

纖維創新有助建立 紡織成衣循環性供應鏈

2024 年 6 月

紡拓會 編譯

纖維創新有助建立紡織成衣循環性供應鏈

<u>目 錄</u>	<u>頁次</u>
摘要.....	1
緒論.....	1
纖維消耗量、產能及產量的預測，以及紡織製成品、成衣及鞋類的市場.....	3
纖維消耗量預測.....	3
纖維產能及產量預測.....	4
紡織製成品、成衣及鞋類的市場.....	4
處理紡織廢棄物分類回收的策略.....	5
纖維素纖維產能擴充與生產基地「綠化」的投資.....	5
蘭精集團擴充與「綠化」其生產基地.....	5
採用「次世代」原料的新纖維與其製造商.....	5
Renewcell.....	6
Infinited Fiber Company.....	6
OnceMore.....	7
彈性纖維與伸縮纖維的問題.....	7
「纖維到纖維」回收再生 PET 聚酯.....	9
Eastman.....	9
Suez Group 與 DK Geo Centric(SKGC).....	10
Indorama Ventures(IVL)與 Carbios.....	11
回收再生準備階段.....	11
Andritz Laroche.....	12
Andritz、Pellenc ST及Synergies TLC.....	12
Inditex 與 Ambercycle.....	13
CETIA：紡織品回收再生的新中心.....	14
結論.....	15

摘要

在可預見的將來，PET(polyethylene terephthalate，聚對苯二甲酸乙二酯) 聚酯將仍是紡織成衣最廣泛使用的纖維種類。替代性纖維包括纖維素纖維、天然纖維，以及為製造生物塑膠而開發的纖維。預測替代性纖維的產量會強力成長，但是這樣的成長也只能滿足市場對紡織纖維的部分需求。聚酯纖維的產量 2030 年時預測將超過 8 千萬公噸，這已超過 2030 年時全球纖維產量的一半。由於這個產量龐大，加上對環境永續的壓力日增，建立一個穩固的「纖維到纖維」回收再生 PET 聚酯(FFrPET)產業因此至關緊要。

事實上，FFrPET 產業的規模正在擴展，而且這樣的擴展正獲得相當大的動力。在此分享幾家主要公司，包括：Eastman，投資一座回收再生纖維工廠，採用的處理過程是甲醇分解(methanolysis)技術；Suez 與 SK Geo Centric(SKGC)兩家公司合作建立一座 PET 塑膠和纖維回收再生工廠，採用的是 Loop Industries 企業的技术；Indorama 與 Carbios 兩家公司合作成立一座採用生物性的酶促回收再生(enzymatic recycling)PET 的工廠；Andritz Laroche 參與法國數個新的回收再生計畫；Inditex 則和 Ambercycle 形成策略聯盟，支持 Ambercycle 建立其第一座商業規模的紡織再生工廠。

與此同時，有更多努力正在進行，例如以開發並回收再生含彈性纖維紡織品的過程。現下有三成的紡織品皆含有彈性纖維，但當涉及成衣壽命結束時的處置與回收再生時，這卻成了問題。奧地利維也納工業大學的一個團隊開發一項無害溶液，可將彈性纖維自紡織品中分離出來；Lycra 公司則正和數家回收再生業者合作研發回收再生各種 Lycra 變體的技术。

在纖維素纖維方面，木漿與纖維生產商正投資於新的產能，以滿足市場增加的需求。例如，蘭精集團今年投資鉅額於擴充全球產能與「綠化」其生產基地；還有一些位於北歐的新創公司，包括 Renewcell 與 Infinited Fiber Company，皆開發以所謂「次世代」原料為基質的新纖維，並正在建造商業規模的工廠或加速增加新造工廠的產量。

緒論

近來許多紡織纖維的創新均係針對翻轉合成纖維在生產時與廢棄後對環境造成的傷害，特別聚焦在擁有合成纖維同樣地低成本、舒適與方便等優點的替代性纖維。

創新的方式包括：

- 開發可分解和/或可製成堆肥的生物塑膠
- 以源自天然資源的替代纖維取代合成纖維

生物塑膠的全球產量仍寥寥可數。根據位於德國柏林的歐洲生物塑膠協會的資料，2022 年的全球產量僅有 190 萬公噸。

此外，生物塑膠的量產計畫甚至尚未及於紡織用途。2022 年全球所有紡織用纖維的消耗量是 1.2 億公噸，預測至 2030 年的消耗量將攀升到 1.4 億公噸，這代表八年間的複合年成長率(CAGR)為 1.9%。

上述增加的需求部分可以天然纖維的生產取代部分合成纖維，但無法全部以天然纖維填滿需求。

與此同時，一些主要時尚品牌正大力宣揚與新纖維素纖維的開發廠商結盟，這些新纖維源自高含棉量的紡織廢棄物。這類開發廠商有一些位於北歐國家，尤其是芬蘭與瑞典。

不過，在可預見的將來，PET(polyethylene terephthalate，聚對苯二甲酸乙二酯)聚酯將仍是紡織成衣最廣泛使用的纖維種類。這一點在 2023 年 9 月 13-15 日於奧地利 Dornbirn 舉行的第六十二屆全球纖維大會(Dornbirn-DFC)¹上被強調。

鑒於 PET 纖維持續地重要，建立一個穩固的纖維到纖維回收再生 PET 聚酯(FFrPET)產業至關緊要。

PET 聚酯的發明可歸功於兩位英國化學家，John Rex Whinfield 與 James Tennant Dickson。1940 年代時，兩人於英國曼徹斯特的紡織印花布公司 Calico Printers Association 工作。

¹ Dornbirn-DFC 是每年於奧地利 Dornbirn 舉行的國際活動，做為國際纖維產業的溝通平台。活動有助纖維產業相關業者、大學、技術學院及貿易協會之間的連結。本屆的亮點包括在三天會期內有 120 場說明會，25 家新創企業的創新成果在周邊活動「創新日」(Innovation Days)發表，提供年輕公司展現新產品的機會，並與一些纖維大廠的與會代表建立聯繫。

1950 年代初，製造 PET 聚酯的製程經美國杜邦公司改進，並以 Dacron(達克龍)為商標名引進紡織業。

自此 PET 聚酯乃立足紡織業。它和棉花混紡，提供了性能與成本的優勢，使得聚酯/棉混紡製成的紗成為紡織業最廣為使用的纖維種類。

PET 比棉纖維耐用、不易破損，耐得住重複洗滌，不易變形。PET 布料自然防皺，棉布則易起皺，需熨燙以維持整齊外觀。

此外，PET 具優異的保色性，代表以它為原料的布料不易褪色，即使經多次洗滌與長時間曝曬亦然。相反地，棉布會隨著時間褪色。

還有，PET 製成的布料可經加工提供排濕性，因此適合製作運動與休閒服裝。棉布易於保濕，潮濕時容易變重。

PET 也比棉纖維快乾，吸水性低，不易受到濕氣問題的影響。PET 也可經改變構造具備抗菌、防燃或抗 UV 等特性，以符合各行各業的需求。

1970 年代時，PET 成為製造塑膠瓶與容器的材質，具輕量、透明及可回收的優點，因此成為飲料與食品包裝業偏愛的選擇。這類包裝常見於廢棄物，因此提供了足夠的原料，讓回收再生 PET 聚酯成為新纖維。事實上，每年回收再生成為新纖維的 PET 聚酯量約為 9 百萬公噸。

不過，自廢棄寶特瓶回收再生的 PET 纖維也用於製造新的寶特瓶。如果將這種回收再生的 PET 纖維轉用於製造紡織業的纖維，會阻礙寶特瓶產業完全循環製程的發展。

此外，隨著「瓶到瓶」回收再生的情況成為趨勢，對此種廢棄原料的競爭轉激，將限制此等原料應用於紡織產業的取得性。

事實上，歐洲已提議立法防止寶特瓶被回收再生成為紡織用纖維，雖然尚未實施。

纖維消耗量、產能及產量的預測，以及紡織製成品、成衣及鞋類的市場

纖維消耗量預測

根據瑞士顧問公司 Gherzi 高層在前述 Dornbirn 全球纖維大會上的預測，全球纖維消耗量將自 2022 年的 1.2 億公噸成長到 2030 年的 1.4 億公噸。在 2030 年的消耗量中，長纖維將達 7 千萬公噸，短纖維 6 千萬公噸，長纖維 1 千萬公噸。

纖維產能及產量預測

蘭精集團(Lenzing)²的執行長則在大會上表示，雖然現有一些纖維大廠的利用率未達滿載，2030 年時全球纖維產能仍需增加 2,400 萬噸以敷所需，這包含合成纖維與纖維素纖維產能的增加。

合成纖維的生產主要是 PET 聚酯，至 2030 年預期每年以 2.7% 的速度增加；纖維素纖維不包含棉纖維在內，至 2030 年預期每年以 5.6% 的速度增加。

看似纖維素纖維的增加速度是合成纖維的兩倍，不過，2022 年纖維素纖維的產量僅占所有人造纖維(含合成纖維在內)產量的 8%，剩餘的 92% 均為合成纖維。

根據 Gherzi 的預測，2030 年長纖維與短纖維的總產量中，聚酯有 8,060 萬公噸，纖維素纖維有 1,040 萬公噸，剩餘為棉、尼龍及其他纖維。

紡織製成品、成衣及鞋類的市場

Gherzi 預測紡織製成品的整體市場價值將自 2022 年的 1.8 兆美元上升到 2030 年的 2.1 兆美元。

2030 年布料製成衣的市場價值預測將達 1.45 兆美元，布料製家用紡織品的市場則達 3,400 億美元，產業用紡織卷材則達 2,800 億美元。

在個別市場方面，Gherzi 觀察到，自 2021 年起，中國大陸就是全球最大的成衣與鞋類消費國，占全球市場的 25%，其次為美國，占 21%，歐洲占 20%。

同時，成熟市場的消費則大幅減緩。以美國為例，個人在商品方面的支出長期衰退，以在獲取服務方面的支出取而代之。

² Lenzing 是奧地利專精生產木質纖維素纖維的生產商。

1960 年美國個人在商品的平均支出占可支配所得的 55%，這個比例多年來逐漸下降，2022 年時為 33%；尤有甚者，在成衣與鞋類的支出比例自 1960 年的 12% 跌至 2022 年的 8%。

處理紡織廢棄物分類回收的策略

自 2025 年起，歐盟境內的紡織廢棄物將採分類回收，因應這個規定的策略現在也加緊腳步。歐盟每一年估計約產生 7 百萬噸的紡織廢棄物。

此外，經由一個新的生產者延伸責任(EPR)機制，紡織廢棄物的回收將由將產品上市的品牌付費。

另者，將不再允許將廢棄物焚化、送往掩埋場或轉移到其他國家。

因此，除非緊急採取行動，否則 2030 年前將會產生超過 3,200 萬公噸的新紡織垃圾山。

「歐盟永續與循環紡織品策略」已正引發歐盟境外的反應。例如，全球最大的纖維生產國與最大的紡織消費國，於 2023 年 4 月宣布計畫，將於 2025 年回收再生四分之一的紡織廠廢棄物。

纖維素纖維產能擴充與生產基地「綠化」的投資

蘭精集團擴充與「綠化」其生產基地

蘭精集團今年投資鉅額於擴充全球產能與「綠化」其生產基地，以推動朝向於 2050 年達成碳中和。

該公司在其印尼的單一工廠就花費 1 億歐元(1.07 億美元)升級，以便生產特種黏液纖維，包括製造不織布用的 Veocel 商標纖維。如此方能完全符合其於歐洲生產同一纖維的環保標準，而不需增加在歐洲的產能。

採用「次世代」原料的新纖維與其製造商

前述 2030 年時全球纖維需增加的纖維素纖維產能，將包括以所謂「次世代」原料為基質的新纖維，這些下一代的原料是以消費後廢棄物製成的木漿為材質。一些位於北歐國家尤其是芬蘭與瑞典的企業，正是這類原料的先鋒，同時也獲得主要時尚品牌大力的支持。

Renewcell

使用所謂「次世代」原料為基質生產新纖維的企業中，最先進的一家就是位於瑞典斯德哥爾摩的 Renewcell，專門回收再生紡織品。

該公司於 2022 年 11 月啟動位於瑞典 Sundsvall 的工業化 Circulose³溶解性木漿工廠，並正增加 Circulose 木漿的年產量至 6 萬噸。

該公司商業長在 Dornbirn 全球纖維大會上說明，Renewcell 於 2023 年 6 月發起一個名為 Circulose 供應商網絡(Circulose Supplier Network·CSN)的團體，共計 47 家紗與布料製造商，皆在穩定增加使用 Circulose 製纖維來製成紡織品，成立後廠商數已增加至 116 家。

已有一些供應商提供使用 Circulose 製成的黏液纖維，包括中國大陸的唐山三友化工公司與宜賓絲麗雅集團，Renewcell 也與奧地利蘭精集團簽訂合約。

此外，Renewcell 也與一些品牌簽有合約，包括 Ganni、H&M 集團、李維 (Levi Strauss & Co)、Pangaia⁴、PVH 及 ZARA。Renewcell 將供應這些品牌以 Circulose 製成的纖維。

Infinited Fiber Company

Infinited Fiber Company 是總部位於芬蘭赫爾辛基的木漿與紙製造商。該公司正建造一座商業規模的工廠來生產 Infinna 纖維，Infinna 是一項紡織用的再生纖維素纖維。

這座工廠的場址前為另一家芬蘭公司 Stora Enso 經營的紙廠。

Infinited 公司這項建廠投資的金額約為 4 億歐元(4.27 億美元)，纖維年產能將為 3 萬公噸。工廠預計將於 2026 年 1 月生產首款商業產品。

同時，該公司已與下列等品牌簽訂供應 Infinna 纖維的合約：

- Bestseller

³ Circulose 是使用從破舊衣服與生產過程廢棄物回收再生的棉纖維製成的新原料。

⁴ Pangaia 是以環保為導向的綠時尚成衣品牌。

- H&M 集團
- Inditex
- Pangaia
- Patagonia
- PVH

OnceMore

蘭精集團已與 Södra 形成夥伴關係，在一個由歐盟共同資助的計畫下，一起開發一項名為 OnceMore 的製程。Södra 是位於瑞典 Växjö、由森林所有者組成的協會，也是森林產品製造商，包括木漿。

OnceMore 製程採用蘭精的 Refibra 技術，這項技術可處理並再生成分複雜的有色紡織品，這些紡織品是混紡材質，含有棉、聚酯及其他成分，包括彈性纖維。

2022 年 6 月 Södra 宣布，在其位於瑞典 Mörrum 的工廠增加生產 OnceMore 木漿的年產能到 6,000 公噸，這個數量足以製造 2,400 萬件成衣。

這種木漿的成分組合為 50%回收再生材質與 50%來自永續森林的可再生木漿，可製成新的萊賽爾(lyocell)與黏液纖維。

彈性纖維與伸縮纖維的問題

彈性纖維廣為製造成衣所用，以提供服裝的伸縮性與舒適性。最知名的彈性纖維品牌為 Lycra(萊卡)，估計全世界九成的消費者皆認識這個商標。

然而，現在在提到成衣壽命結束時的處置與回收再生時，彈性纖維卻成了問題。

在 Dornbirn 全球纖維大會上，奧地利維也納工業大學(TUW)的研究學者 Emanuel Boschmeier 在演講中提到，彈性纖維成了「汙染源」。

Boschmeier 說明，在以機械方式回收的作業中，紡織品含有彈性纖維可能導致在機器內形成蛛網型的絲狀纖維網而造成問題，在熱熔擠出過程中會分解並阻塞濾嘴。

誠然，每年僅有 120 萬公噸的彈性纖維產出，這占回收廢棄成衣的纖維總量僅 1%。但是彈性纖維是廣泛使用的纖維，所有紡織品裡有三成皆使用到。

Boschmeier 在 TUW 大學的團隊一直致力於開發一套系統，可偵測出廢棄成衣中是否含有彈性纖維，並能有效移除。

團隊已發現一項無毒溶液，在常壓下可將彈性纖維自紡織品分離，使用後的溶液有 99% 可還原再用。TUW 大學正設法將這套系統商業化。

這款溶液不會影響 PET 聚酯與尼龍纖維，這兩種纖維時常與小比例的彈性纖維混紡。不過溶液對棉與纖維素纖維的影響則猶待測試與試用。

Lycra 公司的永續長 Jean Hegedus 表示，一些含有 2-5% 成分彈性纖維的成衣，能以機械法回收利用，但是含有 5-10% 的成衣通常只能回收再利用於製造不織布，應用在絕緣(保溫)與汽車座椅內部等材料。

Hegedus 解釋，主要的挑戰在於含有 10% 以上彈性纖維的成衣，已證實非常難以回收再生。

這樣的危機在於，隨著「循環設計」愈發風行，設計師會傾向限制成衣的彈性纖維成分。過往尤其是針織成衣，在結構上皆以複雜的方式含有彈性纖維，含量也很高。

Lycra 公司的目標是開發有下列特性的 Lycra 纖維：

- 很容易自成衣中分離取出
- 可回收
- 紡成新纖維

為此，該公司正和數家未揭露的回收再生業者簽訂合約，未來將致力研發回收再生成各種 Lycra 變異體的技術。

在一項試驗中，由 65% 聚酯與 35% 獨特的新 Lycra 變異體混紡的兩種未染布料，在被送到一家聚酯回收再生業者處之後，布料的彈性紗是可以被還原出來的。

這些彈性紗被送回、再溶解、再和 80% 的原生聚合物混合。經此過程得出來的材料之後被紡成新纖維。

這個回收再生的過程看起來並未降低 Lycra 變異體的彈性，紡成的纖維以實驗室規模等級的標準是可接受的。

該公司也正積極宣揚其產品 Lycra T400 EcoMade 雙成分 PET/PTT 纖維的優點。這類產品提供適度伸縮性，長久的形狀保持性，包含符合全球回收標準(Global Recycled Standard, GRS)的回收再生 PET 纖維與 18% 可再生、生物來源的成分。

標準 PET 纖維與 Lycra T400 的混紡布料已成功地經由糖解過程⁵回收，並已開發一個正在申請專利的過程，可解聚(depolymerising)並將還原的單體轉回成為切粒後再紡成纖維。

使用這項回收路徑製造的聚酯生產的布料，正受到 Lycra 公司的評估。該公司持續就纖維與布料性能的所有層面進行範圍廣泛的試驗，以回應「回收再生紡織品帶來的挑戰」。

「纖維到纖維」回收再生 PET 聚酯

在未來幾年勢將產生最大影響的計畫，是一些正在進行、目的為建立途徑以生產「纖維到纖維」回收再生 PET 聚酯的大規模計畫。

EASTMAN

位於美國田納西州 Kingsport 的伊士曼(Eastman)公司⁶供應先進的化學品、纖維及材料。該公司正投資約 22.5 億美元開發分子回收再生技術。此種技術能消耗難以回收再生的聚酯廢棄物，將之轉變為新的 PET 單體與聚合物，以製成聚酯棉與聚酯絲，據稱和以化石燃料製成的聚酯棉與絲無異。

⁵ 在糖解過程中，聚酯的化學分解，是乙二醇分子在諸如金屬醋酸鹽的催化劑作用下啟動的。在糖解反應中，酯鍵被斷裂，代之以羥基端。

⁶ 伊士曼公司 2022 年的營業額是 105.8 億美元，全球員工共計 14,500 人。

該公司在 Kingsport 有一座回收工廠，採用的回收過程是使用甲醇分解 (methanolysis) 技術。這座工廠已在運轉，全面運轉的產能將是 11 萬公噸。

第二座工廠則坐落在法國諾曼第地區，計劃於 2026 年啟動，第一階段產能為 11 萬公噸，第二階段產能將提升到 20 萬公噸。

伊士曼公司計劃在美國建造第三座工廠，也將在 2026 年運轉，屆時該公司回收再生聚酯纖維的總產能將達 33 萬公噸。

SUEZ GROUP 與 DK GEO CENTRIC(SKGC)

位於法國巴黎的「水資源解決方案領導者」蘇伊士集團(Suez Group)，和南韓化學巨擘 SK 集團的子公司 SK Geo Centric(SKGC)搭檔，在法國的 Saint-Avoid 建立一座 4.5 億歐元(4.81 億美元)的 PET 塑膠與纖維回收再生工廠，採用的是 Loop Industries 企業的技术，預計在 2025 年試運轉。

蘇伊士集團於 2022 年的營業額是 68 億歐元(71 億美元)，有 4 萬名員工；SK 集團 2021/22 營業額約為 1,290 億美元，全球員工超過 10 萬名。

新的回收再生生產基地將製造 100%回收再生並可無限循環回收的原生品質的 PET 樹脂，預計年產能 7 萬公噸。

Loop Industries 位於加拿大蒙特婁，擁有專利與專屬技術，可解聚 PET 塑膠與聚酯纖維廢棄物。這些廢棄物目前均無甚價值，包括：

- 塑膠瓶與包裝
- 地毯及任何顏色、透明程度或狀況的紡織品
- 經太陽與鹽分解的海洋塑膠

解聚後的單體經過濾、淨化及再聚合後產生原生品質的 PET 樹脂，商標名稱稱為 Infinite Loop，適用於食品級的包裝與纖維。

該公司宣稱這類單體可無限次回收再生，不會降低品質。

第一座生產 Infinite Loop 的工廠位於南韓的蔚山，在法國的新廠計畫將追隨蔚山工廠的方式，年產能將會是 7 萬公噸。

瑞士運動服品牌 On 已簽下預購合約，將採購該廠未來產出的 Infinite Loop 樹脂。

Indorama Ventures(IVL)與 Carbios

總部位於泰國曼谷的 Indorama Ventures(IVL)公司於 2023 年 9 月宣布，始自 2011 年 2 月，該公司已：

- 回收處理了 1 千億個使用過的寶特瓶
- 改變了 210 萬噸環境廢棄物的用途
- 減少了 290 萬噸產品生命週期中的碳排放量

此外，該公司已花費超過 10 億美元來回收廢棄寶特瓶。

2022 年該公司的營業額為 187 億美元，全球員工共計 26,000 人。

IVL 現在與位於法國 Clermont-Ferrand 市的生物化學品公司 Carbios 合作，於法國的 Longlaville 市建立一座工廠，使用生物性的酶促回收再生 (enzymatic recycling)PET 廢棄物的技術。

Carbios 是開發酵素(酶)性解決方案(enzymatic solutions)的先進公司，致力於處理廢棄的塑膠，以及紡織聚合物和纖維，已於 Clermont-Ferrand 成功建立一家示範工廠。

Longlaville 工廠規劃的作業每年將能處理約 5 萬公噸消費後的 PET 廢棄物，約相當於 20 億個寶特瓶或 15 億個 PET 塑膠盒。

這個合作計畫預計投入的資金在 Carbios 核心技術方面約為 1.5 億歐元(1.6 億美元)，在廠址的基礎建設方面約為 5 千萬歐元。

Carbios 已自法國政府和法國大東部大區(Grand Est)地區行政議會獲得強力的財務支持。

回收再生準備階段

2022 年 10 月初，Carbios 公司在其 Clermont-Ferrand 的廠址完成一條「回收再生紡織品準備作業」線。目前這個紡織品回收準備階段是用手或是在幾條線上進行。為了讓這個階段精簡順暢化，Carbios 開發了一條作業線，採用完全整合與自動化的酶促回收再生過程，將使用過的成衣或裁剪廢料等紡織廢棄物轉變成適於解聚(depolymerisation)的原料。

這條專利作業線整合所有準備階段，包括撕碎和取出鈕扣、拉鍊等堅硬材料，提供 Carbios 一項高性能、可擴大規模發展的工具。

這條新作業線在連續作業過程下的產能是每小時 300 公斤。

Andritz Laroche

位於法國 Cours 的 Andritz Laroche 公司專精於回收再生用於紡紗與不織布的纖維系列。該公司參與法國數個新的回收再生計畫。

該公司成立於 2020 年末，當時 Laroche 公司被奧地利的 Andritz 集團買下。Andritz 集團為不同產業提供設備、機器、工廠、服務及系統。買下 Laroche 讓該集團晉身為機械式回收再生纖維領域的領導者。

Andritz Laroche 參與的計畫包括 Renaissance Textile 計畫。Renaissance Textile 位於法國的 Changé，由兩家工作服專業公司 Klopman 與 TDV Industries 共同成立。

Renaissance Textile 成立目的是要在歐洲建立一個在地化的循環供應鏈，生產聚酯/棉花工作服用布料。

目前，這類布料的供應源有 85%來自非歐洲國家。

Andritz、Pellenc ST 及 Synergies TLC

Andritz 和 Pellenc ST 及 Synergies TLC 共同合作一項計畫，旨在開啟自動分類的潛能，以產生更多的回收再生纖維。

這三家公司正建立一家新的工業級規模的企業，名稱為 Nouvelles Fibres Textiles，結合 Pellenc ST 的自動分類技術與 Andritz 的回收再生機器。

Pellenc ST 在全球已安裝了超過兩千台機器，包含用來分類塑膠與纖維性材料(例如紙)的設備。

Inditex 與 Ambercycle

Inditex 已和 Ambercycle 形成策略聯盟，以協助擴展「纖維到纖維」回收再生 PET 聚酯的產量。

Inditex 是西班牙成衣公司集團，擁有品牌 Bershka、Massimo Dutti、Oysho、Pull&Bear、Stradivarius、ZARA 及 ZARA Home；Ambercycle 則是位於美國洛杉磯的材料科學公司。

Ambercycle 開發一種化學過程，可分解聚酯成為其構成的單體，然後可再回用於製造再生聚酯纖維。

Ambercycle 利用此一過程，將製程後(消費前)與消費後的 PET 廢棄物製造出名為 cycora 的再生 PET 材料，Inditex 則依雙方策略聯盟的約定，簽了三年的合約，承諾每年採購相當比例產量的 cycora。Inditex 同意採購的金額將超過 7 千萬歐元(7,500 萬美元)。

這項採購承諾將是支撐 Ambercycle 建造其第一座採用「分子再生法」以商業規模生產再生紡織品的工廠的關鍵。

擴大應用 Ambercycle 的分子再生技術將讓服裝供應鏈更容易取得與更普遍使用循環材料⁷。

Ambercycle 的商業化新工廠預期將於 2025 年左右開始生產，之後三年產出皆將持續被 Inditex 產品所用。

Inditex 的目標是在 2030 年時，該公司所有紡織產品皆完全以環境碳足跡較小的材料製成。

⁷ 此處循環材料係指經過設計在材料使用壽命結束時可再使用、修補、再修改、再製造及回收再利用，以降低投入資源至最低，並將產生的碳排放、汙染及廢棄物降至最低。

在這樣的承諾下，該集團預期所使用的紡織纖維能有 25%來自次世代材料，目前這類材料的生產尚未具工業規模。

CETIA：紡織品回收再生的新中心

法國兩個研究組織 CETI 與 ESTIA 的子公司 CETIA，於 2023 年 9 月在法國的 Hendaye 展開運作。占地 1,200 平方公尺的 CETIA，是一間專司紡織品回收再利用的新中心。

CETIA 的目標是建立有效率的系統，藉著利用下面的技術，讓回收再利用的作業具競爭力：

- 人工智慧
- 自動化
- 機器人技術

中心的工作包括：

- 將概念原型化，目的在去除技術障礙，將概念以工業規模方式建立技術可行性。
- 開發試驗作業線
- 開啟量產前生產試車

此外，該中心並將協助核心能力與技術的轉移，以建置在客戶場址的解決方案。

位於 Hendays 的場地配置有比利時公司 Valvan Baling Systems 開發的 Fibersort 機器，使用 NIR(近紅外線)與 RGB(紅、綠、藍三原色)技術，將紡織廢棄物依成分與顏色分類進入十個桶裡。此機器的吞吐量是一秒處理一件成衣。

同場地亦配置有由 Dell'Orco&Villani 供應的兩座開纖機與一台清花機，可將廢棄成衣的纖維與副料分開，產能為每小時 600 公斤。

Dell'Orco&Villani 是位於義大利 Capalle 的企業，專精於建造紡織品回收再利用機器。

該公司同時也在開發一套專利系統，分類與拆開鞋子，使用機器人移除黏膠、縫製、射出或硫化鞋底，速度是每小時 120 隻鞋。這套系統是 Re-Shoes 計畫的一部分，Re-Shoes 是 EPSI(European Platform for Sport Innovation，歐洲運動創新平台)於 2023 年 6 月 6 日推出的計畫⁸。

結論

合成纖維與塑膠本身並非「不好的原料」。事實上，在許多應用上它們非常實用與靈活。

它們今日的壞名聲來自與之相關聯的廢棄物，以及在環境與海洋中無法分解，會長久存在。

如果當初在這些材料進入市場時也一併推出了回收再利用的機制，它們就仍會被認為是「神奇原料」。

幸而針對 PET 聚酯與其他合成纖維，以及塑膠的「纖維到纖維」回收再生技術，現在正擴展規模，也獲得相當大的推動動力。

一些主要的公司皆參與這類發展。相較於新創公司，這些大公司擁有明顯的優勢，可為這類原料建立切實可行的循環系統。

這些優勢包括作業運轉的規模與程度，以及可支配的資金。

⁸ Re-Shoes 計畫的目的是「為管理使用週期終結的鞋類，開發與建立替代性、循環性及永續性解決方案」。為達此目的，此計畫旨在從使用週期終結的鞋子獲得原料，用於製造「次世代」與高品質的鞋類。