

聚酯紡織品市場
朝生物基與回收再生材質發展

2025年9月

紡拓會 編譯

聚酯紡織品市場朝生物基與回收再生材質發展

目 錄	頁次
摘要.....	1
緒論.....	1
全球聚酯市場的規模與成長.....	2
聚酯纖維全球市場的價值規模.....	2
聚酯纖維的產量.....	2
聚酯纖維的數量需求.....	3
印度與中國大陸的聚酯纖維需求.....	3
聚酯市場的發展與擴張.....	3
聚酯：市場擴張與重要里程碑.....	4
聚酯應用於成衣的性能.....	4
聚酯應用於運動與戶外成衣.....	5
聚酯的機械式回收再生.....	6
法國.....	7
土耳其.....	8
聚酯的化學式回收再生.....	8
自紡織廢棄物再生純淨的化學聚合物.....	9
Ambercycle：生產協議.....	9
Ambercycle：銷售協議.....	10
Reju.....	11
將聚合物轉化為單體.....	12
甲醇解.....	12
糖解.....	14
水解.....	14

酵素還原.....	15
另類聚酯.....	16
OceanSafe：naNea.....	16
KINTRA纖維：KINTRA生物基與可生物分解聚酯纖維.....	18
結論.....	19

摘要

聚酯纖維轉變全球的紡織市場，為成衣的支柱成分，在家用紡織品、產業應用及不織布方面也是重要角色。時至今日，聚酯占全球纖維產量過半，它的獨霸地位主要由其出色的性能。聚酯市場擴張的推動力量來自於對耐用、多用途及具成本效益材質的需求、製造技術的改進及持續的創新；也來自於運動服裝及運動休閒市場的興起。聚酯在這些市場的成長一飛衝天，反映對能提供舒適感、耐穿性及功能性的機能布料的需求。

展望未來，隨著「纖維到纖維」回收再生過程的產業規模化速度迅速加快，聚酯纖維產業即將見證到數十年來最大的變化。在 2023 年，98% 的回收再生聚酯源自寶特瓶，但到 2030 年，紡織業的聚酯會有相當大的比例來自於「纖維到纖維」的回收再生過程，相關的基礎設施正以這個時間軸的節奏建立。

在聚酯的機械式回收再生方面，法國的 NFT 公司與土耳其的 RE&UP 公司最近皆啟用裝置 Andritz 機器的工廠。不過，化學回收再生方式預計自現在到 2030 年間，將有最大的影響。預期到這股發展趨勢，包括 Ambercycle、Carbios、Eastman、遠東新世紀、Loop Industries、Reju 及 Syre 在內的企業，皆在建立新產能並授權他們的技術。

緒論

聚酯纖維轉變全球的紡織市場。聚酯最初只是一種實驗性的聚合物，但今日已成為成衣的支柱成分。聚酯在家用紡織品、產業應用及不織布方面也是重要角色。

聚酯的發展具科學的巧思、市場的擴張及持續的創新等特色，背後推動的力量來自於對耐用、多用途及具成本效益材質的需求。

聚酯生產技術的重大進步帶來超細纖維與濕度管理技術等的發展。這樣的發展與運動服裝及運動休閒市場的興起同步發生，又帶動對高機能性聚酯紡織品的需求，特別是具伸展性、透氣性及排汗性的材質，這些性能現在是大多數機能性成衣的基本條件。

聚酯纖維的市場年成長率一直保持在 4% 左右，這要歸功於一連串的創新。

不過，隨著「纖維到纖維」回收再生過程的產業規模化速度加快，聚酯纖維產業即將見證數十年來最大的變化。

根據美國德州 **Textile Exchange**(紡織交易所)的資料，2023 年聚酯纖維產量為 7,110 萬噸，其中回收再生聚酯產量僅占 12.5%，為 890 萬噸。此外，高達 98% 的回收聚酯仍來自於寶特瓶產生的聚合物。

這被視為一個問題。因為製成回收再生聚酯纖維的寶特瓶是自一個「瓶到瓶」的循環系統中轉移出來的；而且，將回收再生寶特瓶的聚合物再用於成衣是屬於「第二生命週期」，而不是循環紡織，如果製成的成衣最後變成廢棄物的話。

不過到 2030 年時，生產紡織用聚酯纖維的聚合物會有相當大的比例來自於「纖維到纖維」回收再生製程，相關的基礎設施正以這個時間軸的節奏建立。

這樣的回收再生過程主要係使用化學法處理，將聚合物還原為當初合成與聚合的單體成分。

此外，在新的聚酯變體領域方面將有創新，這些變體會自然分解，或是屬於生物基的，或是兩者兼具，及以「捕捉碳」¹製成的變體。

全球聚酯市場的規模與成長

聚酯纖維全球市場的價值規模

依據美國市調與顧問公司 Grand View Research 的資料，2024 年聚酯纖維的全球市場價值約為 1,254 億美元。此外，預測顯示，這個市場在 2024 至 2030 年間將以年複合成長率 7.3% 的速度擴張，達 1,916 億美元。

聚酯纖維的產量

依據 Textile Exchange 的資料，2023 年全球所有種類的纖維總產量達到 1.24 億噸的新高，其中聚酯是最大宗，占比為 57%。以絕對值計算，聚酯纖維的產出達 7,100 萬噸。

¹ captured CO₂，係指已自工業排放氣體分離出的二氧化碳，或被儲存，或做為資源，用於冷卻、提高原油採收率、食品飲料生產、溫室、水處理及製造建築材料、化學品、肥料及合成碳氫燃料。

聚酯纖維的數量需求

根據英國 Wood Mackenzie 公司的資料，2024 年全球對聚酯纖維的需求為 6,510 萬噸。Wood Mackenzie 號稱是「全球再生、能源及自然資源數據與分析的領導者」。

考量到 2023 年的聚酯生產量有 7,110 萬公噸，顯然這個市場有相當程度的生產過剩情形。

Wood Mackenzie 預期 2024 至 2030 年間對聚酯纖維的需求年平均成長率為 4%，在 2030 年時達到 8,110 萬公噸。

印度與中國大陸的聚酯纖維需求

就地理位置而言，2024 至 2030 年間對聚酯纖維需求成長最快的地區是在印度，預測在六年期間的需求會自 660 萬噸增加到 870 萬噸，年複合成長率是 4.7%。

不過，這個數量還是比不上中國大陸的需求量。中國大陸需求量的年成長率 3.7% 顯得較慢，但數量會自 2024 年的 4,150 萬噸增加到 2030 年的 5,150 萬噸。

聚酯市場的發展與擴張

聚酯纖維的起源可溯至二十世紀初期，科學家正探索以合成聚合物取代自然纖維例如棉、羊毛及絲的可能。

1928 年，杜邦的研究員 Wallace Carothers 開啟聚合物化學的初步進展，種下聚酯發展的基礎。不過這項研究因為他和團隊聚焦在尼龍的發展而暫被擱置。

聚酯的突破在 1941 年時來臨。當時在英國印花布協會工作的 John Rex Whinfield 與 James Tennant Dickson 成功開發出聚對苯二甲酸乙二酯(PET) 這款聚合物。

這個新聚合物展現出色的強力與彈性，非常適合應用於紡織。

二次世界大戰時，資源被轉用在戰事上，因此直到 1940 年代晚期與 1950 年代初期，聚酯的生產才獲得動能。

1951 年杜邦推出 Dacron(達克龍)，是第一個獲得商業成功的聚酯纖維，接著是英國 ICI 公司於 1955 年全面推出 Terylene 商標的聚酯纖維。

聚酯纖維製成的布料被頌揚為革命性材質，因為它們有韌性、抗皺、價格親民。1960 與 1970 年代時已成為服飾、家用紡織品及產業用紡織品的核心材質。

聚酯：市場擴張與重要里程碑

推動聚酯產業快速擴張的動力來自技術的進步與消費者的喜好轉變。1980 年代末，聚酯混紡紡織品已為時尚界廣為採用，因為易於保養又耐穿。

不過，早期版本的聚酯布料因缺乏透氣性與舒適度而被詬病，因此激發出進一步的創新，目標是改善排濕能力、質地及手感。

1990 年代與 2000 年代初在聚酯生產技術方面有重大改進，開發出聚酯超細纖維及濕度管理技術。如前所述，運動服裝及運動休閒市場的興起帶動對高機能性聚酯紡織品的需求，特別是精心設計具改良的透氣性、伸展性及排汗性的材質。

知名的創新諸如 **Invista** 公司開發的 **Coolmax**，**Nike** 開發的 **Dri-FIT**²，皆是聚酯轉型成為高科技機能布料的範例。

另外一重要的發展里程碑是轉向永續。自 2010 年代初，聚酯對環境衝擊引起的關注，特別是塑膠的汙染及生產所依賴的石油基質原料，引發回收再生聚酯(rPET)的開發。

美國戶外服飾、配備及食品的零售商 **Patagonia**，是採用取自塑膠瓶的 rPET 材質應用於戶外裝配的先驅，為紡織產業永續倡議立下前例。

聚酯應用於成衣的性能

聚酯纖維在紡織業的獨占角色主要是由於它獨特的性能，應用範圍廣闊。身為合成聚合物，聚酯展現高強力、韌性及形狀穩定性。

² Dri-FIT 是以聚酯超細纖維製成的材質。一項重要的特色是具有排濕能力，將身體的汗水迅速轉移到布料表面揮發。

聚酯不像自然纖維會吸收濕氣，這要歸功於其快乾性質。此外，聚酯具熱塑性，在加工過程中可塑造或處理成形，讓製造商得以打造具各種質地、厚度及表面效果的纖維。

自製造商的角度來看，聚酯有高度適應性，可紡成不同丹尼數的長絲，和其他纖維例如棉混紡或加入彈性纖維，以及經過塗層加強防水或抗紫外線功能。

此外，纖維製造工程的進步，得以產出中空聚酯纖維，強化冷天服裝的保暖性而不失輕盈的結構。

更大的優點是某些應用上可抵抗生物分解，例如黴菌或蟲害的生成。這增加其使用壽命，成為戶外紡織品的偏好選擇。

聚酯可在分子層級精心設計，也是應用範圍廣大的原因之一。製造商可修改聚酯聚合物的結構，以產生親水性，藉以改善高機能服飾的舒適度與透氣性。

此外，陽離子可染聚酯的發展，改善聚酯纖維的染料吸附性，可染出更濃與更鮮豔的色彩，且不易褪色。

聚酯應用於運動與戶外成衣

運動與戶外服飾使用聚酯材質的情況一飛衝天，這是因為聚酯提供機能布料的舒適、耐穿及功能。

運動服裝使用聚酯的一項傑出特質是其排濕能力。不像棉纖維會因吸收汗水而潮濕，聚酯會排濕，讓濕氣快速揮發。這項特色對運動服特別有利，因為運動時保持乾燥是舒適與體溫調節的基礎。

許多現代的運動服飾品牌利用聚酯的疏水性質來開發先進的濕度管理技術。

排濕聚酯布料運用表面張力作用將汗水自肌膚移轉到布料表面，在大的表面積上分散再迅速揮發。這對高強度活動特別有好處，因為這類活動會堆積汗水造成不舒服及磨痛感。

聚酯的另一項重要特質是伸縮性與形狀維持性。以聚酯混紡彈性纖維的布料，能具伸展性但仍維持結構完整性，因此是壓縮衣的理想布料。這類布料普遍用於跑步裝備、瑜伽服及自行車服飾，這類服飾的彈性與支撐至關緊要。

聚酯在戶外服飾上扮演保溫的重要角色。合成保溫材質例如美國 3M 公司的 **Thinsulate** 及 Primaloft 公司的 **PrimaLoft**，均使用聚酯纖維設計成可捕捉熱氣同時保持輕量與透氣的性能。

不像羽絨在受潮之後會失去保溫性，聚酯的絕緣性即使是在潮濕的情況下仍能保住熱氣，因此是戶外愛好者與登山人的偏好選擇。

阻水與防水聚酯布料也普遍用於戶外穿著，使用例如 Gore-Tex 的技術，加入聚酯層以加強耐穿性與透氣性。

聚酯另一個適用於戶外服飾的優點是對紫外線天然具抵抗力。這有助於防止布料在長期日照下分解與褪色。

聚酯的機械式回收再生

2023 年的全球聚酯纖維產量為 7,110 萬公噸，其中回收再生聚酯占 12.5%，達 890 萬噸。

不過，約有 98% 的回收再生聚酯來自寶特瓶。如前所述，這脫離「瓶到瓶」的循環系統；而且，將回收寶特瓶再生的聚合物應用於成衣，然後如果製成的成衣最後變成廢棄物的話，就不算是循環紡織。

一個做法是增加機械式回收再生聚酯的產能。在這方面技術領先的是奧地利 Andritz 公司。該公司近年來，尤其是對法國公司，提供相當多條的回收再生生產線。

法國

法國一向在建造紡織回收再生基礎建設領域方面是領頭羊。始自 2008 年國內就有一套生產者延伸責任(EPR)機制，責成品牌與零售商為紡織廢棄物的收集與回收再生付費。不過，這條路仍漫長。

這套機制由巴黎的非營利機構 **Refashion**(再造時尚)所管理，2023 年監督收集 268,161 噸的消費後紡織廢棄物。這些廢棄物由 66 家外包分類設施商分類，分類後的重量總共為 187,510 噸，其中 58.6% 約 110,000 噸被轉售或再使用；22.6% 約 42,000 公噸被回收再生；9.9% 約 19,000 公噸被當抹布使用。

法國 EPR 機制的新進展是推出所謂的「生態調整金」(ecomodulation fee)，對於證明產品的耐用性提供環保認證，或在產品系列中納入回收再生材質的製造商，這是他們的紅利。

自 2023-2028 期間，大約 2.37 億歐元(2.47 億美元)的經費會撥給這個機制，這對促進改變是一個重要的誘因。

特別是，含有以來自回收消費後紡織廢棄物再生材質為原料的產品，將可獲得每噸 1,000 歐元的紅利，含有來自回收工廠紡織廢棄物再生材質者，則可獲得每噸 500 歐元的紅利。

當大量的回收再生材質被使用時，這筆費用就會是很大的減讓。

如果類似的機制自法國推展到歐洲，很可能成衣品牌會爭相回收大量的易於取得的工廠紡織廢棄物，以製成原料加入其產品系列中，以便得利於生態調整金，這在法國已然發生。

至於回收再生的基本設施，一間由法國 **Nouvelles Fibres Textiles(NFT)** 公司經營的工廠已於 2023 年 11 月開張。

NFT 是由紡織製造商 **Les Tissages de Charlieu** 與分類公司 **Synergies TLC** 聯合成立的公司；工廠則是由奧地利 **Andritz** 公司與感應器專家 **Pellenc ST** 合作建造的。

NFT 公司被認為是機械式回收再生的黃金標竿。它採用的過程與產線能一直精進紡織廢棄物的再生。這些產線包括：

- 一條分類產線處理「完整的廢棄成衣」³
- 第二條分類產線處理裁切與二級分類
- 一條清潔與撕碎產線

例如，在處理打成包的棉與聚酯/棉混紡丹寧服飾廢棄物時，NFT 的系統可先設定為：將色彩九成以上是藍色的棉製品分出；移除所有非棉及其他顏色的製品；打包成第二包。

³ full waste garments, 係指尚未被裁切成布條或尚未移除無法回收再生成分的廢棄成衣。

第二包再被裁切成小片，然後餵入第二條產線以便移除剩餘的不是棉製或藍色的部分，例如口袋裡襯；然後再打包。

接著經過清潔與撕碎產線移除所有其他剩餘雜質，剩下含 98-99% 乾淨纖維的一包。這很適合加入做為紡紗原料的一部分，但實際上更適合完全轉變製成新的不織布。

土耳其

土耳其則是另一個有重大發展的機械式回收再生範例，由 Andritz 公司供應 RE&UP 公司十條回收再生產線。

這是 Andritz 紡織部門在土耳其最大的單一訂單專案。

RE&UP 公司成立於 2023 年，旨在專精於「紡織到紡織」的回收再生，將棉、聚酯及聚酯/棉混紡布料轉變成高品質、可溯源的原料，供紡再生紗之用。

這家公司是土耳其 Sanko Holding 的投資。Sanko Holding 是土耳其最強大與最知名的家族企業之一。

RE&UP 公司的目標是，促成針對生命週期終結的紡織廢棄物，建立一個無縫閉環式的「生態系統」。

RE&UP 公司宣稱擁有一套「不挑原料成分」的製程技術，可處理大量消費後廢棄物，為整個產業提供高價值、規模化的回收再生紡織原料。

該公司已在提供這個「端到端」與可擴充規模的解決方案，並訂下目標，在 2030 年前實現一年回收再生超過 100 萬噸的紡織廢棄物。

聚酯的化學式回收再生

合成纖維的化學式回收再生，尤其是聚酯，在 2030 年以前，會對紡織成衣業產生重大影響。戶外與機能性服飾品牌正非常積極推動這個變化。

機械式回收再生顯然正大幅成長，在能源消耗方面也高度有效率，但並無法成功達到符合「纖維到纖維」回收再生所需的高產能。此外，相較之下，這種方式在生產率方面也較緩慢。

自紡織廢棄物再生純淨的化學聚合物

Ambercycle：生產協議

美國 Ambercycle 公司是少數自事將紡織廢棄物再生為純淨化學聚合物的企業，而不是將纖維轉化成構成纖維成分的化學單體。

Ambercycle 開發出一個四階段過程，消費後與工業後廢棄物在過程中被撕碎送入一系列的反應器。出來的結果是混合的纖維，其中屬於聚酯的部分被分出轉化成聚酯基礎原料 EG(乙二醇)與 PTA(對苯二甲酸)。

然後是淨化階段，除去添加劑，例如染料與整理加工助劑，以便原料進一步淨化到分子層級。

這些淨化的原料然後再生成為新的 PET(聚對苯二甲酸乙二酯)，再經顆粒化成為原生級循環再生聚酯⁴品牌 cycora。

Ambercycle 於 2025 年初宣布與三家重要中國大陸製造商形成新的策略性夥伴關係，以便加速 cycora 聚酯的成長。

這三家重要中國大陸製造商是**盛虹化纖**、**奔馬化纖**及**匯隆新材**。

盛虹化纖是盛虹控股集團擁有的公司，將使用 cycora 為原料，規模化生產高品質再生長纖紗。盛虹控股集團是 2023 年《財富》全球五百大排名 171 的企業，在蘇州與宿遷各有一座纖維生產基地，一年生產「差異化機能性纖維」的總產能共 360 萬噸。

該集團生產自廢棄寶特瓶轉化成的聚酯纖維，年產量達約 60 萬噸，在此領域排名第一。

盛虹擁有全球最先進的直接熔融紡絲技術，並正建立一個完全整合的「碳捕捉」⁵纖維供應鏈。

⁴ circular polyester 聚酯材料，係指將聚酯廢棄物加工處理產生單體，再用來製成新的聚酯，這種聚酯擁有和源自石油基的原生級聚合物與纖維相同的品質。

⁵ 此處的碳捕捉(carbon capture)係指自環境中捕捉排放出的二氧化碳。碳捕捉 PET 的生產，是藉著捕捉碳排放，經過一個發酵過程，將其轉化成生物基單乙二醇(BioMEG)，這是生產 PET 的重要化學中間物。

奔馬化纖是位於杭州的聚酯短纖生產商，已直接投資於 Ambercycle 提升其營運規模的努力，藉此顯示雙方共同的承諾，即加速過渡到達循環紡織的解決方案。

奔馬的聚酯纖維年產能可超過 18 萬噸，是許多國際快時尚與家用紡織品品牌的供應商。

2025 年 2 月，Ambercycle 與第三家中國大陸的**浙江匯隆新材料公司**形成製造夥伴關係，匯隆新材是原液染聚酯紗的主要生產商。

2024 年 8 月，臺灣的**新光合纖**宣布策略性投資 1,000 萬美元於 Ambercycle 的第一座商業化生產 cycora 工廠。工廠的確切地點並未公布。

Ambercycle：銷售協議⁶

2023 年 10 月 Ambercycle 與 Zara 品牌的西班牙母公司 **Inditex** 形成策略夥伴關係，依照夥伴協議的條件，Inditex 同意以三年為期，向 Ambercycle 購買超過 7,000 萬歐元(約 7,500 萬美元)的 cycora。此協議據說占 Ambercycle 的 cycora 產量「相當大的」比例。

2023 年 10 月，**曉星集團**成為韓國第一家將 cycora 引入供應鏈的製造商。

在 2024 年 6 月，斯里蘭卡的成衣製造與技術集團 **MAS Holding** 與 Ambercycle 談出一個為期三年的 cycora 銷售協議。

2024 年 10 月，Ambercycle 與 **ARC'TERYX** 形成策略性夥伴關係。**ARC'TERYX** 是加拿大的高機能性成衣品牌。

2025 年 1 月，Ambercycle 宣布與 **Ganni** 簽訂銷售協議。Ganni 是丹麥的女裝品牌，以前雙方就合作過。Ganni 的目標在於，將現行每年使用的原生聚酯與廢棄寶特瓶回收再生聚合物製的聚酯的總消耗量，以 cycora 取代其中的 20%。

⁶ 銷售協議(offtake agreement)是預買或預售的協議。製造商的有些商品尚未製造，可由此種協議獲得資金。

Reju

法國的 Reju 公司是另一家再生原料企業，聚焦於為回收再生聚酯紡織品與 PET 廢棄物打造解決方案。Reju 的母公司是 Technip Energies，這是全球領導性的工程與技術公司。

Reju 已運用其專利技術，為紡織品的回收再生建立一套循環性「生態系統」。

Reju 也已宣布數個新專案。它在德國法蘭克福建立第一座示範工廠，稱為 Regeneration Hub Zero(零號再生中心)，現正運轉中，將於 2025 年末全面上線生產 Reju 聚酯(Reju Polyester)。

2024 年 11 月，Reju 宣布與 NFT 紡織公司的一項合作案，係關於供應二次性原料用於製造 Reju 聚酯。如前所述，NFT 是一間法國公司，專長於機械式回收再生使用週期終的紡織品。

Reju 與 NFT 將合作：

- 擴充基礎設施，用於收集消費後與工業後來源的成衣與紡織廢棄物
- 擴充加工處理的基礎設施

這項合作案將容許開放式的供應鏈，並保證回收再生材質 100%的溯源性。

預計 Reju 聚酯的碳足跡將較原生聚酯低 50%，並且可無限次回收再生。

NFT 與其夥伴在 2023 年 11 月創立一間半工業化廠區與研究中心，應用於回收再生紡織品。

該廠區有一條試驗產線運轉，這是首度結合 Pellenc St 公司的自動分類技術與 Andritz 公司的撕碎產線，以：

- 處理大量的工業後與消費後紡織廢棄物
- 去除纖維因為糾結在一起產生的硬節
- 將收集的廢棄紡織品轉化成工業等級的纖維與材料，做為新的回收再生技術的進料

NFT 也提供二次性原料給不同的產業，包括複合材料、絕緣材料、塑膠、不織布及其他紡織業。

2024 年 10 月，Reju 宣布與 **Goodwill Industries International** (Goodwill，善意企業) 和 **WM** 的多年合作專案。

Goodwill 含括 154 個在地的非營利組織，自我描述為北美最大的人力開發網絡與二手零售店。WM 自我描述為北美「全面性環境解決方案的領導供應者」。

三家公司計劃為地區性紡織品的收集、分類、再使用及回收再生開發一種協作模式，以便自廢物流(waste stream)轉移出更多無法穿著的紡織材料。

他們將特別致力於用於收集、分類及分級廢棄紡織品的試驗性機制，以便供轉售之用。

剩下不適於轉售的紡織品中的一部分，預計當 Reju 在美國建立生產基地時，將提供給 Reju 做為回收再生成為新原料的進料。

這個專案的成立奠基於由 Goodwill 執行、Walmart 基金會資助的一項研究，目標是評估未轉售紡織品的纖維成分，並將無法再穿著的紡織品轉變為回收再生材料的進料。

將聚合物轉化為單體

許多化學式聚酯回收再生方法聚焦於先回復為纖維，再還原為單體，而不是保持聚合物的完整。

有四種主要的方法來進行這個過程，它們是：

- 甲醇解
- 糖解
- 水解
- 酵素還原

甲醇解

甲醇解是在相對高溫的 180-280°C 與 20-40 大氣壓力單位下，以甲醇處理聚酯聚合物，以便形成組成聚酯的單體，亦即 DMT(對苯二甲酸二甲酯)與 EG(乙二醇)。

2024 年 2 月，美國戶外服飾品牌 **Patagonia** 宣布和美國特用材料製造商 **Eastman** 合作的方案，回收再生 4 噸消費後聚酯廢棄物。

回收再生過程在 Eastman 總部所在的田納西州一間工廠進行，該間工廠建立的目的，是為不易回收再生的聚酯廢棄物，進行分子級回收再生製程。

該方案於同年 3 月開始，並在當年為該公司創造約 7,500 萬美元的營收。Eastman 也在 3 月同時宣布在德州建立第二座同樣等級的工廠。

該公司的甲醇解技術據稱是將廢棄物分解成單體的「構件」，以產生新的聚酯。此外，這種材料據稱能重複使用許多次，甚至歷經數次回收再生週期，品質仍幾乎不受影響。

田州與德州工廠的生產旨在達到 Eastman 的目標，在 2026 年前每年回收再生 125,000 噸聚酯，並在 2030 年前增加一倍。這樣的目標被視為野心甚大。

在田州工廠開始生產的兩年前，亦即 2022 年 1 月，法國總統馬克宏與 Eastman 的執行長 Mark Costa 共同宣布，Eastman 將投資 10 億美元，在法國諾曼第建立一座「原料到原料」的分子及回收再生基地。該基地將於 2028 年達到每年回收再生 110,000 噸不易回收再生的聚酯廢棄物。

總部位於加拿大魁北克的 **Loop Industries** 公司曾經參與和瑞士運動鞋牌 **On** 的專案。雙方在最近的專案中，於 2024 年 10 月合作推出一款名為 Cloudeasy Cyclon 的跑鞋。

Loop Industries 擁有專利甲醇解技術，用於 PET 塑膠與聚酯纖維廢棄物的解聚，品項包括：

- 塑膠瓶與包裝材料
- 任何顏色、透明度或狀況的地毯與紡織品
- 已過陽光與鹽分降解的海洋塑膠

解聚後的單體經過過濾、淨化及聚合以產生原生品質的 PET 聚合物，適合應用於製造食品級包裝材料與聚酯纖維。

2024 年 1 月，英國投資公司 Reed Management 宣布提供資金 6,600 萬美元，讓 Loop Industries 得以持續計畫，在法國建立一座回收再生工廠，年產能 70,000 噸。

糖解

糖解是將高分子量聚酯以一種二醇處理，例如乙二醇，以回復聚酯單體，用於製造新材料。

在這個領域掀起巨變的是總部位於瑞典、在美國北卡州有一座工廠的新企業 **Syre**。

Syre 成立於 2024 年 3 月，至 2024 年 5 月時已獲得 1 億美元的 A 輪融資⁷。

Syre 獲得和 H&M 集團簽訂的銷售協議支援，並計劃在全球建立多個工廠製造循環再生聚酯。

募資回合是由創立時的投資者 TPG Rise Climate 領軍，加上額外的投資，來自 H&M 集團和策略性夥伴 Giant Ventures、IMAS Foundation、Norrskén VC 及 Volvo Cars。

2024 年 11 月，供應高品質「特用聚酯解決方案」的 **Selenis** 公司宣布和 Syre 的夥伴關係，在美國北卡州建立一座「紡織到紡織」的回收再生聚酯工廠，預期在 2025 年中期完全運轉。

水解

此處的水解係指使用水來分解聚合物的酯鍵成為構成它們成分的單體。

聚酯與聚醯胺的水解單體回復過程現在皆已被開發出來。

臺灣的**遠東新世紀**公司擁有一座運轉中的商業化回收再生工廠，年產能為 600,000 噸回收再生聚酯。目前這座工廠主要處理來自寶特瓶的聚酯，但隨著可取得的回收再生進料更為多樣，這個情況將會改變。

⁷ A 輪融資(Series A funding)係尋求投資的新企業獲得資金的特定階段。A 輪融資是企業在募得最初資金的種子融資(seed funding)階段後的第一層的募資，也是新創企業為發展概念展開的最低層的募資。B 輪融資(Series B funding)是第二層的募資，是當企業需用於營運方面的資金，譬如廣告、技術、支援及額外的員工，以便擴大營運規模。C 輪融資(Series C funding)是第三與最高層的募資，用於讓企業的經營模式臻於完善並持續擴大營運規模。C 輪融資的投資者通常希望獲得兩倍投資金額的財務報酬。

其他擁有採用水解過程回收再生工廠的企業包括：

- 瑞士的 DePoly
- 瑞士的 Gr3n
- 德國的 Matterr

這些工廠皆僅屬於試驗規模的運轉，但業主皆有大量規模化的企圖。

酵素還原

酵素還原是使用酵素將聚酯解聚，還原成為構成成分的單體，不論其顏色或形狀，均可用於製造新材料。

法國的生化公司 **Carbios** 建立一套無溶劑酵素解聚過程以回收再生聚酯。

該公司在法國大東部大區建造一座工廠，預計於 2026 年開始提供相當產量的回收再生新物料。

工廠的總體成本為 2.3 億歐元(2.53 億美元)，該公司將自法國中央與地方政府獲得 5,400 萬歐元的補助。工廠的另一投資者是新加坡的 Indorama 跨國石化公司。

Carbios 正為這項技術開發一種授權模式，並已有成果。2024 年 7 月，該公司與中國大陸浙江的正凱集團簽訂一項合約，在中國大陸建立一座新的回收再生工廠。

兩家公司規劃一項長期的夥伴關係，以開創第一個授權合約為開始，建立一座工廠，預訂產能為每年至少處理 50,000 噸的聚酯廢棄物。

中國大陸是世界最大的 PET 生產者，並占有所有 PET 轉化成回收再生 PET(rPET)產量的 78%，包括寶特瓶在內。

2024 年 8 月，土耳其 SASA 公司與 Carbios 討論授權建立一間年產能 100,000 噸生物再生(biorecycle)聚酯的工廠。這間工廠將建於 SASA 位於土耳其 Adana 市現有的聚酯纖維製造廠內，並由 SASA 負責運作。

SASA 的一個部門 SASA Polyester 也在 Adana 市投入一座耗費 15 億美元的新工廠，生產純淨的聚酯原料 PTA，年產 175 萬噸。工廠於 2025 年 3 月 3 日開始商業化規模生產。

這些工廠將使得土耳其成為聚酯的淨出口國，而不是淨進口國。

SASA 指出，原料可自給自足是中國大陸與南韓紡織產業得以強大、穩定並顯著成長的原因。

Carbios 最近也宣布已和在亞洲與歐洲的 PET 製造商簽訂數份意向書，因此確認該公司的生物回收再生技術在國際間引起興趣，並促進該公司授權模式在國際間的推展。

2024 年 10 月，Carbios 和其五家「纖維到纖維」的聯盟品牌夥伴，包括 On、Patagonia、PUMA、PVH Corp.及 SALOMON，展示一件簡單、白色的聚酯 T 恤，以 100%彩色、混雜的紡織廢棄物製成。

這件 T 恤的產生始於每一個聯盟會員將成卷與裁剪剩下的碎布提供給位於法國 Clermont-Ferrand 的 Carbios 公司。

這些廢棄物由聚酯與棉或彈性纖維混紡的布料混雜組成，並曾歷經各種加工，譬如耐久撥水處理與染色處理等，因此使用傳統方法回收再生會過於複雜。

廢棄物裡的聚酯聚合物在 Carbios 的試驗工廠裡解構成為原始的單體，即 PTA 與 MEG。

這些單體然後經過再聚合，由外部夥伴紡成紗、織成新布料，證明它們可「無縫融入」現有的生產製程中。

這件以 100%紡織廢棄物製成的 T 恤，據稱符合聯盟內各成衣品牌的品質標準與永續目的。

Carbios 在 Clermont-Ferrand 的示範工廠，成立於 2021 年並運行至今。該公司工業規模級的酵素還原 PET 回收再生工廠，目前在法國的 Longlaville 建造中。

另類聚酯

OCEANSAFE：NANEa

還有一些另類聚酯正獲得市場的注意。其中之一是瑞士公司 OceanSafe 開發的 naNea。

naNea 已可製成纖維、紗及長纖絲，具傳統聚酯所有有利的加工與性能特性，而且是可生物分解、循環性、可做堆肥及無毒的。

OceanSafe 的 naNea 纖維與織成的布，是第一個也是唯一達到非常嚴格的「搖籃到搖籃金級」(Cradle to Cradle Certified Gold)⁸標準的材料。這項認證涵蓋各個合作製造夥伴的整個產品供應鏈。

OceanSafe 也推出自己的 OceanSafe Certified 驗證認可。這項認證跟隨「搖籃到搖籃金級」的哲學，以便保護品牌，並提供市場真實性的保證。

透過這項認證機制，OceanSafe 與經過認證的夥伴工廠合作，並與紡紗廠、織布廠、染廠、針織廠、成衣廠及其他製造商形成緊密的夥伴，因而得以提供客戶現有經過完全認證的價值鏈名單。

一旦客戶完全符合 OceanSafe 的標準，就可獲得 OceanSafe Certified 的認證。

在生產這些認證產品時，合作的製造夥伴使用傳統的機器，並只能採用無毒的製程。

該公司已為其生產製程中使用的物質內容與化學品建立準確的化學成分，並持續分析所有含量在 100ppm 以上的化學成分。

這對工業化堆肥設施是巨大的優點。在大多數的情況下，被送做堆肥的廢棄物，其化學成分皆不明確並有被污染的可能。

OceanSafe 固定稽核合作夥伴的生產設施，並檢查這些設施是否符合認證標準。

這項認證機制需被授權者為所有驗證過的最終產品建立一套回收系統。

⁸ 搖籃到搖籃認證標準(Cradle to Cradle Certified standard)由位於舊金山的非營利組織 Cradle to Cradle Products Innovation Institute 管理。要獲得此項認證，產品必須符合下列各方面的嚴格標準：材料健康性，和產品每一樣原料的化學成分有關；產品循環性，和使用的原料可以被再利用或回收再生有關；再生能源與碳管理，和製程使用再生能源有關；社會公平性，和工作環境有關；水土管理，和汙水的評估有關。此標準包含五個不同級別的認證，分別是基本級、銅級、銀級、金級及白金級。認證級別愈高，標準愈嚴格。

KINTRA 纖維：KINTRA 生物基與可生物分解聚酯纖維

美國的 Kintra Fibers 公司已開發出一種生物基、可生物分解的聚酯聚合物，打算用來取代傳統源自無法再生石油原料的聚酯纖維。

該公司相信，相較於傳統聚酯，Kintra 聚合物的生產可達到：

- 減少 95%溫室氣體排放
- 減少 30%用水量
- 減少 20%能源消耗量

沛萊斯紡織公司(Paradise Textiles)是總部位於臺灣的 **Alpine 集團** 的材料科學中心部門。為測試 Kintra 聚合物的商業存活性，沛萊斯公司於 2024 年 11 月推出一款輕量外套，做為「概念驗證」。

Alpine 集團自稱是「全球連線、端對端的服裝提供平台」，和許多品牌合作，包括 AMERICAN EAGLE、Sweaty Betty、THE NORTH FACE 及 UNDER ARMOUR。

在前一年的 2023 年，Kintra Fibers 參加一個一年期的方案，是關於原型材料和三個品牌的合作方案。三個品牌是 **Bestseller**、**Inditex** 及 **Reformation**。

以 Kintra 聚合物製成的紗已展現出色的強力與耐用性，可和傳統的聚酯紗並駕齊驅。同時，Kintra 聚合物製成的紗比傳統的聚酯紗要柔軟許多。

此外，它還擁有天然的伸展性。事實上，試驗結果顯示這種紗的伸展回復率約在 10-15%。

這些特性已在各種布料結構中被測試過，包括仿絲的綢緞平織布，機能性外衣用平織布，及採用空氣複合紗(ATY)與延伸假撚絲製成的針織布。

由於 Kintra 聚合物的強力、柔軟度及舒適的伸展回復性，用它製成的紗會讓製成的材質具超柔軟的手感與優雅的垂墜性，卻不會影響衣服的耐穿性與壽命。

這些混合起來的特色對環境有額外的好處，因為紡織工程師通常需將傳統聚酯與棉及彈性纖維混紡，才會達到由 Kintra 單一材料製成的布料類似的特色，因此 Kintra 製成的布料會讓回收再生過程容易許多。

結論

聚酯纖維這種最廣為使用的合成纖維，曾歷經出色的轉型過程，才能成就其持續的成長。

隨著企業致力於建立閉環式的全球製造產業，如今聚酯纖維已準備好經歷更快速的轉變。

本報告內述及的企業在這些轉變中皆非常活躍，但自新創企業到老牌的重要化學品企業的各個層級，還有無數的其他公司也非常積極。

這個現象前所未見地推動供應鏈協作，也激發出纖維工程重大的進展。綜合這些發展，應能確保聚酯纖維在未來多年仍能稱霸市場。