

紡織品及成衣回收之研發

2024年4月

紡拓會編譯

紡織品及成衣回收之研發

目 錄

頁次

摘要.....	1
採用回收材料製造之產品創新	
ARCHROMA研發一系列紡織廢料製成的FIBERCOLORS環保永續染料.....	3
CAMIRA研發一系列使用紡織廢料製成的耐磨布料.....	3
ASCEND BY CIRCULAR POLYMERS推出一系列源自消費後地毯的材料.....	5
FREUDENBERG PERFORMANCE MATERIALS開發一款由100%回收熱塑性彈性體製成的不織布布襯.....	6
PRIMALOFT研發使用自海岸線回收之廢塑料製成的高機能性絕緣材料.....	7
RADICIGROUP主導一項研究及設計計畫，開發使用纖維到纖維再生聚酯製成的自行車T恤.....	9
TORAY INDUSTRIES（東麗 TORAY）將重塑其&+品牌聚酯纖維，該纖維使用自回收塑膠廢料中提取之聚合物製成.....	10
VALÉRIUS 360與TRÜTZSCHLER GROUP合作研發源自紡織廢料的再生棉紗.....	11
使用壽命結束後可輕鬆回收利用之產品創新	
BEKAERTDESLEE與RESORTECS將合作開發使用壽命結束後可輕鬆回收的床墊套.....	13
尼龍專家AQUAFIL開發用於地毯製造的閉環製程.....	14
PANGAIA與鞋類製造商ZELLERFELD合作開發了一款在使用壽命結束後可輕鬆回收的運動鞋.....	15

合資企業

- INFINITED FIBER COMPANY 與 SOEX 已就紡織廢料供應達成合作協議..... 18
- LULULEMON ATHLETICA (LULULEMON) 與 SAMSARA ECO 達成合作協議，透過紡織品到紡織品的回收來擴大循環利用..... 19
- RECOVER 與 RIETER 已達成合資協議，將利用自紡織廢料中提取的材料研發纖維混紡產品系列..... 20

立法

- 歐盟執委會已提議在歐盟引進紡織品強制性生產者延伸責任 (EPR) 計畫..... 22

使用回收材料的製造過程

- FASHION FOR GOOD 啟動了一項試驗性項目，旨在增加鞋類製造中對回收材料的使用..... 23

回收倡議

- FASHION FOR GOOD 在美國啟動循環分類計畫..... 24
- 蘭精集團與組織聯盟合作啟動紡織廢料回收試點計畫..... 26

回收方法

- 北卡羅來納州立大學研究人員開發了一項回收方法，能自含有棉及聚酯混紡的織物去除棉花..... 28
- TEIJIN FRONTIER 研發能自含有彈性纖維與聚酯纖維混紡之服裝廢料中去除彈性纖維的化學回收方法..... 29

回收技術

- SPINNOVA 與 RENEWCELL 合作開發了一項將紡織廢料轉化為纖維的技術..... 31

圖目錄

圖 1：Revolution 布料.....	4
圖 2：XE 系列布襯.....	7
圖 3：直接紡紗製程.....	11
圖 4：通道式併條製程.....	12
圖 5：R2R 標誌.....	15
圖 6：鞋類組成部分.....	16
圖 7：Absolute Sneaker.....	17
圖 8：原型紗線.....	21
圖 9：化學回收方法.....	31
圖 10：原型織物.....	32

摘要

蘭精 (Lenzing) 與一個聯盟組織合作推動回收紡織廢料的計畫；lululemon athletica (lululemon) 與Samsara Eco就紡織品到紡織品回收利用已達成合作協議。Spinnova與Renewcell合作研發一項將紡織廢料轉化為纖維的技術，美國研究人員研發一項可自紡織廢料中去除棉花的回收方法，而Teijin Frontier開發可自服裝廢料中去除彈性纖維 (氨綸) 的回收方法。

Infinite Fiber Company及SOEX針對製造纖維的紡織廢料達成合作協議，Recover與Rieter則達成合資協定，以研發使用紡織廢料製成纖維的混紡產品組合。東麗公司 (Toray) 宣布將重塑其&+品牌聚酯纖維，該纖維採用回收塑膠廢料中的聚合物製成，Valérius 360與Trützschler集團合作開發源自紡織廢料的再生棉紗。Circular Polymers by Ascend研發了一系列源自消費後地毯的材料，Primaloft開發使用塑膠廢料製成的絕緣材料，Freudenberg Performance Materials研發使用回收熱塑性彈性體製成的不織布布襯。Camira開發一系列採用紡織廢料製成的布料，蘭蒂奇集團 (RadiciGroup) 主導一項使用再生聚酯製成自行車T恤的研發計畫，Archroma開發一系列使用紡織廢料製成的染料。Aquafil研發一項可輕鬆回收地毯的製程，而Pangaia與Zellerfeld合作研發一款可輕鬆回收的運動鞋，BekaertDeslee及Resortecs則將合作開發易於回收的床墊套。

歐盟執委會 (The European Commission) 提議在歐盟引入強制性生產者責任延伸 (EPR) 制度，以促進已達使用壽命的紡織品之維修、再利用及回收。Fashion for Good已啟動一項試驗性項目，旨在增加鞋類製造中回收材料的使用，並於美國發啟了「循環分類計畫 (Sorting for Circularity Project)」。

採用回收材料製造之產品創新

ARCHROMA 研發一系列紡織廢料製成的 **FIBERCOLORS** 環保永續染料

位於瑞士 Pratteln 的特種化學品生產商 Archroma，研發了一系列名為 FiberColors 的環保永續染料，這些染料是使用來自紡織廢料的材料製成。

這些染料已被開發作為傳統染料的環保永續替代品。在生產染料的過程中，原本需要焚燒或掩埋的紡織廢料被回收利用了。

此外，自紡織廢料中提取的材料可取代通常用於傳統染料的石油基材料。

FiberColors 系列染料生產過程中，至少有 50% 的原材料是來自紡織廢料，包括：

- 消費前紡織廢料；及
- 消費後紡織廢料。

這些廢料包括使用纖維素纖維及聚醯胺纖維製成的材料。

其亦包括使用含有超過 95% 纖維素纖維或聚醯胺纖維之纖維混合物製成的材料。

值得注意的是，用於生產染料的紡織廢料可是任何顏色，而且在使用前不需要按顏色分類。

該系列染料是採用 Archroma 位於西班牙巴塞羅那製造廠中最先進之染料合成設備生產的。

該系列包括五種染料，分別為：

- Diresul Fiber-Graphite，可產生深灰色調；
- Diresul Fiber-Maroon，可產生紅色色調；
- Diresul Fiber-Ochre，可產生橄欖色調；
- Diresul Fiber-Slate，可產生藍色/灰色色調；以及
- Diresul 纖維柚木，可產生棕色色調。

該染料適用於使用棉、木棉（kapok）、亞麻及黏膠纖維製成的纖維素材料。

遺憾的是，這些染料無法用於聚酯材料。但在羊毛材料及聚醯胺材料上的應用結果令人鼓舞。

這些染料的性能據說與傳統染料（包括硫基染料）相同。

此外，其應用方式亦與傳統染料相同。特別是，染料可於浸染¹、成衣染色及匹染進行應用。

此外，這些染料還施於常見牛仔布染色的工法，即繩染（rope dyeing）²及匹染/漿紗染色（slasher dyeing）³。此外，染料亦可用於印花工法。

展望未來，Archroma 正尋求與回收公司合作，特別是：

- 能取得已分類與粉碎之消費前、消費後及工業紡織品廢物的公司；以及
- 欲對剩餘紡織廢料（被認定不適合進行纖維到纖維回收⁴的纖維）進行升級再造⁵的分類及碎料公司。

FiberColors 正申請專利並等待驗證，以證明其符合 bluesign 系統⁶、全球有機紡織品標準(GOTS)⁷及 ZDHC 零排放路線圖的生產限用物質清單(ZDHC MRSL)⁸。

CAMIRA 研發一系列使用紡織廢料製成的耐磨布料

Camira 是家總部位於英國 Mirfield 的紡織品製造商，亦為商業、住宅及運輸業的供應商，該公司開發了一系列名為 Revolution 的耐磨布料，這些布料係使用來自紡織廢料的材料製成。

¹ 浸染（exhaust dyeing）為分批式處理，其中一款物質（如整理劑）被浸入處理液中的紡織材料選擇性地吸附。

² 在繩染（rope dyeing）製程中，首先將紗線捻成繩狀，然後進行染色及氧化。

³ 在匹染/漿紗染色（slasher dyeing）製程中，紗線穿過染料槽，然後上漿並捲繞至經軸上，準備織造。匹染/漿紗染色製程可在同一道工序中進行染色及上漿。

⁴ 纖維到纖維（fiber-to-fiber）回收是將紡織廢料轉化為新纖維用以製造紡織產品的過程。

⁵ 升級再造材料是將副產品、廢料或不需要的產品轉化或回收再造為品質更好或對環境更有利的新材料或產品。升級回收與降級回收相反，後者是將廢料或無用產品轉化為品質較差、功能較低之新材料或產品的過程。

⁶ bluesign 系統由總部位於瑞士的 bluesign technologies 開發，為從原材料供應到零售分銷的整個紡織品供應鏈設立了環境、健康及安全（EHS）標準。同時保證所有用於生產鏈之成分與流程對人類及環境是安全的。

⁷ 全球有機紡織品標準（The Global Organic Textile Standard, GOTS）涵蓋至少由 70% 經認證有機天然纖維製成之所有紡織品加工、製造、包裝、標籤、買賣及分銷。該標準係由以下機構制定：美國有機貿易協會（Organic Trade Association）、日本有機棉協會（Japan Organic Cotton Association）、德國國際自然紡織品業者協會（Internationaler Verband der Naturtextilwirtschaft；IVN—International Association of Natural Textile），以及英國土壤協會（Soil Association）。

⁸ ZDHC 生產限用物質清單（ZDHC MRSL）由 ZDHC 基金會零排放路線圖（Roadmap to Zero Programme）負責監督。「零排放路線圖」包含了 170 多個簽約品牌、價值鏈附屬企業與合作夥伴的合作，旨在消除其供應鏈中危險化學品的使用，並減少產業的化學品足跡。

圖 1 Revolution 布料



資料來源：**Camira**

這些布料是首批使用 **Inouio** 之新型紡織品再加工生產線生產的布料，**Inouio** 總部位於英國 **Mirfield**，專門生產回收材料，是 **Camira** 的子公司。該生產線位於英國 **Birkby**，據悉為英國唯一的同類型生產線。

該生產線能將消費前紡織廢料及消費後羊毛與羊絨廢料等高價值原材料轉化為纖維，然後將其紡成紗線以製造布料。

Camira 研發之全新 **Revolution** 系列布料是以 **Camira** 紡織製造過程中的毛紗廢料製成。

紗線首先按顏色分類，然後以機械拉開、切碎並剝離，以生產纖維。

所得之纖維與初剪羊毛混紡，然後對所得纖維進行梳理、紡紗及編織，以生產 **Revolution** 布料。

該布料由 65% 初剪羊毛、26% 再生羊毛、5% 再生聚醯胺及 4% 聚醯胺組成。

該布料有十種顏色可供選擇，這些顏色源自羊毛紗線的原始色彩。

這些布料為持久耐用且具高耐磨性。事實上，當使用馬丁代爾 (Martindale) 磨損測試裝置對其進行耐磨性測試時，經過 100,000 次摩擦後，並未有撕裂或退化現象⁹。

因此，該系列布料非常適合來製造室內裝潢產品，包括鑲板 (panelling)、軟座椅及工作座椅。

ASCEND BY CIRCULAR POLYMERS 推出一系列源自消費後地毯的材料

Circular Polymers by Ascend 是家總部位於美國加州 Lincoln 的公司，專門生產再生高機能性聚合物，推出了一系列源自消費後地毯的材料。

該系列名為 Cerene，包括以纖維、熔噴顆粒及緻密顆粒形式提供的材料。

這些材料包括：

- 碳酸鈣；
- 尼龍 6；
- 尼龍 6.6；
- 聚對苯二甲酸乙二醇酯 (PET)；以及
- 聚丙烯。

這些材料來自將被丟棄掩埋處理的消費後地毯。

消費後地毯係根據 Circular Polymers by Ascend 在美國加州實行之地毯回收計畫收集而來。

收集的地毯包括尼龍地毯、聚丙烯地毯、PET 地毯、泡棉墊、回彈墊、方塊地毯及不含黏著劑的商用地毯。

Circular Polymers by Ascend 使用專利之旋轉衝擊分離器回收來自消費後地毯的材料，該分離器每年可處理 4,500 萬磅 (20,412 噸) 地毯。值得注意的是，自 2018 年以來，該公司聲稱已阻止超過 38,500 噸廢棄物被送往垃圾掩埋場。

⁹ 馬丁代爾 (Martindale) 耐磨裝置是款能測量紡織品耐磨性的機器。該設備可用於馬丁代爾摩擦測試，以模擬織物樣本的自然磨損。特別是，以特定力量在標準磨料表面上摩擦樣本。樣本可以承受的摩擦次數越高，織物的耐磨性就越強。

旋轉衝擊分離器是由位於美國俄亥俄州 Brook Park 的環境諮詢公司 Broadview Group International (BGI) 開發。

然而，Circular Polymers by Ascend 已獲得該設備在北美的獨家使用權。

該設備能將消費後地毯分離成毯面纖維、背襯纖維及碳酸鈣。為了做到這一點，該設備利用旋轉槳式的機械力將地毯打成碎片。

然後，設備會提取碳酸鈣，去除任何黏合劑，並使用不需要清洗、不需要化學品或不需要超高溫過程單獨清潔產生的纖維。

FREUDENBERG PERFORMANCE MATERIALS 開發一款由 100%回收熱塑性彈性體製成的不織布布襯

總部位於德國 Weinheim 的不織布與產業用紡織品製造商 Freudenberg Performance Materials，研發了一款使用 100%回收熱塑性彈性體 (rTPE) 製成的不織布布襯。

該布襯名為 XE 系列，是該公司 Super Elastic Interlinings (超彈性布襯) 系列產品的一部分。

該系列中的其他布襯包括：

- XB 系列—面密度 (areal density)¹⁰為 40-72 g/m²的輕量級選項；以及
- UE 系列—面密度為 53-220 g/m²的重量級選項。

XE 系列布襯有不同的面密度，範圍自 40 g/m²到 90 g/m²。

因此，XE 系列布襯可多方應用於不同的各式產品。

此類應用包括使用輕質針織布料製成的服裝，例如：緊身褲及運動內衣。

另外還包括使用中厚重梭織布料製成的服裝，例如：休閒服、牛仔服及孕婦裝。

據說該布襯具雙彈性，因此有極佳的彈性及形狀維持性。

此外，其亦透氣、穿著舒適、輕巧、觸感柔軟。

¹⁰ 面密度 (areal density) 是紡織產業中常用的術語，表示單層織物的單位面積質量。

圖 2 XE 系列布襯



資料來源：Freudenberg Performance Materials

這款布襯是在 Freudenberg Performance Materials 「永續發展之家（House of Sustainability）」倡議下開發的，旨在為消費者提供對環境影響小的紡織品。

其使用回收材料製成，有助減少送往垃圾掩埋場的廢棄物數量。

此外，其使用將有助於減少該行業對不可再生資源的依賴，如石化產品，這些資源用於製造由原始合成材料製成的布襯。

PRIMALOFT 研發使用自海岸線回收之廢塑料製成的高機能性絕緣材料

PrimaLoft 開發一款名為 PrimaLoft Insulation with Ocean Bound Plastic 的高機能性絕緣材料，該材料由 60% 的聚酯製成，這些聚酯來自海岸線 50 公里範圍內回收的消費後廢塑料。

PrimaLoft 是總部位於美國紐約州 Latham 的公司，主要生產高機能性紗線、織物及絕緣材料。

這種聚酯已獲得 OceanCycle 認證，OceanCycle 是位於美國馬里蘭州 Silver Spring 的社會企業，致力防止環境中的塑膠污染。

該認證證明聚酯來自廢塑料，而該廢塑料所處區域很有可能最終進入通往海洋的水道。

據悉，PrimaLoft Insulation with Ocean Bound Plastic 在乾燥及潮濕條件下皆可提供輕便的保暖性能。

此外，它還具有持久的耐用性。

已與 PrimaLoft 簽訂 PrimaLoft Insulation with Ocean Bound Plastic 合作協定的品牌包括：

- 總部位於挪威 Oslo 的機能性服裝品牌 Helly Hansen；以及
- 位於瑞典 Nacka 的戶外服裝品牌 Isbjörn of Sweden。

人們普遍認為，自海岸線回收塑料廢棄物，並應用於生產紡織品的做法是一項值得關注的環境管理行為。

然而，製造商日趨面臨有關使用此類材料之環保聲明準確性的挑戰。

部分原因在於歐盟執委會於 2022 年 3 月宣布了《歐盟永續及循環紡織品策略》，該策略提出要解決包括森林砍伐、纖維碎片、漂綠¹¹、產品設計、社會責任、報告標準、紡織品廢料與透明度等問題。

根據該策略，在紡織品中使用再生塑料聚合物的做法只有在聚合物係來自纖維到纖維的回收時才符合循環模式。例如，自海岸線回收的廢塑料將不被視為符合循環模式。

因此，歐盟執委會宣布打算在執行該策略的立法中特別注意此一問題。

整體而言，鑒於合成纖維在塑膠微粒污染中的作用，有關回收塑膠廢料衍生材料之環保永續性說法面臨許多挑戰¹²。

¹¹ 漂綠 (Greenwashing) 是指利用行銷手段，將某個組織的產品、活動或政策描述為比實際更環保，或者在事實並非如此時，則將其描述為環保。「漂綠」是對「漂白 whitewashing」一詞的戲稱，意思是在沒有充分調查或虛假數據的情況下，掩蓋不當或不誠實行為。

¹² 塑膠微粒 (Microplastics) 是直徑小於 5 釐米的塑膠碎片，分成原始的或次要的。原始塑膠微粒以小塑膠顆粒形式直接排放，而次要塑膠微粒則由較大的「巨大」塑膠降解後排放出來。根據國際自然保護聯盟 (International Union for Conservation of Nature, IUCN) 於 2017 年 2 月發表之論文「海洋中的原始塑膠微粒：全球來源評估」，合成紡織品是世界上最大的原始塑膠微粒來源。

RADICIGROUP 主導一項研究及設計計畫，開發使用纖維到纖維再生聚酯製成的自行車 T 恤

RadiciGroup（蘭蒂奇集團）總部位於義大利 Gandino，是家生產合成纖維及機能性塑膠的公司，該公司主導了一項研究及設計計畫，開發一款使用纖維到纖維再生聚酯製成的自行車 T 恤。

該計畫其他參與企業包括：

- Erdotex Group—位於荷蘭 Ridderkerk 的紡織廢料分類及收集公司；
- PureLoop—位於奧地利 Ansfelden 的回收機械公司；以及
- Sportstex—位於義大利 Bolzano 的運動服裝製造商。

該計畫之推動旨在建立一個供應鏈，促進以回收材料製造服裝。

該計畫最關注的回收材料是那些自纖維到纖維回收生產的回收材料。

Erdotex Group 收集了廢舊運動服的紡織廢料，包括足球、排球及其他運動服。

使用 PureLoop 提供的機器進行廢料回收，並將廢料中提取的材料供應給 Sportstex 以製造紗線。

紗線是採用被稱為「混合回收技術」的製程製造的。

這包括將一定比例來自塑膠瓶的再生聚酯顆粒與一定比例來自紡織廢料的再生聚酯顆粒混合使用。

最終，自紡織廢料中提取之再生聚酯顆粒的百分比增加，進而產生了使用 100% 源自紡織廢料的再生聚酯顆粒製成的紗線。

這款紗線被總部位於日本大阪的自行車配件專家 Shimano 使用來製造自行車 T 恤。

這件 T 恤的設計符合循環經濟¹³原則，在使用壽命結束後可回收利用。

¹³ 循環經濟是一項經濟系統，涉及再利用、共用、整修、翻新、再造及回收，以建立一個閉環系統，最大限度減少資源的投入使用，並最大限度降低廢物、汙染與碳排放的產生。

TORAY INDUSTRIES（東麗 TORAY）將重塑其&+品牌聚酯纖維，該纖維使用自回收塑膠廢料中提取之聚合物製成

Toray Industries（東麗 Toray）總部位於日本東京，是生產纖維、紡織品、塑膠及化學品的公司，宣布將重新打造其&+品牌聚酯纖維，該纖維係採用源自回收塑膠廢料之聚合物製成。

特別是，該公司將擴大其&+纖維類別，包括尼龍纖維及腈綸(亞克力)纖維。

此外，該公司將擴大用於製造&+纖維之回收廢料類別，包括漁網及服裝。

此外，該品牌將進入新的終端市場，包括家用紡織品市場。更具體來說，&+纖維將適合用來製造地毯。

根據 Toray 的說法，品牌重塑「反映公司致力擴大其原材料收集的範圍，為可持續的循環經濟做出貢獻」。

東麗宣布擬進行品牌重塑之際，製造商日益面臨使用源自回收塑膠廢料聚合物製成的聚酯纖維時之環境聲明準確性的挑戰。雖然許多人認為回收廢棄塑膠於紡織品製造的做法是環境管理行為，但也有人則認為這項做法對循環經濟原則沒有幫助。

採用源自回收塑膠廢料之聚合物製成的聚酯纖維正受到挑戰—部分原因在於歐盟執委會於 2022 年 3 月宣布了《歐盟永續及循環紡織品策略》，該策略提出要解決的問題包括森林砍伐、纖維碎片、漂綠、產品設計、社會責任、報告標準、紡織品廢料及透明度。

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係來自纖維到纖維回收時才符合循環模式。例如，經分類的塑膠垃圾就不符合循環模式。

因此，歐盟執委會宣布打算在實施該策略的立法中特別關注此問題。

整體而言，鑒於合成纖維在塑膠微粒污染中的作用，有關回收塑膠廢料衍生材料之環保永續性說法面臨許多挑戰。

VALÉRIUS 360 與 TRÜTZSCHLER GROUP 合作研發源自紡織廢料的再生棉紗

位於葡萄牙 Barcelos 的再生紗線製造商 Valérius 360 與位於德國 Mönchengladbach 的紡織機械供應商 Trützschler Group 合作研發一款使用自紡織廢料提取之再生棉製成的紗線。

該紗線由 50%原生棉及 50%再生棉組成，這些再生棉來自裁切廢料、生產過剩廢料及未售出的庫存廢料。

這些廢料由 Valérius 360 內部製造部門及公司合作夥伴品牌提供。

紗線之開發是兩家公司進行試驗性項目的結果。

該操作的目的是在於提高 Valérius 360 現有含再生纖維紗線的品質。

更具體來說，Valérius 360 希望減少紗線中影響其外觀與機能性的粗細問題。

作為操作的一部分，Valérius 360 利用 Trützschler Group 的紗線生產專業技術。

Trützschler Group 在德國 Mönchengladbach 的 Trützschler 技術中心進行了紗線製造相關試驗。

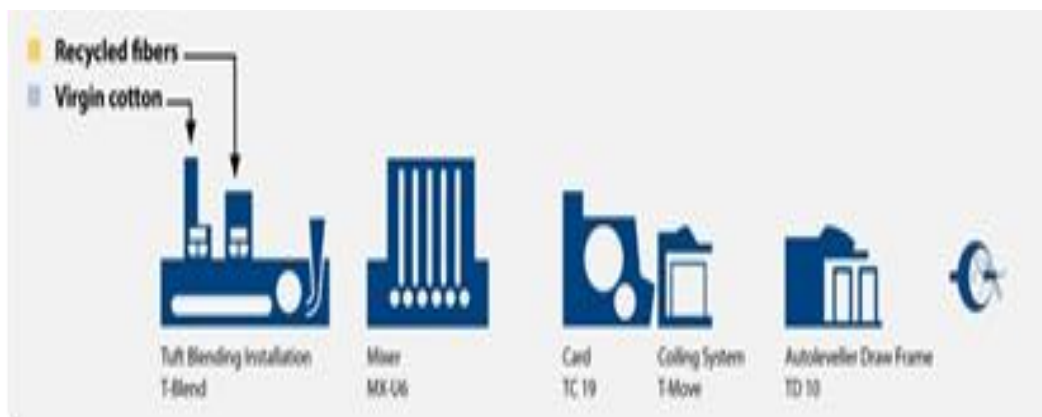
這些試驗包括採用直接紡紗製程生產紗線（見圖 3）及使用通道式併條製程生產紗線（見圖 4）。

圖 3 直接紡紗製程



資料來源：Trützschler Group

圖 4 通道式併條製程



資料來源：Trützschler Group

在直接紡紗製程中，梳棉機上的棉條（sliver）直接牽伸至併條機中，而併條機與條筒是一體的。這比使用通道式併條製程進行紡紗少了一個步驟。

因此，採直接紡紗製程來製造紗線所需的設備更少，進而節省寶貴的資源，包括空間及勞動力。

此外，使用直接紡紗製程製造紗線比使用通道式併條製程製造紗線的能耗少 5%。

就使用源自紡織廢料之再生棉製成的紗線而言，直接紡紗製程製造出的紗線品質較通道式併條製程生產的紗線來得高。

事實上，直接紡紗製程生產的紗線，其每 100 公里的斷裂頻率較使用通道式併條製程生產的紗線降低 30%。

此外，其紗疵指數（IPI）¹⁴與使用通道式併條製程製造的紗線相比，每 1 公里的 IPI 降低了 38%。

值得一提的是，根據 Uster Statistics（烏斯特統計）¹⁵進行測試時，Valérius 360 與 Trützschler Group 開發的紗線獲得了 50% 的品質評級。

¹⁴ 紗疵指數（imperfection index, IPI）是每 1 公里細紗區、粗紗區及棉結的總量。

¹⁵ Uster Statistics（烏斯特統計）是紡織業的品質標準，由位於瑞士 Uster 的品質管理公司 Uster Technologies 管理。

使用壽命結束後可輕鬆回收利用之產品創新

BEKAERTDESLEE 與 RESORTECS 將合作開發使用壽命結束後可輕鬆回收的床墊套

BekaertDeslee 總部位於比利時 Waregem，自事床用品、床墊及床墊套的紡織品之研發及生產，而 Resortecs 是總部位於比利時 Anderlecht 的初創公司，專門自事紡織品回收技術，雙方將合作開發一款可在其使用壽命結束後輕鬆回收的床墊套。

由於床墊套通常以纖維、染料及處理化學品的複雜混合物製成，因此難以回收，而現有紡織品回收廠無法處理此類混合物。

用於製造床墊套的大多數纖維混合物係由棉及聚酯組成，但有些通常含有乳膠與其他材料。

由於溫度調節床墊套的普及，越來越多先進機能性纖維加入至床墊套中，使得回收含有纖維混合物床墊套之困難度加劇。

一般來說，這個比例很小，但在全棉床墊套中，只要有 1% 的複合纖維就足以讓床墊套在分類及回收設施中被拒。

不僅如此，其他部件(如裝飾物及產品照護標籤)可能會導致床墊套無法回收。

因此，大多數床墊套最終被掩埋處理，或是在其使用壽命結束時被焚燒，只有極少數被回收製成新織物。

為了應對床墊套難以回收利用的問題，BekaertDeslee 及 Resortecs 將開發一款床墊套，這種床墊套在使用壽命結束時可很容易地拆卸成各個部件，以便回收利用。

特別是，床墊套的各個部件將使用由 Resortecs 提供之 Smart Stitch 可溶解線縫合在一起。

這些線可使用 Resortecs 的 Smart Disassembly 熱拆卸系統溶解，該系統採用工業烤箱。當溫度達到 150°C 至 200°C 時，這些線便可在烤箱中溶解。

據 Resortecs 表示，該系統處理材料的速度比傳統拆卸生產線快五倍。此外，在產能方面，該系統每天能處理 1 噸至 13 噸的材料。

BekaertDeslee 與 Resortecs 表示，繼床墊套開發之後，他們將繼續合作開發「促進永續性及減少浪費的創新解決方案」。

BekaertDeslee 執行長（CEO）Frédéric Beucher 在宣布開發床墊套消息時表示：「我們正全力加速開發床上用品行業的循環解決方案。我們採取整體及全面的方法來實現整個循環過程」。

「透過使用 Resortecs 的 Smart Stitch 技術，我們可將複雜的產品分離成純淨的廢物流，自而獲得更高品質的廢物流。這既提高了設計的靈活性與創造性，又不影響回收利用的選擇」。

尼龍專家 AQUAFIL 開發用於地毯製造的閉環製程

Aquafil 是家位於義大利 Arco 的公司，專門生產尼龍（聚醯胺）產品，開發了一項用於製造地毯的閉環製程，並邀請地毯製造商與公司合作。

使用該製程製成的地毯適用於多種應用，包括合約用、商用、餐旅（酒店）用、運輸用及住宅用。

該製程係 Born R2R 合作設計計畫的一部分。

該計畫由 Aquafil 發起，旨在確定地毯的生產方法，使其在使用壽命結束後易於回收與重新利用。

該計畫是與多個產業合作夥伴共同推動地，包括：

- 位於比利時 Ronse 的地毯及地板製造商 Associated Weavers（AW）；
- 位於法國 Arthon 的地毯製造商 Balsan；
- 位於丹麥 Herning 的地毯製造商 Ege Carpets；
- 位於英國 Wellingborough 的專案管理服務提供商 New Wave Project Management；
- 位於德國 Denkendorf 的地毯製造商 Object Carpet；
- 位於義大利 Cazzano Sant'Andrea 的地毯及地板製造商 Radici Pietro Industries & Brands；以及

- 位於比利時 Pelt 的地毯及地板製造商 Tapibel。

使用該製程生產的地毯將使用 Econyl 紗線及「其他相容材料」。

Econyl 是一款聚醯胺紗線，由 Aquafil 使用自化學回收廢料(包括織物廢料、漁網及工業塑膠廢料)提取的己內醯胺製成。

使用該製程生產的地毯在達到使用壽命後可返回 Aquafil 進行回收。

Aquafil 將退回的地毯轉移至其位於斯洛維尼亞 Ljubljana 的 AquafilSLO 工廠，在那裡進行拆卸、化學回收並轉化為 Econyl 纖維。

使用該製程生產的地毯將貼上 R2R 標誌(見圖 5)，以便使用壽命結束時輕鬆識別。

圖 5 R2R 標誌



資料來源：Aquafil

PANGAIA 與鞋類製造商 ZELLERFELD 合作開發了一款在使用壽命結束後可輕鬆回收的運動鞋

總部位於英國倫敦的材料科學及服裝公司 Pangaia 與總部位於美國紐約州紐約的鞋類製造商 Zellerfeld 合作，開發一款名為 Absolute Sneaker 的運動鞋，這款鞋在使用壽命結束後可輕鬆回收。

一般來說，由於運動鞋包含多個組件，因此很難回收。事實上，根據總部位於美國俄勒岡州 Beaverton 的運動服裝公司 Nike 估計，一雙運動鞋大約有 23 個不同的組成部分。

通常，每個組件皆是使用材料、染料及整理化學品的複雜混合物製成，現有的紡織品回收廠無法使用此類混合物。

用以製造運動鞋的常見材料包括：

- 乙烯-醋酸乙烯酯（EVA）泡棉，大多用於生產中底；
- 聚氯乙烯（PVC）橡膠，大多用於生產鞋面與大底；以及
- 聚氨酯（PU）皮革，大多用於生產邊條（foxing）、鞋腰（quarter）及鞋面前端（vamp）（見圖 6）。

圖 6 鞋類組成部分



資料來源：Nike

此外，包括裝飾及金屬孔眼等五金製品在內的其他組件可能會妨礙運動鞋回收利用。

因此，大多數運動鞋在其使用壽命結束後被掩埋處理或被焚燒。

值得注意的是，鮮少有運動鞋在使用壽命結束後被回收再製成新鞋。

為了解決運動鞋回收的困難，Pangaia 與 Zellerfeld 研發了採用熱塑性聚氨酯（TPU）這種單一材料¹⁶製成的運動鞋 Absolute Sneaker。

在使用壽命結束後，運動鞋可使用傳統紡織廢料回收流進行回收。

或者，亦可送回給 Zellerfeld，Zellerfeld 將回收於製造運動鞋時的 TPU，轉用以製造新的運動鞋。

為了生產新的運動鞋，TPU 將與原始材料相結合。

不過，Zellerfeld 正開發技術，以便使用 100%回收 TPU 生產新的運動鞋。

此外，Pangaia 正與 Zellerfeld 合作開發一款使用植物基單一材料（而不是 TPU）製成的運動鞋，以避免使用石油衍生材料。

Absolute Sneaker 使用三維（3D）列印機生產，因此運動鞋是無縫的。也就是這款運動鞋毋需縫合或使用黏著劑，重要的是，它們沒什麼不足的地方。

這款運動鞋有黑色與燕麥色可供選擇，並採用木紋印花設計。此外，據說它們透氣舒適，鞋底防濺。

圖 7 Absolute Sneaker



資料來源：Pangaia

¹⁶ 單一材料是指完全由單一類型聚合物製成的材料。

該款運動鞋有窄版、標準版及寬版可供選擇，消費者可選擇硬版、中標準版及軟版三種緩震選項。

Pangaia 及 Zellerfeld 採用按需生產模式來製造運動鞋。這得益於 3D 列印的使用，該列印機能在短短 40 小時內列印出一雙 Absolute Sneakers。

對 Pangaia 而言，按需生產模式代表了「對典型生產模式 (make-it-and-hope production) 的拒絕」。尤其該公司認為此模式有助減少浪費，避免生產過剩。

Zellerfeld 執行長 (CEO) 兼聯合創始人 Cornelius Schmitt 在公布 Absolute Sneaker 的研發消息時表示：「憑藉著 Absolute Sneaker，Pangaia 創造出一款不但優先考慮永續性，而且列印起來最輕、速度最快的鞋子，為列印鞋樹立了新標準」。

「我們希望這種夥伴關係能激勵其他人加入實現循環未來的使命，並認識 3D 列印在徹底改變我們創造產品方式所具備的潛力」。

合資企業

INFINITED FIBER COMPANY 與 SOEX 已就紡織廢料供應達成合作協議

Infinite Fiber Company 與 SOEX 已達成協議，為 Infinite Fiber Company 旗艦工廠供應紡織廢料。

Infinite Fiber Company 是位於芬蘭 Espoo 的生物技術公司，而 SOEX 是位於德國 Ahrensburg 的紡織廢料管理專家，提供各式閉環式及開環式回收服務。

該合作協議是在 Infinite Fiber Company 的旗艦工廠竣工之前簽訂的。

該工廠位於芬蘭 Kemi 的 Veitsiluoto 工業園區，預計將於 2025 年滿載運轉。在此之前，前座造紙廠是由位於芬蘭赫爾辛基的紙漿及造紙製造商 Stora Enso 運作。

作為協議的一部分，SOEX 每年將提供 Infinite Fiber Company 多達 5,000 噸的紡織廢料。

更具體來說，SOEX 將提供公司主要收集自德國的消費後紡織廢料。

這些廢料是市政與商業街道收集計畫的一部分，也是 I:Collect (I:CO) Take-Back System 系統的一部分，該系統使時尚品牌及零售商能在商店或網上收集顧客的舊衣服。

對於無法轉售的舊紡織品，SOEX 採用其自動分類系統。

該系統利用了人工智慧 (AI)，能依照材料和/或顏色對紡織廢料進行分類。

Infinite Fiber Company 將 SOEX 提供的紡織廢料中回收纖維素，並將其用於製造纖維素紙漿。

隨後，紙漿用於生產 Infinna (一款氨基甲酸酯纖維素纖維)，其具有棉花的自然、柔軟的外觀及觸感。

一旦 Infinite Fiber Company 的旗艦工廠滿載運轉，預計每年將可處理 37,000 噸紡織廢料，進而每年生產 30,000 噸 Infinna 纖維。

據該公司介紹，該工廠未來好多年的產能已售罄了。

至少六家主要國際時裝及服裝公司已簽署了與收購 Infinna 相關的多年協定，即 Bestseller、H&M 集團、Inditex、Pangaia、Patagonia，以及以 Tommy Hilfiger 品牌聞名的 PVH。

在宣布合作協議消息時，Infinite Fiber Company 供應鏈執行長 Jari Ekblad 表示：「我們僅要建造一家工廠，還要建設一個生態系統，而 SOEX 及其團隊.....我們透過尖端技術促進紡織業循環¹⁷的熱情不謀而合。與 SOEX 的這份合約是我們旗艦工廠合作夥伴基礎設施建設的另一個重大進展。此次合作亦將為我們的品牌客戶帶來新的機會，將供應鏈中的紡織廢料循環利用到 Infinna 的原材料中」。

LULULEMON ATHLETICA (LULULEMON) 與 SAMSARA ECO 達成合作協議，透過紡織品到紡織品的回收來擴大循環利用

lululemon athletica (lululemon) 已與 Samsara Eco 達成合作協議，透過紡織品到紡織品的回收在其業務中擴大循環利用。

¹⁷ 本文「循環」一詞用於描述涉及利用、共享、維修、翻新、再製造及回收的做法。

lululemon 是總部位於加拿大溫哥華的知名運動服裝品牌，而 Samsara Eco 是位於澳洲雪梨的回收技術公司。

lululemon 將利用其產品廢料來生產再生尼龍及再生聚酯。

為此，該公司將採用 Samsara Eco 專有的酶（酵素）回收製程。

該過程利用酶將聚合物轉化為原始單體。

這種單體可重新聚合成原始的原料，應用於生產新產品。

該新協議是 lululemon 首次對回收公司進行的少數股權投資，亦為 Samsara Eco 在紡織服裝產業最大的合作項目。

lululemon 原材料創新副總裁 Yogendra Dandapure 在宣布該協議消息時表示：「尼龍仍是我們實現 2030 年永續產品目標的最大機會。此次合作表明，透過集體創新來解決未滿足之需求是可行的」。

「透過 Samsara Eco 的專利酶製程，我們正推進將服裝廢料轉化為高品質的尼龍與聚酯纖維，這將有助我們實現端到端的循環願景」。

RECOVER 與 RIETER 已達成合資協議，將利用自紡織廢料中提取的材料研發纖維混紡產品系列

Recover 與 Rieter 達成合資協議，將利用自紡織廢料中提取的回收材料開發纖維混紡產品系列。

Recover 是家位於西班牙 Banyeres de Mariola、專門生產再生棉纖維的公司，而 Rieter 是家位於瑞士 Winterthur 的公司，專門自事紡織機械的生產。

作為協議的一部分，Recover 將利用 Rieter 在設計及製造短纖維紡紗紡織機械方面的專業知識。

特別是，兩家公司計劃進行研究，以期提高自紡織廢料中提取之材料作為原材料的可用性與適用性。

兩家公司的目標在於透過以下方式實現此一目標：

- 改善消費前及消費後紡織品的回收流程；以及
- 由於製程與機械的改進，擴大了自回收材料中提取之纖維的使用。

兩家公司將共同努力，使用各種回收原材料及混紡材料進行試驗及行動，以開發纖維混紡產品系列。

兩家公司共同致力於克服消費後紡織品機械回收的挑戰。特別是，希望透過機械回收消費後紡織品，避免犧牲纖維品質。

此外，兩家公司將與第三方（尤其是大學）合作，以驗證紗線在經過新製程後，還能留有多少來自回收材料的纖維。

因此，紡織品中使用的回收材料數量得以驗證

合資協議簽訂後，進行了成功的試驗。

因此，使用 **Rieter** 環錠紡紗機與自回收材料中提取的 **Recover** 纖維生產出高品質的原型紗線。

圖 8 原型紗線



資料來源：**Rieter**

立法

歐盟執委會已提議在歐盟引進紡織品強制性生產者延伸責任（EPR）計畫

歐盟執委會已提出立法建議，要求生產商對紡織產品的整個生命週期負責，並支持歐盟對紡織廢料進行永續管理。

更具體來說，該執委會提議於所有歐盟成員國引進強制性生產者延伸責任（extended producer responsibility, EPR）計畫。

該提案支持為歐盟紡織及服裝產業建立循環生態系統的目標。

事實證明，除紡織業外，EPR 計畫亦成功改善電子及包裝等多個產業的廢棄物管理。

此外，在那些採取先進措施並在全國範圍內引入紡織品 EPR 計畫的國家中，該等計畫已被證明是成功的。

例如，早在 2008 年，法國就引入 EPR 計畫。根據該計畫，出售產品的品牌及零售商需繳納一定費用，以支付回收成本。

法國計畫採用所謂的生態調節原則，倘若公司的產品易於回收或含有回收成分，則可減免費用。

生態調節原則的目標是讓新產品中含有的回收成分變得有價值，並使產品製造中使用的材料壽命更長。

此外，製造商每向市場出售一公斤回收材料，就可獲 1 歐元的獎勵，無論這些成分是來自纖維到纖維回收，還是來自二次利用產品。

作為在歐盟引進紡織品強制性 EPR 計畫提案的一部分，歐盟執委會採用了法國 EPR 計畫所確立的生態調節原則。

執行該原則而收取的費用將用作資助收集、分類、再利用及回收基礎設施的投資。

據歐盟執委會表示，強制性 EPR 計畫的引進將使成員國更容易為實施《廢棄物框架指令》(Waste Framework Directive, WFD)做好準備—這是一項與廢棄物管理有關的歐盟指令，將於 2025 年 1 月 1 日生效。

根據《廢棄物框架指令》，歐盟成員國必須為紡織品建立單獨的廢棄物收集計畫。

此外，歐盟執委會亦希望在歐盟引進強制性 **EPR** 計畫的提議能鼓勵創新技術領域的研發（**R&D**），例如：纖維到纖維回收技術。

展望未來，預計歐洲議會及歐盟理事會將適時審議該提案。

該提案消息宣布之時，環境、海洋及漁業專員 **Virginijus Sinkevičius** 表示：「這項立法提案是邁向更永續、更循環之紡織業的重要一步，實現了我們具里程碑意義的紡織品策略。歐盟統一的 **EPR** 規則將在單一市場上創造一個公平的競爭環境，並確保污染者付費原則的適用。

「此一舉措將推動對紡織品再利用及回收基礎設施的投資，為當地創造就業機會，並促進紡織品生命週期各個階段的創新。其亦將為那些選擇復古、永恆時尚而快速時尚的市民創造節省成本的機會」。

使用回收材料的製造過程

FASHION FOR GOOD 啟動了一項試驗性項目，旨在增加鞋類製造中對回收材料的使用

總部位於荷蘭阿姆斯特丹的 **Fashion for Good**，是專注於時尚界的社會、經濟及環保永續性的倡議，現已啟動一項旨在增加鞋類製造中回收材料使用的試驗性項目。

該試驗性項目是與五家合作公司共同發起的，分別為：

- **adidas**—總部位於德國 **Herzogenaurach** 的運動服裝公司；
- **FastFeetGrinded**—總部位於荷蘭 **Heerhugowaard** 的公司，專門自事鞋類回收技術；
- **Inditex**—總部位於西班牙 **Arteixo** 的服裝公司，旗下擁有 **Bershka**、**Massimo Dutti**、**Oysho**、**Pull&Bear**、**Stradivarius**、**Zara** 及 **Zara Home** 等品牌；
- **Target**—總部位於美國明尼蘇達州 **Minneapolis** 的連鎖超市；以及
- **Zalando**—位於德國柏林的線上零售商。

全球每年生產 240 億雙鞋，每 10 雙鞋中就有多達 9 雙在使用壽命結束後被送往垃圾掩埋場或焚燒。

為解決此一問題，新的試驗性項目旨在測試及驗證鞋類回收流程，並支持鞋類中回收材料的使用。

作為試驗性項目的一部分，**FastFeetGrinded** 將利用其回收技術將廢鞋轉化為回收再生材料，用來製造新產品。

FastFeetGrinded 擁有一個佔地 4,000 m² 的回收設施，能將消費前及消費後的鞋子分解成大的組件。

這些大組件隨後被研磨成高純度顆粒，可用作製造新產品的原料。

為了進行試點，將使用回收的顆粒生產新產品，包括人字托、中底及大底。

合作夥伴公司將密切評估產品的品質與純度，以擴大鞋類產業回收材料的使用。

在宣布該試驗性項目消息時，**Fashion for Good** 總經理 **Katrin Ley** 表示：「該專案將是鞋類產業的首創，使我們能瞭解加速朝循環未來過渡所需的永續回收技術及基礎設施」。

「透過促進這樣的合作夥伴關係，讓各公司共同分享知識與驗證創新，我們為可擴增的解決方案做好了準備」。

回收倡議

FASHION FOR GOOD 在美國啟動循環分類計畫

總部位於荷蘭阿姆斯特丹、專注於時尚界的社會、經濟及環保永續性的倡議的 **Fashion for Good**，在美國啟動了循環分類計畫（**Sorting for Circularity Project**）。

該計畫是繼其在歐洲及印度成功實施之後推出的。

該計畫正與以下各方合作進行：

- adidas—總部位於德國 Herzogenaurach 的運動服裝公司；
- Eastman—總部位於美國田納西州 Kingsport 的先進化學品、纖維及材料供應商；
- H&M 集團—總部位於瑞典斯德哥爾摩的零售商，旗下品牌有 &Other Stories、Afound、ARKET、COS、H&M、H&M HOME、Monki 及 Weekday；
- Inditex—總部位於西班牙 Arteixo 的服裝公司，旗下擁有 Bershka、Massimo Dutti、Oysho、Pull&Bear、Stradivarius、Zara 及 Zara Home 等品牌；
- Levi Strauss & Co—總部位於美國加州 San Francisco 的牛仔服裝品牌；
- Nordstrom—總部位於美國華盛頓州西雅圖的奢華品百貨連鎖店；以及
- Target—總部位於美國明尼蘇達州 Minneapolis 的連鎖超市。

根據世界銀行¹⁸數據顯示，紡織廢料是美國廢物流中增長最快的部分，被丟棄的紡織品數量每年皆在增加。

儘管其中部分廢料被回收利用，但美國環境保護署（EPA）¹⁹聲稱，85%的美國紡織廢料最終被掩埋處理。

令人鼓舞的是，美國對再生纖維的需求正在增長。然而，自紡織廢料中提取製造此類纖維的原料卻很有限。

為應對此一限制，循環分類計畫旨在發掘紡織品到紡織品回收利用的原料供應。

為了實現此目標，將進行一項徹底的消費者調查，繪製出一件服裝自購買到廢棄的整個過程。

此外，該計畫亦將使用 Matoha Instrumentation²⁰的 FabriTell 織物識別設備對消費後紡織品進行全面分析。

該設備採用近紅外線（NIR）技術，能準確識別不同類型紡織廢料的材料成分。

¹⁸ 世界銀行是一個總部設在美國華盛頓特區的組織，為世界各地的發展中國家提供財政及技術援助。

¹⁹ 美國環境保護署（EPA）是一個總部設在美國華盛頓特區的聯邦組織，專門從事環境保護工作。

²⁰ Matoha Instrumentation 是一家位於英國倫敦的材料鑑定公司。

該計畫將 Resource Recycling Systems(RRS)²¹及永續材料管理中心(CSMM)²²共同主導。

這兩個組織將推動消費者調查的傳播及分析，並將對美國各地紡織廢料的材料成分進行分析。

RRS 及 CSMM 將在 Circle Economy²³及二次材料及回收紡織品 (SMART)協會²⁴這兩個諮詢組織的支援下進行上述工作。

Circle Economy 是歐洲循環分類計畫的共同領導者，將協助指導紡織廢料分析方法的實施。

SMART 將與其二手服裝及纖維產業成員接洽聯繫，鼓勵參與該計畫。

在美國啟動「循環分類計畫」的消息宣布時，Fashion for Good 總經理 Katrin Ley 表示：「在歐洲及印度等大地區成功開展計畫之後，美國的消費市場規模與消費後紡織品狀況，為我們提供了一個很好的機會，有可能產生令人難以置信的積極影響。該計畫將為做出明智投資及基礎設施決策奠定基礎，並為透過回收變現提供強而有力的商業案例。」

蘭精集團與組織聯盟合作啟動紡織廢料回收試點計畫

總部位於奧地利蘭精的蘭精集團 (Lenzing) 是家生產木質纖維素纖維的公司，與一個組織聯盟合作啟動了一項紡織廢料回收的試點計畫。

該聯盟成員包括：

- Altstoff Recycling Austria (ARA) — 總部位於奧地利維也納的公司，專門自事廢棄物處理、資源管理與物流服務；
- Caritas — 位於奧地利 Sankt Pölten 的社會援助組織；
- Salesianer Miettex — 總部位於奧地利維也納的公司，專門提供洗衣服務及紡織品租借服務；以及
- Södra — 位於瑞典 Växjö 的私有林主協會及林產品製造商。

²¹ Resource Recycling Systems (RRS) 是一家位於美國密西根州 Ann Arbor 的永續發展及回收諮詢公司。

²² 永續材料管理中心 (Center for Sustainable Materials Management, CSMM) 是一家位於美國紐約州 Syracuse 的組織，專門從事材料管理。

²³ Circle Economy 是總部設在荷蘭阿姆斯特丹的組織，旨在協助企業實施循環經濟原則。

²⁴ 二次材料及回收紡織品協會 (The Secondary Materials and Recycled Textiles, SMART) 總部設在美國馬里蘭州羅克維爾，自稱是「擦拭材料、舊衣服和纖維行業的國際貿易協會」。

該試點計畫的目的是建立及證明當地供應鏈的可行性，以收集、分類及回收家用紡織品廢料及衣物廢料，轉用於製造新的萊賽爾纖維（lyocell）與黏膠纖維（viscose）。

一旦該聯盟成功證明了供應鏈的可行性，該聯盟便將擴大計畫規模，目標是至 2027 年每年處理 5 萬噸紡織廢料。

值得注意的是，該試點計畫之啟動正值歐洲製造商面臨越來越大的壓力，要求他們承擔處理或處置消費後產品的責任之際。

這種壓力部分源於《歐盟永續及循環紡織品策略》的發布及即將推出的《廢棄物框架指令》（WFD），該指令將於 2025 年 1 月 1 日起於歐盟生效。

根據 WFD，製造商必須承擔消費後產品的處理或處置的重大經濟和/或實際責任。

例如，製造商有義務建立生產者延伸責任（EPR）計畫，以促進已達使用壽命之產品的維修、再利用及回收。

為配合《廢棄物框架指令》，歐盟執委會建議：

- 應限制紡織廢料的出口；以及
- 採取措施停止使用對環境有害的製程來處理紡織廢料。

作為上述建議的一部分，執委會鼓勵企業優先考慮纖維到纖維的回收。

歐盟執委會承認紡織品回收技術尚須進一步發展，但期望製造商按照執委會的要求大規模採用纖維到纖維回收模式，至 2030 年，歐盟市場上的紡織品將「主要由再生纖維製成」。

為了協助實現此一目標，歐盟執委會將制定具約束力的產品要求，以改善紡織品在纖維到纖維可回收性與強制性再生纖維含量方面的特性。

蘭精與其他組織合作推出的試點計畫亦將有助實現此一目標。

此外，蘭精希望該試點計畫將有助「推動整個產業實現全面的循環經濟」。

作為試點計畫的一部分，紡織廢料將由 Salesianer Miettex 收集與清洗，並在委託給 Caritas 之前先供應至 ARA。

Caritas 在奧地利有三個回收設施，專門支持殘疾人士獲得技能及工作經驗。

委託給 Caritas 的紡織廢料將在這三個回收設施進行人工分類，分類完成後的廢料就會送至 Södra 進行處理。

Södra 將分類後的紡織廢料與來自負責管理林業種植園的木漿結合起來，用於製造 OnceMore 溶解漿。

然後，這些紙漿將被送往蘭精，作為生產 Tencel（天絲）x Refibra 纖維的原材料，這些纖維適用於服裝及家用紡織品應用。

值得注意的是，OnceMore 溶解漿是由蘭精與 Södra 共同開發，是兩家公司於 2021 年簽訂之合作協定的一部分。

自那時起，兩家公司合作便合作開發使用 OnceMore 溶解漿製成的纖維，以及使用回收材料與可再生材料製成的織物。

蘭精紡織品採購與合作負責人 Sonja Zak 在公布試點計畫消息時表示：「單靠一家公司無法解決紡織廢料的緊迫問題。諸如此類的積極夥伴關係使我們能取得進展，實現真正的系統性變革。努力使產業更具永續性，並推動紡織業自線性商業模式朝循環商業模式轉變。整個產業必須繼續採取行動才能促進此一轉變」。

回收方法

北卡羅來納州立大學研究人員開發了一項回收方法，能自含有棉及聚酯混紡的織物去除棉花

位於美國北卡羅來納州 Raleigh 的北卡羅來納州立大學（NCSU）的研究人員開發了一項回收方法，能在 48 小時內自含有棉及聚酯混紡的織物中去除棉花。

該方法是在含有棉及聚酯混紡的織物上塗抹酶（酵素）溶液。該溶液由酶的「混合物」組成，呈弱酸性。事實上，其酸度與醋的酸度相似。

當溶液塗在織物上時，會與棉花發生化學反應，但不會與聚酯發生化學反應。

特別是，該溶液會「分解」棉花中的纖維素，並將其轉化為葡萄糖與微小的棉花碎片。

然後，葡萄糖被洗掉，棉花碎片被過濾掉，留下聚酯纖維。

研究人員亦對含有棉及聚酯混紡、經以下方式處理的織物進行測試：

- 使用紅色與藍色活性染料染色；以及
- 經過抗皺處理。

為了分解染色織物，測試結果表明，需要增加化學反應發生所需的時間，而且溶液中的酶用量也需要增加。

為了分解經過抗皺處理的織物，研究人員必須在使用酶之前對織物進行化學預處理。

研究人員尚未確定使用該方法生產之聚酯的品質。

然而，由於酶溶液性質溫和，因此研究人員預計聚酯的品質會很高。

此外，研究人員預期聚酯將適合回收利用。

使用回收方法生產的其他材料具多種用途。

特別是，棉花碎片的漿料可用作強化劑，尤其是在紙張與複合材料中。此外，葡萄糖正進行測試，以確定能否可利用於生產生物燃料。

TEIJIN FRONTIER 研發能自含有彈性纖維與聚酯纖維混紡之服裝廢料中去除彈性纖維的化學回收方法

Teijin Frontier 研發了一項化學回收方法²⁵，能自使用彈性纖維及聚酯纖維混紡製成之服裝廢料中去除聚氨酯(PU)彈性纖維(通常稱為彈性纖維 elastane 或氨綸 spandex)。

Teijin Frontier 是家位於日本大阪的機能性纖維及材料生產商，亦為 Teijin Limited (帝人株式會社)²⁶的子公司。

該方法自 2022 年 10 月以來持續開發中，被 Teijin Frontier 將其稱為「異物去除技術」。

²⁵ 化學回收是多種不同技術的廣泛類別，這些技術使用化學製程將纖維分解為聚合物或單體級纖維。

²⁶ Teijin Limited (帝人株式會社)是總部位於日本東京，業務領域有：高功能性纖維，包括芳綸、碳纖維及複合材料；衛生保健；薄膜；樹脂及塑膠加工；聚酯纖維；產品加工；以及資訊技術 (IT) 產品。

一般而言，由彈性纖維與聚酯纖維混紡製成的服裝在使用壽命結束後難以回收。一件全聚酯服裝中，只要含有 1% 彈性纖維就足以讓服裝被回收分類廠拒收。

此外，現有回收彈性纖維及聚酯纖維混紡服裝的方法，通常生產出品質低劣的材料。

為了解決此一問題，Teijin Frontier 研發了一項化學回收方法，能自彈性纖維及聚酯纖維混合物製成的服裝中去除彈性纖維。

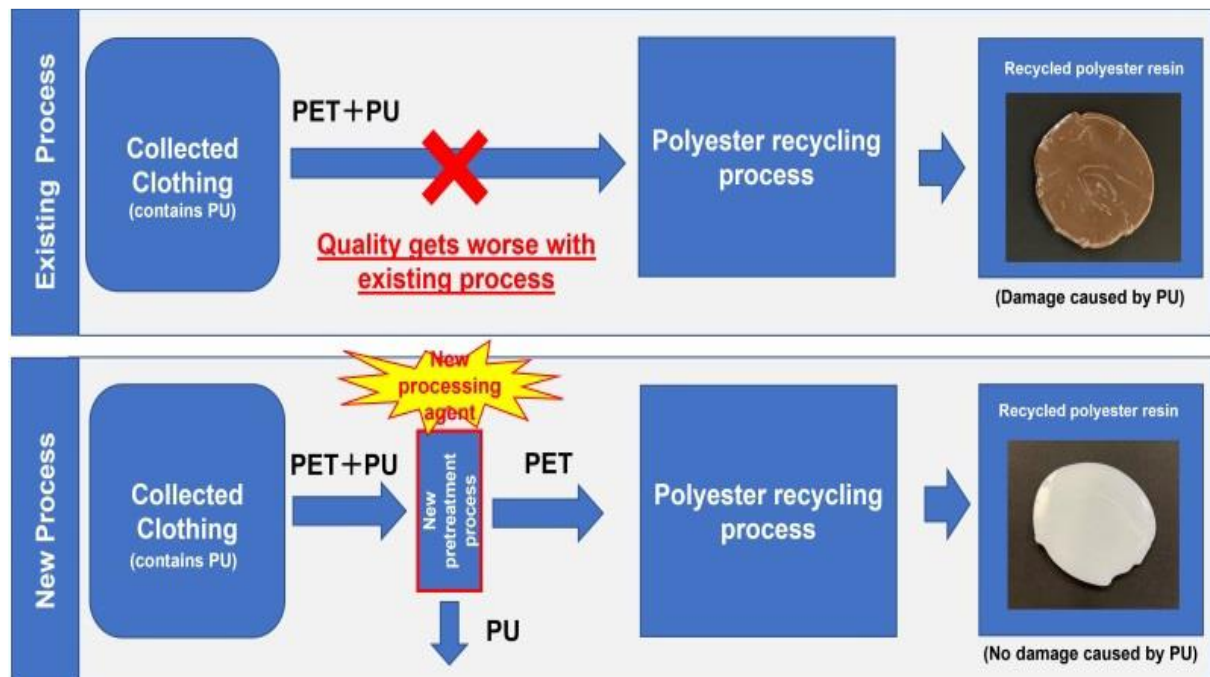
因此，該方法生產出高品質的再生聚酯樹脂，可製造高品質聚酯纖維。

該方法再預處理階段使用一款新的加工劑。尤其，該新加工劑能使彈性纖維「膨脹」，進而破壞其化學鍵並溶解之。

同時，該加工劑可去除聚酯纖維中的所有其他物質，例如：染料。

值得注意的是，一旦使用了該加工劑，就可物理回收並以化學回收方法重新使用。

圖 9 化學回收方法



PET : Polyester fiber PU : Polyurethane elastomer fiber

資料來源：Teijin Frontier

該方法是 Teijin Frontier「Think Eco」環保倡議的一部分，根據該倡議，Teijin Frontier 承諾生產的產品具以下特點：

- 有助環境保護；
- 採用環保永續原材料製成；以及
- 使用有效管理資源的製程製造。

Teijin Frontier 希望該方法的使用將有助於加速纖維到纖維的回收，並為實現零廢棄物社會做出貢獻。

回收技術

SPINNOVA 與 RENEWCELL 合作開發了一項將紡織廢料轉化為纖維的技術

總部位於芬蘭 Jyväskylä 的紡織品製造商 Spinnova 致力於推廣環保永續實踐，開發了一項將紡織廢料轉化為纖維的技術。

該技術是 Spinnova 與 Renewcell 合作研發的結果，Renewcell 是總部位於瑞典斯德哥爾摩的回收紡織品公司。

該技術能將紡織廢料中提取的紙漿轉化為生物基纖維，在纖維紡紗過程中不使用有害化學物質。

該製程中使用的紙漿由 Renewcell 以 Circulose 的形式提供。

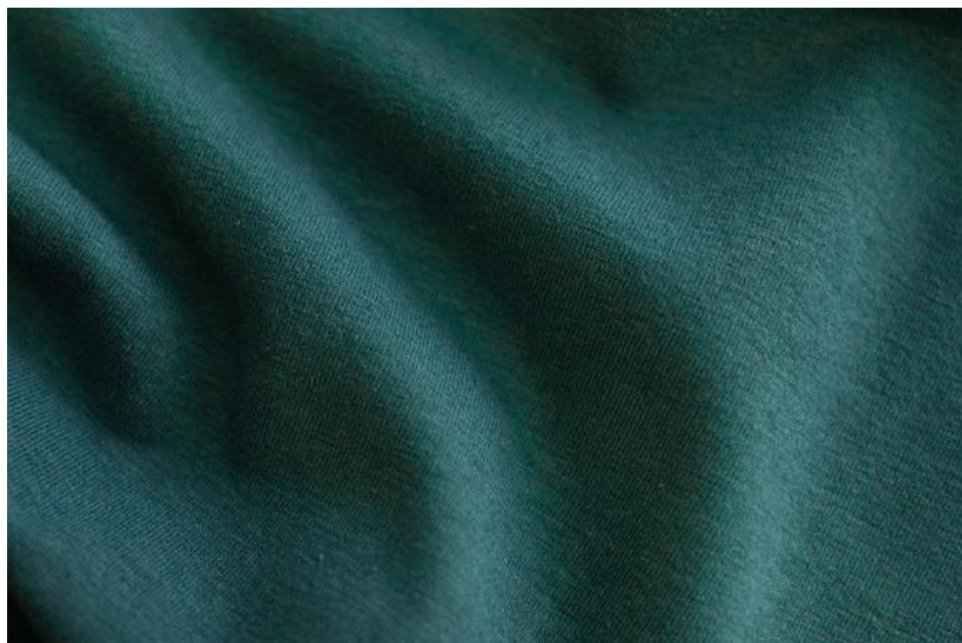
在該技術開發之前，所有 Circulose 皆使用於生產如黏膠等的傳統纖維素纖維。

根據 Spinnova 的說法，使用新技術生產的纖維被認為是「次世代」纖維。

經過 Spinnova 的幾次生產試驗，使用該技術製成的纖維已成功用於開發紗線與織物。

此外，亦使用該纖維與棉花混紡的組合製造出幾種原型產品。

圖 10 原型織物



資料來源： **Spinnova**

Spinnova 與 Renewcell 正評估開始商業規模生產該纖維的機會，預計第一批含有該纖維的消費產品將於 2024 年底上市。

Spinnova 副執行長（CEO）Ben Selby 在 Spinnova 與 Renewcell 合作消息宣布時表示：「時尚與紡織業需要新的解決方案及整個供應鏈的協作，這對我們來說是個令人興奮的合作。我們的目標是加速時尚產業朝循環經濟轉型，並探索擴大紡織品到紡織纖維生產規模的方案」。

「與技術精湛的 Renewcell 團隊建立合作夥伴關係是件非常高興的事情，Renewcell 的材料與 Spinnova 的技術相結合的首次測試結果令人相當期待」。