該公司於 2011 年出售了如下產品給 XLANCE：

²³ 陶氏化學公司 (The Dow Chemical Company) 是總部位於美國密西根州 Midland 之材料科學公司。2017 年 8 月，該公司與總部位於美國德拉瓦州 Wilmington 的化學品公司 El du Pont de Nemours 合併，成立了新公司，名為陶氏杜邦 (DowDuPont)。2019 年上半年，新公司拆分為三家獨立公司，分別是：總部位於美國印第安納州 Indianapolis 之農業化學品製造商 Corteva Agriscience、總部位於美國密西根州 Midland 的材料科學公司 Dow，以及總部位於美國德拉瓦州 Wilmington 之特種化學品製造商 DuPont。

- 與 XLA 纖維相關之商標；
- 與該纖維及其在機織和針織紡織品之應用商品有關的智慧財產權；以及
- 在西班牙之多條 XLA 纖維生產線。

XLANCE 纖維具有創新的溫和拉伸彈性特性，被認為比聚氨酯彈性纖維（spandex）之高拉伸彈性特性更舒適，尤其是，拉伸彈性 XLANCE 所需的力道遠低於聚氨酯彈性纖維所需之力道。

還有，相較聚氨酯彈性纖維，XLANCE 纖維具有優異的耐化學處理、抗氯和防紫外線性能。

此外，它還具有極佳的熱穩定性，這使其適合用於製造具有如下特性之拉伸彈性織物：

- 可能需要高溫固化的附加織物加工整理劑；
- 蒸汽熨燙；
- 滾筒烘乾；或
- 高溫熨燙。

展望

彈性纖維在舒適且合身之紡織品和成衣的製造中發揮著重要作用，鑑於全球對運動服和健身運動成衣的需求不斷增長，這些特性變得越來越重要。

在壓縮成衣、塑身衣和工作服之製造中，舒適度和合身性也變得越來越重要。

然而，紡織品和成衣中最常用的聚氨酯彈性纖維（spandex）之全球市場面臨了一些挑戰。

尤其是：

- 聚氨酯彈性纖維對紡織廢料之有效回收再利用構成障礙；以及
- 人們發現它會造成超細纖維污染。

此外，針對規範紡織品和成衣產品可回收再利用性之立法，將威脅並嚴重影響彈性纖維之市場前景。

為確保全球聚氨酯彈性纖維市場的未來，研究和投資對於開發自紡織品中分離聚氨酯彈性纖維，藉以促進回收再利用之環保永續性且高效的方法至關重要。

這一點尤其重要，因為與回收再利用含聚氨酯彈性纖維之紡織廢料相關的挑戰，正促使纖維製造商探索聚氨酯彈性纖維之替代品，而且這些替代品與現有的回收再利用技術更相容，並提供同等的拉伸彈性水準。

此類替代品包括使用聚酯製成之彈性纖維。

然而，替代性彈性纖維開發的進步，可能會對全球聚氨酯彈性纖維市場帶來風險，恐造成更大的阻礙，我們拭目以待。