

# 新一代的紡織品回收

2023 年 11 月

紡拓會編譯

# 新一代的紡織品回收

目 錄	頁次
摘要.....	1
緒論.....	1
成衣廢棄物回收再生.....	2
歐盟延伸生產者責任(EPR)機制.....	2
歐洲紡織成衣聯盟的REHUBS方案.....	3
北歐國家的五項循環方案.....	3
歐盟二手紡織品的出口.....	4
紡織品回收再生公司：LAWRENCE M BARRY (LMB) & CO.....	5
回收制度：RESKINNED.....	6
碳複合材料的回收再生.....	7
GEN 2 CARBON：從複合材料廢棄物回收碳.....	7
LONGWORTH：DEECOM 壓裂解聚合物回收再生過程.....	8
英國標準.....	9
玻璃纖維複合材料的回收再生.....	10
LONGWORTH：THE EMPHASIZING PROJECT.....	10
地毯的回收再生.....	11
CARPET RECYCLING UK (CRUK).....	11
芳香族聚醯胺的閉環式回收再生.....	13
產業用纖維循環系統：GENERAL RECYCLED.....	13
結論.....	14

## 摘要

紡織業面臨的廢棄物問題規模迫人，2022 年全球生產的纖維中，僅有 1% 約 9,200 萬噸在循環系統中被回收再生為新纖維。不過，改變已是現在進行式。特別是領導性成衣品牌正推動一些方案，確保纖維將廣被視為珍貴資源的立法也在進行中。例如在歐盟，自 2025 年 1 月 1 日起，所有成員國必須強制將紡織廢棄物分開回收，並將引進延伸生產者責任(EPR)機制，以處理廢棄物。另外，EURATEX 呼籲在未來幾年內於歐洲成立 150-250 個新的專門回收再生中心。

在複合材料市場，全球碳纖維複合材料的產量於 2020 年達到約 6 萬噸。其中僅約 1 千公噸被回收。不過，未來數年全球對碳纖維的需求很可能超過全球碳纖維的產量，這樣的落差可能有助於推動對回收再生碳纖維的需求。

在回收碳纖維複合材料方面，已開發出包括熱裂解過程與 Deecom 壓裂解過程，將加速回收高品質、乾淨、可再利用的纖維。另外，回收再生玻璃纖維的專案也已打造出來，玻璃纖維占有所有複合材料產量的 70%。這些專案包括 The Emphasizing Project 專案，旨在證明使用回收升級再造玻璃纖維材料來製造汽車終端產品的可行性。

在地毯回收方面，產業正在開發使用單一材料或單一聚合物結構的產品，以有助回收再生。不過，每個家庭使用的地毯並沒有統一的回收機制。在這方面，延伸生產者責任機制的介入，將可能改變這個現況。

在工作服方面，General Recycled 已開發回收含有對位芳香族聚醯胺纖維制服再生的方法。這類纖維很難回收再生，因為它們會磨壞傳統回收再生機器。此外，它們 100% 不會分解，也不會焚毀，因此，如果不回收再生，必定會送往掩埋場。

## 緒論

2023 年 2 月英國曼徹斯特大學舉辦了一場以紡織廢棄物回收生成纖維為主題的圓桌會議。主辦單位是隸屬於紡織協會(Textile Institute)的產業用紡織品關係人團體(Technical Textiles Special Interest Group, SIG)。Textile Institute 是位於英國的紡織專業團體，會員是全球從事紡織、成衣及鞋類產業的個人與組織。

參與此場討論的專家，其專業均涉及：

- 廢棄成衣、複合材料及地板覆蓋物的回收再生
- 高價值碳纖維與芳香族聚醯胺纖維的回收利用

在會議中很快發現，紡織業面臨的廢棄物問題規模迫人，不過，也產生一個共識，那就是未來廢棄物不應再被視為是廢棄物，而是新的原料。

英國 AWOL Media 諮詢公司在會中提出的報告指出，2022 年全球生產的纖維中，僅有 1% 約 9,200 萬噸在任何一種循環系統中被回收再生成為新纖維。此外，預測至 2030 年，每年將再增加 4,500 萬噸回收再生新纖維，因此總計為每年 13,700 萬噸。

其中僅有約 500 萬噸預期是屬於某種纖維素或其他自然纖維；其餘將是合成纖維，主要是寶特瓶聚酯纖維，是來自中國大陸及其他亞洲國家新增的回收再生產能。

### **成衣廢棄物回收再生**

AWOL Media 的報告發現，改變已是現在進行式。領導性成衣品牌正推動一些方案，另外，特別是在歐盟，確保回收再生纖維將廣被視為珍貴資源的立法也在進行中。

### **歐盟延伸生產者責任(EPR)機制**

歐盟於 2022 年 3 月公布的永續與循環紡織品策略(EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles)裡規定，自 2025 年 1 月 1 日起，所有成員國必須強制分開回收紡織廢棄物。

此外，歐盟也將引進延伸生產者責任(extended producer responsibility, EPR) 機制，以處理廢棄物。在此機制下：

- 紡織廢棄物將不能再送入掩埋場處置或焚毀
- 製造此類廢棄物的供應鏈將為廢棄物的回收付費

截至 2022 年底，非歐盟成員國的英國並未依環境部門的規劃召開紡織成衣 EPR 機制諮詢會議，在最近的將來也不會推出類似的機制。有一個說法是英國在未來三至五年內一定會推出 EPR 機制。

## 歐洲紡織成衣聯盟的 REHUBS 方案

要如何實現上述歐盟策略的立法目標，仍在爭論之中。但已有數個計畫在規劃中。

其中之一是 ReHubs，由歐洲紡織成衣聯盟(EURATEX)於 2020 年 11 月揭露。EURATEX 是總部位於布魯塞爾的紡織成衣產業協會，代表歐洲約 143,000 家公司，公司雇用約 1,300 萬人，每年營業額合計約 1,470 億歐元，自歐盟出口價值合計約 580 億歐元的產品。

在 ReHubs 方案下，EURATEX 在未來幾年內將於歐洲成立 150-250 個新的專門回收再生中心。每一個中心每年將能處理 5-10 萬噸的紡織廢棄物，這項機制的總成本估計約 60-70 億歐元。這將足以資助建立新的回收、分類及處理的基礎建設。

這項方案目標是在 2030 年前能以「纖維到纖維」的方式回收再生 18-26% 的歐洲紡織廢棄物，但並無法保證一定成功，因為要達到足以成功的關鍵規模需要：

- 品牌與其供應鏈之間透明的協作
- 過渡期的資金
- 企業層級的投資
- 公部門的竭力推動

目前已就位的相關基礎建設主要在於將紡織廢棄物撕裂與轉換成不織布或再生紗。這兩個成果皆賦予廢棄物第二生命，但並不算是真正的循環<sup>1</sup>作為。

## 北歐國家的五項循環方案

北歐國家至少有五項重要的方案可被視為真正的循環作為：

- Renewcell - 位於瑞典的紡織回收再生公司，於 2022 年 8 月簽訂一間工廠，每年能於瑞典境內生產 6 萬噸的 Circulose<sup>2</sup>。

---

<sup>1</sup> 循環一詞係用來描述再利用、分享、修補、翻新、再製造及回收再生等作為。這些作為打造一個閉環式系統，使用最少的資源輸入，產生最少的廢棄物、汙染及碳排放。

<sup>2</sup> Circulose 是 Renewcell 公司生產的可溶解木漿。此木漿取材自消費後成衣廢棄物與消費前紡織成衣廢棄物，這些廢棄物的材質是棉花及纖維素纖維。

- Infinited Fiber Company - 位於芬蘭的生技公司，將芬蘭一座關閉的紙廠變身，預定於 2025 年前將成為年產 3 萬噸 Infinna<sup>3</sup>纖維素胺基甲酸酯纖維的工廠。
- Spinnova - 芬蘭的新創公司 Spinnova 於 2023 年 2 月開始生產 Spinnova 纖維<sup>4</sup>，計劃於 2031-33 年前將生產規模提升到每年一百萬噸。Spinnova 技術可利用紡織廢棄物生成纖維。
- Nordic Bioproducts Group - 這家芬蘭新創公司是芬蘭以研究為主的 Aalto 大學的衍生公司，正在芬蘭東南部興建一座三千萬歐元的試驗工廠，附近有六座木漿生產工廠，未來將可年產約一萬噸的 Norratex 纖維<sup>5</sup>。
- 2021 年 11 月一座新的紡織回收再生中心於芬蘭啟用，年產能 1.2 萬噸。這座中心將家庭與工業紡織廢棄物變身為再生纖維，未來將以此為據點在芬蘭建立一個 ReHubs 系統。這座中心由芬蘭的紡織回收再生企業 Rester 與芬蘭的環境服務供應商 LSJH 經營。

有一點必須指出的是，所有上述北歐方案皆是以高含棉量或富含纖維素纖維的紡織廢棄物為主，並無法處理含塑膠或合成纖維的廢棄物。

### 歐盟二手紡織品的出口

歐洲紡織廢棄物問題的嚴重性在 2023 年 2 月歐盟環境署(EEA)出版的《歐洲循環經濟下的歐盟二手紡織品出口》報告中解釋得很清楚。

自歐盟出口的二手紡織品在二十年間翻了三倍，從 2000 年的 55 萬噸增加到 2019 年的 170 萬噸，因為歐洲境內再利用與回收再生的容量有限。

廢棄或捐贈的紡織品中很大部分出口到非洲與亞洲。一般皆認為，二手捐贈衣服在這些地區可以派上用場。然而，這個印象並未反映事實，這些捐贈物的下落在出口後往往不明。

根據聯合國的分析資料，歐盟二手紡織品的出口增加，其目的地也從以非洲國家為主轉移到非洲與亞洲國家。

---

<sup>3</sup> Infinna 據稱是首創的纖維，使用至少含有 80%纖維素纖維的紡織廢棄材質製造。

<sup>4</sup> Spinnova 纖維是一種纖維素長纖維，採用創新技術生成，製程不需要使用任何有害化學物，或溶解纖維素或再生纖維素。

<sup>5</sup> Norratex 纖維的製造原料可以是林業的副產品、紡織廢棄物及一般紙漿。其屬性被形容為「接近黏液纖維，具有類似棉花的特性」，但長期來看具有取代聚酯的潛能。

2019 年自歐盟出口的二手紡織品平均每人約 3.8 公斤，相當於歐盟每人年均紡織品消耗量 15 公斤的 25%。2019 年自歐盟出口的二手紡織品高達 46% 運抵非洲，主要為當地再使用，因為非洲國家對來自歐洲便宜的二手衣物有需求。

不適合再使用的二手紡織品則多半送至掩埋場或非正式的廢棄物堆積處。

同一年則有 41% 的歐盟二手紡織品出口至亞洲。大多數是送往專用的特定區分類及處理，然後降級處理成工業破布或填充物，再轉口到其他亞洲國家回收再生，或是轉口到非洲國家再使用。

最終無法經過這類處理手法的出口二手紡織品則最可能被送往掩埋場。

### **紡織品回收再生公司：LAWRENCE M BARRY (LMB) & CO**

據英國倫敦 LMB 公司總經理 Ross Barry 的說法，僅在英國一地，成衣廢棄物每年即多達 30 萬噸。英國倫敦的 LMB 公司。

僅僅數年之前，大多數服裝零售業者並不真正關心他們的衣服在使用後的下落。但之後他們體認到，消費者希望零售商對他們製造的成衣與產生的廢棄物負起更大的責任。這是大眾意識到紡織廢棄物對環境造成問題的結果。

LMB & Co 現在平均一星期回收 170-200 噸的紡織成衣及鞋類，其中有八成經分類出口再使用，約一成經由姊妹公司 LMB Supplies 轉換成抹布，還有 5% 送往植絨與製氈。最後剩下的 5% 廢棄物包含回收的衣架與單隻的鞋子。

1990 年代時，LMB & Co 與英國非營利組織 Barnardo's 合作，做為後者的唯一承包商。LMB 自英格蘭東南部的每一家 Barnardo's 店面收集廢棄的紡織成衣及鞋類，並在街上放置衣服回收箱。這個舉動立刻受到迴響，當時英國市場對品質好的二手成衣胃納量正在成長。

LMB & Co 因而擴大行動，它和不同的慈善機構與當地政府合作，在街道上放置 LMB 的衣服回收箱，依每一噸回收的材料付費予慈善組織與當地政府，這些費用再被投入當地社區。

LMB & Co 隨後在倫敦成立 Britannia Plant Engineering 公司，專門製造回收箱。該公司自成立後已製造超過四千個回收箱，回收紡織品、玻璃、紙張與鞋子。

這些回收箱放置於超市停車場，以及遍及全英的回收地點。

### **回收制度：RESKINNED**

英國 Reskinned 公司是 LMB & Co 成立的衍生公司。Reskinned 經營一個線上的二手轉售機制，和品牌合作建立回收制度，以回應大眾對紡織廢棄物的看法。

至今有超過三十個品牌已在這個線上轉售機制註冊，包括 Finisterre、Joules、River Island、Seasalt、Skins Compression 及 Sweaty Betty。

Reskinned 為品牌處理所有事情，從和回收制度相關的技術性安排，到店內與線上的收集系統，以及處理回覆顧客相關問題。

這家公司擁有並運作一套流暢的過程，將成衣與鞋類整理好轉售。

物品經過初步檢查，然後分類，再使用一套無水臭氧過程讓衣物味道如新。如果衣物需要簡單修改，有內部的修理站依標準進行，直到品牌核可。

衣物接著被列表拍照，採用高品質的高角度平放拍法，以達到近似攝影棚水準，也兼及提供顧客良好的購物體驗。

Reskinned 得益於超過 20 個俐落的過程，這些過程是由 LMB & Co 所開發，以強調不同類別成衣與鞋類的材質價值。

針對這個主題，LMB 公司總經理 Barry 在圓桌會議上說：「我們已經協助合作的品牌，開發出在五年內完成一個完全循環成衣模式的路線圖。我們的回收過程讓我們得以通知品牌關於一致性製造方面的問題，我們也協助它們在規劃未來的系列時，會考量到產品壽命終了的处理問題。」他也表示，品牌現在已有進步，尤其是在回到店內衣物的二度行銷方面，這類衣物占存貨大約兩成。

線上零售的退貨甚至更高，占所有線上購買衣物的大約三成。



## 碳複合材料的回收再生

### GEN 2 CARBON：從複合材料廢棄物回收碳

根據英國碳纖維回收公司 Gen 2 Carbon 的總經理 Mark Hitchmough 所言，全球碳纖維複合材料的產量於 2020 年達到 6 萬噸。其中最多僅 1 千公噸被回收。

而碳纖維複合材料的生產於 2030 年前將翻一倍達 12 萬噸，2040 年前再翻一倍達到 24 萬噸。

推動產量成長的因素是環保減碳，以及降低成分與材質重量的努力，即所謂輕量化的過程。輕量化的目的是為了達到更高的燃料效率，降低送往掩埋場廢棄物的量，縮減溫室氣體排放，減少有限資源的使用，以及改善能源效率。基於此，輕量化是改善環境永續製程不可或缺的一部分。

輕量化對下列領域特別重要：

- 太空計畫
- 汽車計畫
- 氫氣瓶
- 風力渦輪葉片

對汽車產業而言，輕量化有助改善可行駛公里數，這在汽車由電動車取代內燃引擎車的趨勢下，更是特別重要。

Gen 2 Carbon 使用一種熱裂解的方式來回收廢棄複合材料裡的碳，將樹脂及其他雜質除去，將回收的纖維轉變成高性能不織布。

如此產生的回收再生碳量於 2022 年達 200 噸，並預期在 2023-26 年間將此產量增加到每年 1,000 噸。

Hitchmough 認為，要讓產業了解，相較於單純地購買原生纖維，以回收再生碳作為資源更有價值，這將是一大挑戰。

原生纖維非常昂貴，其生產過程更屬高度能源密集。然而，未來數年全球對碳纖維的需求很可能會超過全球碳纖維的產量。Gen 2 Carbon 希望這樣的落差會有助於推動對回收再生碳的需求。

在圓桌會議中引發一個主要的議題是，對於如何達到循環性，業界的視野可能太窄。Hitchmough 說：「你回收一輛車，並不代表一定要製造出另一輛車。我們生產的是有用的高度技術性材料，就像是氣體擴散層或是電池的電極。但是現階段我們接到要求我們回收再生他們纖維的公司數目遠多於要探索回收再生纖維用途的公司。」

會議中也提到，對於投入資金研發於開發廢棄物成為高度技術性再生產品，將其稱為「降級循環」(downcycling)是不太恰當的說法。

要建立完全循環的供應鏈是一個長期的過程，因此延伸有價值產品的生命是最基本的作為。完全循環的供應鏈應該涵蓋收集、分類、並將回收的廢棄物送入產品原始製造商做為原料。

### **LONGWORTH：DEECOM 壓裂解聚合物回收再生過程**

英國環境服務供應商 Longworth 已開發一項多項專利的「壓裂解」(pressolysis)<sup>6</sup>過程，名為 Deecom，已成功應用於壓力容器中完好無缺回收外覆碳纖維的絲束。

這個過程亦可廣泛使用於回收聚合物的系統。

Longworth 公司的主管 Jen Hill 在圓桌會議上介紹 Deecom 過程，甚至曾被試用於回收嬰兒尿布的聚合物成分，亦即彈性纖維、不織布層纖維及核心部位的高吸水性聚合物。

此過程自壓力容器中回收碳纖維絲束，係一項專案的一部分，合作的對象有英國的國立複合材料中心，以及專精於纖維處理與轉換機器設備的英國 Cygnet Texkimp 公司。該專案贏得 2022 年英國複合材料協會(Composite UK)工業獎項中的複合材料創新獎。

經由這項專案成果，Cygnet Texkimp 公司得以使用回收的絲束來製造新的壓力容器。該公司現在計畫將此過程經由 Longworth 公司授權，在全球商業化。

---

<sup>6</sup>壓裂解(Pressolysis)係指在超熱蒸氣環境下，使用壓力來回收壽命終期的複合材料成分裡的纖維與樹脂。

Deecom 過程採用一個加壓與解壓組成的週期循環，或稱為「變壓」(pressure swings)，溫和除去複合材料纖維上的有機物，有效逆轉纖維與基質之間的結合鍵。

這個過程發生在壓力容器中，容器內充滿超熱蒸氣，溫度在 200°C 以上，會視聚合物的種類融解或軟化聚合物，並會產生某種程度的水解過程。

當蒸氣處於壓力下，會滲透聚合物的裂縫，然後在解壓時凝結與沸騰。

這個過程會立即造成聚合物鏈的物理斷裂，單體(monomers)與低聚物(oligomers)連同表面的聚合物碎片會被一起帶走。

此過程會和樹脂而不是纖維起作用，因此，製程後(post-industrial)或使用後的複合材料廢棄物的纖維型態、長度及結構都得以保持，不論複合材料經過硬化或未經硬化皆然。

無可否認，由於此過程涉及長時間高溫度壓力循環週期，耗能量必然很高。不過，仍然可能比製造原生碳纖維所需的能源量低得多。另外，能毫無損傷地回收長絲束具有重大優點。

### 英國標準

2022 年 11 月，Longworth 的壓裂解過程成功通過第一階段考驗，英國標準協會(British Standards Institution, BSI)將該公司的壓裂解過程定義為新的回收再生方法。

BSI 現在將壓裂解定義為「使用壓力將材料還原至原生質狀態，此已知科學名詞通常和生物學相聯，係指在肺部細胞內測試壓力的方法。」

Hill 表示：「我們公司已花費數十年的時間開發與了解 Deecom 過程與它的能力，確定了它的原理不是水解、溶劑解或熱裂解。Deecom 特別使用『熱循環壓裂解』方式，我們添加熱氣與變壓作用，與特定對象聚合物相互作用，達到希望的結果，不會更動到原始成分或纖維，因此可回收幾近原生日品質的材料。」

「在開發 Deecom 成為材料回收解決方案的後期，我們發現一項挑戰，那就是它被認為太新，太不為人知。在某個階段甚至被告知，它太新奇了，以致無法符合創新資助標準。一項符合淨零、循環性、低碳及英國製造的新興創新技術，居然被貼上太創新的標籤，這真是瘋狂。」

Hill 補充指出，Longworth 的 Deecom 專利，僅包含過程，不包含進行過程的產出設備。

這讓該公司不受回收對象形狀、尺寸及設計的限制。這也代表每一個打造的產出設備可以略為不同，依顧客需求訂做。

設備的規格依顧客需要訂立，包括輸入系統、型態、材質、希望的產出、生產力、產量等，回收對象可以從桌上型設備到非常大的機械。

### **玻璃纖維複合材料的回收再生**

#### **LONGWORTH：THE EMPHASIZING PROJECT**

Longworth 公司是參與一項名為 The Emphasizing Project 專案的合作伙伴之一，這項專案探討玻璃纖維複合材料的回收再生。

專案的資金來自 Innovate UK，這是英國的非營利組織，由英國的商業、能源暨工業策略部贊助成立。

根據德國強化塑膠聯盟(AVK)的說法，玻璃纖維強化塑膠(GFRP)占全球複合材料市場很大的一部分。AVK 是由大宗物資生產者、材料供應商及強化與填充塑膠製造商組成的協會。

歐洲每年生產的 GFRP，有高達 70%(約 100 萬噸)使用於三個大規模的行業：營造、基礎建設及運輸。

The Emphasizing Project 專案的參與單位包括英國 Brunel 大學的 Brunel 複合材料中心，以及包含 Longworth 公司在內的產業夥伴。

這項專案評估、處理及分析來自汽車組件、船舶與海洋產業組件及風力渦輪葉片的材料，以打造回收再生的「路線圖」。

專案將致力於證明使用回收升級再造(upcycled)玻璃纖維材料來製造汽車終端產品的可行性，這些再造材料產出的過程會有一項技術性步驟，是將傳統的過程譬如熱裂解與溶劑解轉變成採取 Deecom 壓裂解(見前述 LONGWORTH：DEECOM 壓裂解聚合物回收再生過程)的方式。

Deecom 壓裂解過程能達到高產出量，並有助回收高品質、乾淨、可再利用、不含殘餘雜質、保持近似原生材料的長度與性質的纖維。

使用 Deecom 過程回收的纖維可升級再造，轉變為紗，紗會再經過上漿處理，讓它們更能經得起後續的處理階段，特別是織布。

最終希望藉著找到上漿紗的一些終端應用，玻璃纖維產業得以獲得一種嶄新的先進材料，在英國本土製造，並可以低成本供應。

風力能源業預期在 2023-24 年間將會報廢 4-6 萬噸的複合材料風力葉片，這將增加製程後的 GFRP 廢棄物量，這些皆是後續使用於原來生產的材料，也都需要回收。

## 地毯的回收再生

### CARPET RECYCLING UK (CRUK)

英國非營利會員制協會 Carpet Recycling UK(CRUK)的機制經理 Adnan Zeb-Khan 表示，單單在英國，每年約有 467,000 噸的紡織地毯被丟棄。其中僅約 6-7 萬噸被回收再生，其餘則被焚毀或送進掩埋場。

典型的地毯由數層複合材料組成，因此不適合回收再生。許多地毯還包含乳膠及其他襯底，更難分解。

不過，數家 CRUK 的會員開發新款的地毯產品，使用單一材料<sup>7</sup>或單一聚合物結構。

CRUK 的會員代表 80%的英國地毯產業，包括製造商、配售商、原料供應商及承包商，因此該協會得以：

- 找出並協調回收再生機會
- 建立新的供應鏈

---

<sup>7</sup>單一材料紡織品係指全部使用單一類聚合物製成的產品，因此適合回收再生。

CRUK 正在尋找更多與營造業和設施管理業的聯結，以便協助降低廢棄紡織地板覆蓋物的產生，例如商業用寬幅地毯、方塊地毯及鋪墊。

當討論所希望的政府相關政策結果時，CRUK 足以代表地毯行業。

許多 CRUK 的關鍵會員是製造商，均志願為在市面上的產品負責，並努力減少產生的廢棄物，這麼做也有助節省成本。

願意為廢棄物努力的 CRUK 會員最終目的，乃在於「提升地毯與紡織地板覆蓋物的廢棄物層級」，並打造循環性，以便充分利用廢棄物材料作為資源。

Zeb-Khan 在圓桌會議上表示：「很明顯地，在新的場所裡再利用地板覆蓋物以防止這些材料變成廢棄物，是運用剩餘與多出的材料最好的結果。這有助於提供社會住宅住戶平價的地板覆蓋物，以及為地產開發者提供低成本地板覆蓋物。」

CRUK 任務的關鍵點，是收集市場上使用地毯與紡織地板覆蓋物數量的正確數據，以及正從掩埋場轉向的廢棄材料的噸數數據。

例如，CRUK 估計，2020 年英國產生 47 萬噸的紡織地毯廢棄物，其中有 70% 是從掩埋場轉向的。

2021 年進行的一項調查有比較新的數據，會在 2023 年 6 月 CRUK 的年度大會上公布。

Zeb-Khan 在圓桌會議上表示：「隨著對紡織地板覆蓋物相關廢棄物的立法議題、處理方式的發展及挑戰等方面的興趣升高，我們預期對我們的大會會有很高的要求。在十五年間我們已走了一條很長的路來開發處理地毯與紡織廢棄物的解決之道，既能保留可貴的資源，也降低供應鏈的成本。」

CRUK 碰到的一個問題是，每個人家使用的地毯並沒有統一的回收機制。Zeb-Khan 確信一定得開發出這樣的機制。在這方面，延伸生產者責任(EPR)可能有些希望。

CRUK 已成功地增加回收量，但認為仍然錯失許多材料，這些材料是在錯綜複雜的廢棄物管理空間裡失蹤的。

Zeb-Khan 在討論中，估計英國地毯業採用 EPR 機制的可能成本約為 6,500 萬英鎊(約 7,900 萬美元)，再加上 3,000-4,000 萬英鎊的相關成本。渠稱電子業的 EPR 機制已上路，只是因為消費者已非常習慣，導致大眾皆沒注意到。

他補充：「政府不再願意負擔處理廢棄物的成本，因此製造商必須承擔處理的責任。」

### **芳香族聚醯胺的閉環式回收再生**

消費後紡織品回收再生的關鍵障礙在於，許多廢棄物包含混紡的材質，特別是鋪片使用的彈性纖維。

職是之故，讓回收再生作業具備由單一材料或盡可能單純的材料組成的供應流是合理的。

### **產業用纖維循環系統(CIRCULAR TECHNICAL FIBRE SYSTEM)： GENERAL RECYCLED**

加拿大 General Recycled 是一家紡織回收再生公司。這家公司成立於 2012 年，並已成功建立一套產業用纖維循環系統。

該公司開發一套完全閉環式的系統，在魁北克省回收、紡出、並重新售出對位芳香族聚醯胺(para-aramid)纖維。

銷售副總裁 Dave Kasper 表示，該公司主要生產高價值纖維，廣泛用於工作服。

這類纖維的強力是鋼的五至六倍，本質上是防燃的。它們 100% 不會分解，也不會焚毀，因此，如果不回收再生，一定會送往掩埋場。

General Recycled 和石油與天然氣產業及其他產業的終端使用者形成夥伴關係，在使用對位芳香族聚醯胺纖維製作的制服使用壽命終了時，將它們回收。



該公司也與工作服製造商結盟，以便回收含有對位芳香族聚醯胺纖維的廢棄物。

除了拉鍊與魔鬼氈以外，制服的所有部分皆被回收碎成纖維。在這一點上，Kasper 表示：「我們特意在魁北克建立工廠來處理對位芳香族聚醯胺纖維，這類纖維無法用傳統回收再生機器處理，因為它們會「吃機器」，它們會很快磨損碎屑圓筒與清梳系統。如果你能夠處理對位芳香族聚醯胺纖維，你就可以處理任何其他纖維。」

一旦制服被變身回到纖維，該公司就會決定要如何和原生纖維混紡，紡成不同支數的紗，然後再將紗出售給針織或梭織公司。

Kasper 指出：「我們上市的每樣產品皆可重複回收再生，所以我們生產的每樣東西都要回收回來。我們生產的所有紗線及支數皆經過第三方認證，符合最低電弧<sup>8</sup>與閃燃<sup>9</sup>的標準。即使我們縮短了纖維長度，因而削弱了這些回收紗的強度，但在許多案例上，我們的回收紗較市面上原生產品在特定應用上表現更好。我們建立了一套閉環式具成本效益的系統，我們的過程及產品皆有專利。」

## 結論

參加圓桌會議的成員在總結時，被要求點出一件單一事項，最能加速紡織業回收再生進度，最終有助建立循環性生產系統。

LMB & Co 總經理 Ross Barry 認為，關鍵在於跨領域的合作，以減省重複的研究與發展，並分享各領域的知識。

---

<sup>8</sup>電弧(electric arc)是指當持續的電流從一個堅固的電導體或是電極通過空氣或其他氣體到達另一個電導體時產生的火花。兩個電極之間空間的氣體變成離子化，因此本身就成為了電導體。電弧在工業上用於焊接、電漿切割及放電加工。電弧爐被用來製造鋼與其他物質。不過，開關、斷路器、繼電器接點、保險絲及不良的電纜封端等都可能造成非控制下的電弧現象，可能引起電弧閃光(arc flash)，這是一種電氣爆炸事件，會對人及設備造成損傷。電弧閃光可能燃燒或融化衣服。

<sup>9</sup>閃燃(flash fire)是突然、意外、密集的火花，特點是高溫與快速移動的火花。閃燃維持的時間很短暫，通常少於三秒鐘。



General Recycled 的銷售副總裁 Dave Kasper 表示，政府可以做得更多，不僅是在建立新的立法方面，也在於調整政府本身的採購過程，例如獎勵政府部門及機構訂購含有回收再生纖維的制服，如此還更為環保永續，而不是以最低標採購。

Gen 2 Carbon 總經理 Mark Hitchmough 以及 Carpet Recycling UK 的機制經理 Adnan Zeb-Khan 表示，開發回收再生材料的一套標準方法，讓這類材料更普為業界採用是關鍵所在，建立一套全國性與全球性的回收機制更是重中之重。

Longworth 的主管 Jen Hill 一再強調，廢棄材料不應再被視為廢棄物，相反地，它們是新一代的原料。