

產品溯源科技的應用
市場及關鍵創新者

2024年4月

紡拓會 編譯

產品溯源科技的應用、市場及關鍵創新者

目 錄	頁次
摘要.....	1
緒論.....	1
產品溯源科技.....	2
產品溯源數位科技.....	2
產品溯源實體科技.....	4
產品溯源鑑定科技.....	4
添加物溯源科技.....	6
產品溯源科技的市場.....	8
市場驅動者.....	8
遵守法規.....	8
消費者要求更多透明度.....	10
提高商業效率.....	11
實踐環境、社會及公司治理(ESG)的承諾.....	11
FIBRETRACE	
簡介.....	11
材料應用.....	12
產品溯源科技.....	12
案例：Nobody Denim.....	16
ORITAIN	
簡介.....	19
市場與應用.....	19
產品溯源科技.....	20
環境、社會與公司治理(ESG).....	22
SMARTEX	
簡介.....	24
Smartex Core.....	24
Smartex Loop.....	25
展望.....	28

摘要

產品溯源可定義為，沿著供應鏈追蹤產品自原料來源到最終目的地的過程。以紡織成衣業而言，一項產品的供應鏈高度複雜，包含好幾個階段。因此，企業嘗試溯源科技時，面對一些挑戰。特別是，企業對於它們的產品在供應鏈上的狀況僅有限的了解，許多企業只知道和它們直接合作的供應商。因此，供應商有機會欺詐，侵犯人權，對環境造成傷害。立法以利消費者與投資者要求企業落實與改善永續承諾的壓力日增，使得這些挑戰更為嚴苛，然而，溯源科技可協助企業面對這些挑戰。

產品溯源科技可分成產品溯源數位科技與產品溯源實體科技兩大類別。產品溯源數位科技使用數位平台，可收集產品供應鏈與循環性的資訊；產品溯源實體科技藉著分析產品成分或辨識添加劑，得以確認產品原料來源。

產品溯源科技領域的重要創新者包括 FibreTrace、Oritain 及 Smartex，三者均提供了紡織業更為透明與負責任的機會。

緒論

產品溯源可定義為，沿著供應鏈追蹤產品自原料來源到最終目的地的過程。

產品溯源之所以產生乃肇因於企業受到消費者與政府機構的壓力日增，要求它們的供應鏈更為透明。

以紡織成衣業而言，一項產品的供應鏈高度複雜，包含好幾個階段，包括：

- 原料的種植和/或製造
- 原料轉變成纖維
- 纖維轉變成紗
- 紗轉變成布
- 布轉變成紡織產品

這幾個階段往往會在位於不同國家的生產設備上進行。因此，沿著供應鏈追蹤產品可能充滿挑戰，尤其是對供應鏈複雜的企業。缺乏和供應鏈相關的規則也是挑戰之一。

企業對於和它們產品相關的供應鏈運作情形僅有限的了解，許多企業只知道和它們直接合作的供應商。也因此，供應商有可能會：

- 侵犯人權
- 欺詐
- 進行破壞環境的作為

產品溯源科技有助企業對抗這些挑戰。

產品溯源科技

產品溯源科技可分成兩大類別：

- 產品溯源數位科技
- 產品溯源實體科技

產品溯源數位科技

產品溯源數位科技使用數位平台¹，可收集下列資訊：

- 產品的供應鏈
- 產品的循環性²

收集產品供應鏈資訊的產品溯源科技採用：

- 雲端軟體；和/或
- 區塊鏈³科技

位於香港荃灣的 TextileGenesis，是一家使用區塊鏈科技經營數位產品溯源平台的公司。

¹ 數位平台是以軟體建立線上的基礎結構，讓使用者之間得以互動與交易。

² 此處的循環性係指循環的做法，涉及再使用、分享、修補、翻新、再製造及回收再生。這類做法打造一項閉環式系統，可將投入的資源、碳排放、污染及廢棄物的產生減至最少。

³ 區塊鏈科技涉及區塊鏈的使用，區塊鏈是連結於同一個鏈的區塊，區塊以透明方式依時間順序儲存數據。這些資訊經過加密以確保使用者的隱私不會被破壞，數據也不能被更改。

這家公司與一些紡織業的大咖合作，包括蘭精集團(Lenzing Group)、H&M集團及 Bestseller⁴，提供它們供應鏈所有階段的數位產品溯源。

TextileGenesis 可數位方式在供應鏈上的每一階段追蹤紡織產品，使用有專利的 Fibercoins。Fibercoins 的作用如同代碼，對應於製成紡織產品的纖維，Fibercoins 就是它們的數位分身⁵。

當纖維被生產出來後，每一公斤的纖維在 TextileGenesis 的平台上以一個 Fibercoin 的形式代表。

Fibercoins 採用名為「代碼化模式」⁶的方式，沿著一個紡織產品的供應鏈，在每一個涉及生產纖維的設備處轉手。

能收集產品循環性資訊的產品溯源數位科技，是使用數位護照進行作業。

通常的做法，是給予產品一個數位護照，使用實物標牌或是可用在商標或吊牌上的數位標牌。

數位護照可證明產品的原料成分，當產品的使用壽命終了時就可決定是否可回收再生。

此外，護照還包含產品在供應鏈上的移動紀錄，還可包含產品經過轉售自一位消費者到另一位消費者的移動紀錄。

護照也有助支援與建立產品的「逆供應鏈」，亦即產品提供給消費者後的移動紀錄。

為紡織成衣業提供數位護照的重要企業有：

- Avery Dennison-位於美國俄亥俄州的材料科學公司
- Circularise-位於荷蘭海牙的數位產品溯源軟體公司
- EON-位於美國紐約的數位科技公司

⁴ Bestseller 是一家丹麥成衣公司。

⁵ 數位分身(digital twin)是實體物件或過程即時的數位對應，是一種虛擬的呈現方式。

⁶ 代碼化(tokenisation)應用於數據安全時，係指用一個非敏感的代碼取代一個敏感資料元素，這個代碼沒有外在的或可利用的意義或價值。代碼只是一個參照，可透過代碼系統回溯到敏感資料。

整體而言，產品溯源數位科技提供企業追蹤產品生命週期內每一階段的能力，特別是能追蹤產品自設備到設備，以及自消費者到消費者的移動紀錄。不過，它無法確認產品原料來源的真實性。因此，建議採行產品溯源數位科技和產品溯源實體科技雙軌並行的方式，因為實體科技可確認產品原料的來源。

產品溯源實體科技

產品溯源實體科技透過下列方式得以確認產品原料來源：

- 分析產品成分
- 辨識添加劑

產品溯源實體科技可分成兩大類別：

- 產品溯源鑑定科技
- 添加物溯源科技

另外還有一項產品溯源實體科技類別，名為標牌(tag)。標牌是最普遍用於製成品的一項實體溯源科技，特別是在產品標籤與吊牌上。

標牌也可附在棧板與盒箱上，作為商業運貨與物流所用。標牌的種類包括：

- 實物標牌-有近距離無線通訊(NFC, near field communication)以及無線射頻辨識(RFID, radio frequency identification)等標牌
- 數位標牌-亦即 QR code⁷與條碼(barcode)

雖然標牌是產品溯源實體科技的一種，但不能"直接"應用在纖維或布料上，因此本報告略而不提。

產品溯源鑑定科技

產品溯源鑑定科技可經由分析原料的化學成分來確認自然原料的來源。此處的自然原料包括動物性纖維與植物性纖維。

⁷ 我們常用的 QR code 全稱是 Quick Response Code，是一款平面條碼的商標，最初是為汽車業設計的。這套制度因為易讀性與儲存量高，優於通用產品代碼(UPC)而普及多種產業。

這種科技採用三種科學分析方法：

- 元素分析
- 基因分析
- 同位素分析

元素分析是決定自然原料中所含微量元素⁸諸如鐵、鉀、鋅及鈉等的過程。

自然原料中是否含有或含有多少微量元素可反映培育自然原料時，其肥料、土壤及水的化學組成成分。

基因分析是決定自然原料中 DNA 特徵以辨別 DNA 來源物種的過程。

紡織成衣業最普遍使用的基因分析技術包括：

- DNA 條碼(DNA barcoding) -使用一個樣本裡單一來源的 DNA 來辨識所屬物種
- DNA 元條碼(DNA metabarcoding) -能自同一樣本裡多個來源 DNA 同時辨識出多個物種

一旦辨認出 DNA，就可依公共的 DNA 資料庫確認出其物種。GenBank 就是這類資料庫的一種⁹，據稱包含提取自超過 50 萬種正式描述物種的超過 25 億個核苷酸¹⁰序列。

和 DNA 條碼不同，DNA 元條碼可辨識出同一樣本內所有的微量 DNA，包括過敏原、污染物、孳假的物種成分，以及禁用的物種。

同位素分析是決定自然原料在培育過程中吸入的穩定同位素¹¹比例的過程。

例如，一個自然原料裡氧與氫的比例可反映出原料在培育時環境的地理高度、降水狀況及氣溫；碳與氮的比例則反映出培育時的土壤狀況、農作方式及肥料。

⁸ 微量元素又稱次要元素，是指含量非常低的化學元素。

⁹ GenBank 由位於美國馬里蘭州的國家生物技術資訊中心(NCBI)管理，NCBI 負責發展與維護有機分子與相關文獻資料庫。

¹⁰ 核苷酸是一種有機分子，是建立 DNA 的基塊。

¹¹ 穩定同位素(stable isotope)是同一元素的非放射性原子，包含相同數目的質子與電子，但不同數目的中子。

整體而言，產品溯源鑑定科技能提供企業確認產品使用之自然原料來源的能力。

不過，這項科技無法追溯產品生命週期的每一個階段，尤其無法追溯產品自設備到設備，以及自消費者到消費者的移動紀錄。還有，它只能證實原料來自生物物質，因此無法驗證合成物質的來源。

添加物溯源科技

添加物溯源科技是可確認使用實物添加劑的來源，這些添加劑被應用在纖維、布料或製成品上。

這些添加劑分成三大類：

- 合成與人工 DNA
- 顏料墨水與稀土螢光粉
- 光學指紋

合成與人工 DNA 類別包含：

- DNA 碼
- 分子標誌

這些添加劑可在供應鏈上的任一階段應用在纖維、紗及布上。應用的方法包括將 DNA 與液體處理混合，以噴灑或表面處理的方式應用在材質上。

使用聚合酶連鎖反應(PCR)測試即可偵測出添加劑的 DNA，這樣的測試可使用攜帶式的檢測套組、或是在指定的實驗室裡進行。

顏料墨水與稀土螢光粉類別包含：

- 隱形發光顏料墨水
- 源自稀土元素¹²的原料

應用的方法包括將顏料墨水與稀土螢光粉和液體處理混合，以噴灑的方式應用在纖維上。

¹² 稀土元素係指地殼表面蘊藏豐富的 17 種重金屬，外表銀白有光澤，觸感柔軟。

此外，顏料墨水與稀土螢光粉可在軋棉或紡紗的過程中應用在纖維上；也可應用在母粒¹³上。

顏料墨水與稀土螢光粉可使用手持裝置或固定的機器，散發深藍光、紫外線、電子束或遠紅外線來偵測。

光學指紋類別包含：

- 數位浮水印
- 奈米隱形印紋

這類添加劑可應用在成卷的布匹與產品標籤上。

應用的方法包括使用奈米隱形墨水印製與使用數位連續性標記，包括 QR code。

光學指紋使用智慧手機或平板電腦攝影掃描來偵測。

表 1：紡織成衣業產品溯源實體科技的創新者，2023 年 7 月

公司	總部	科技類別	溯源科技子類別	可驗證的原料
Applied DNA Science	美國紐約州 Stony Brook	添加劑	合成與人工 DNA	人造纖維素； 自然；合成
Arylla	加拿大安大略 Kitchener	添加劑	光學指紋	人造纖維素； 自然；合成
Digimarc Corp.	美國奧瑞岡州 Beaverton	添加劑	光學指紋	人造纖維素； 自然；合成
DNA Gensee	法國 Le Bourget- du-Lac	鑑定科技	基因分析	自然
FibreTrace	新加坡	添加劑	墨水與 稀土螢光粉	人造纖維素； 自然；合成
Haelixa	瑞士 Kempthal	添加劑	合成與人工 DNA	人造纖維素； 自然；合成
IN-Code Technologies	英國倫敦	添加劑	墨水與 稀土螢光粉	人造纖維素； 自然；合成
Oritain	紐西蘭 Dunedin	鑑定科技	同位素與 元素分析	自然
Smartex	葡萄牙波多	添加劑	光學指紋	人造纖維素；

¹³ 母粒是聚合物基底中的顏料、添加劑和/或填料的濃縮混合物，以小量加在相同聚合物基底的大量原料中，以產生想要的配方。

				自然；合成
Source Certain	澳洲伯斯	鑑定科技	同位素與元素分析	自然
Stardust Secured	美國華盛頓州 Orchards	添加劑	墨水與稀土螢光粉	人造纖維素；自然；合成
Tailorlux	德國 Münster	添加劑	墨水與稀土螢光粉	人造纖維素；自然；合成
Unifi	美國北卡州 Greensboro	添加劑	合成與人工 DNA	合成

資料來源：Textiles Intelligence

產品溯源科技的市場

產品溯源科技的市場呈現飛快的成長。這是因為紡織業從未如現在這般需要為產業造成的環境社會衝擊負起責任。同時，企業也受到日益增加的壓力，需因應消費者與投資者的要求，落實永續性作為。

位於瑞典的數位產品溯源平台 TrusTracer 見證對數位產品溯源科技的需求在 2021 與 2022 年間增加了 350%。

市場驅動者

推動產品溯源科技市場成長的四大主要因素是：

- 遵守法規
- 消費者要求更多透明度
- 提高商業效率
- 實踐環境、社會及公司治理(ESG)的承諾

遵守法規

全世界各地的政府皆訂定了要求紡織成衣產業對造成的環境社會衝擊負起責任的新法令。

2020 年 3 月歐盟執委會宣布歐盟綠色政綱，訂出歐盟在 2050 年達到氣候中和與循環經濟的目標。

為達此目標，執委會於 2022 年 3 月公布「歐盟永續與循環紡織策略」，將發展出十六個法令，以解決紡織成衣產業面對的一些問題。其中一個法令是「永續產品生態設計法規」(Ecodesign for Sustainable Products Regulation, ESPR)。

ESPR 旨在：

- 改進產品的環保永續性
- 改善供應鏈永續資訊的取得
- 增加生產永續產品的誘因
- 鼓勵採行永續的商業模式

在法規提案裡：

- 產品必須設計得比現行產品更耐用、更能回收再生、更可靠、更能修補
- 也更能再利用。
- 產品的生產必須比現行製程更能發揮能源效率與資源效率
- 製造商必須提供所生產產品對環境衝擊較詳盡的資訊

要實現第三點，執委會提議每一個產品必須擁有數位護照。為此，企業可使用產品溯源數位科技讓一個產品有一個護照。

另一個法令是「防止維吾爾人強迫勞動法」(UFLPA)。

此法於 2021 年 12 月 23 日在美國簽署成為法令，並於 2022 年 6 月 21 日生效。這是對新疆維吾爾回教徒工作條件不佳與人權受到嚴重侵犯等說法的回應。

UFLPA 要求包括成衣品牌與零售商在內的企業確保「完全或部分以強迫勞動開採、生產或製造的貨品不會進入美國」。

在實際做法上，企業如欲持續進口新疆製貨品，必須提供「清楚有說服力的證明」產品不是以強迫勞動製成。

企業可採用產品溯源科技來達此目的，尤其是採用產品溯源實體科技，可驗證產品原料的來源。

其他推動了產品溯源科技市場成長的法令是 2023 年 1 月 1 日生效的「反廢棄物循環經濟法」之下的 2022-748 號法令。這條法令視企業規模大小與上市產品的數量採漸進式生效。

這條法令要求企業提供產品與包裝在環保標準方面的資訊，內容須包含下列範圍：

- 可製成堆肥性
- 是否存在有害物質、貴金屬或稀土元素
- 是否存在塑膠超細纖維¹⁴
- 回收再生性
- 是否使用回收再生原料
- 是否使用再生資源
- 可修補性
- 再利用性
- 永續性
- 可溯源性

根據法令，這些資訊必須以下列方式提供：

- 電子方式
- 任何其他清楚可了解的方式，例如產品標籤

消費者要求更多透明度

消費者愈來愈要求企業針對其產品與作業造成的環境社會衝擊，提供更透明的資訊。

在一份 2021 年出版的報告裡，宣稱歐洲的時尚消費者有六成認為透明度很重要。然而我們得承認，歐洲只有大約兩成的時尚消費者在購物時會去找這些資訊。不過這樣的消費者正增加，尤其是年輕的世代。

一份 2022 年進行的調查顯示，英國有 48% 的消費者表示，實踐更環保永續生活方式的主要阻礙之一，是缺乏資訊。

這個數字凸顯提供產品環保資訊的重要性，產品溯源科技則是填補這一塊的完美機會。

¹⁴ 在歐洲，超細纖維(microfibre)係指紗線密度在 1 dtex 以下的纖維；在亞洲及北美，則是指紗線密度在 1 丹尼(denier)以下的纖維。有些紗線密度達 1.3 dtex 的纖維也會被其製造商歸類為超細纖維

提高商業效率

產品溯源科技讓企業得以獲得產品自原料到製成品的重要資料，亦即產品在供應鏈上每一階段移動的資料。企業可充分利用這些資料，例如降低成本與廢棄物，以達到商業效率。

產品溯源科技可提供企業：

- 稽核追蹤
- 快速取得資料
- 優化供應鏈

實踐環境、社會與公司治理(ESG)的承諾

許多企業做出 ESG 的公開承諾，要降低其作業對環境與社會的衝擊。

這些承諾包括而不限於：

- 採用環保永續原料
- 減少排放
- 循環性設計
- 改進員工福利

產品溯源科技提供紡織成衣企業達成這些承諾的機會。

FIBRETRACE

簡介

FibreTrace 是一家新加坡公司，專精於產品溯源科技，可驗證原料的來源，並沿著供應鏈追溯原料。

這家公司由 David 與 Danielle Statham 夫婦於 2018 年成立，是 Sundown Pastoral 公司的子公司。Statham 夫婦也擁有 Sundown Pastoral 公司，這是位於澳洲的農業公司，旗下有好幾家企業，包括：

- Good Earth Cotton -採取環保永續的棉花農作制度，總部位於澳洲
- Keytah -位於澳洲的棉花園區
- Mirrimaavale -位於澳洲的人工木材林
- Wathagar Ginning -軋棉廠，位於澳洲

FibreTrace 的溯源技術是 Good Earth Cotton 制度的一部分，這個制度下生成的棉花皆稱做是 Good Earth Cotton，皆可使用 FibreTrace 的技術溯源。這種技術採用和銀行紙鈔與護照相同的防偽技術。

FibreTrace 的技術是 Paul Stenning 發明的，他是紙本安全專家，是 FibreTrace 的研發主管。

材料應用

FibreTrace 的技術可驗證用於紡織成衣業的各種原料的來源，並沿著供應鏈追溯這些原料。

這類原料包括：

- 人造纖維素材質-lyocell(萊賽爾)與 viscose(黏液嫫縈)
- 自然材質-棉花、大麻、皮革、回收再生棉花及羊毛
- 合成材質-回收再生聚醯胺(尼龍)與回收再生聚酯棉

FibreTrace 的技術已由超過 40 家紡織成衣企業驗證過產品，其重要夥伴名單如表 2。使用 FibreTrace 技術驗證的產品包括纖維、紗、布、成衣、內衣及家用紡織品。

產品溯源科技

FibreTrace 專精於兩種產品溯源科技：

- FibreTrace Mapped
- FibreTrace Verified

FibreTrace Mapped 是一個產品溯源數位平台，能收集產品的供應鏈資訊。這個平台使用雲端軟體與區塊鏈科技來運作。

表 2：FibreTrace 的重要夥伴，2023 年 7 月

公司	總部	性質	FibreTrace 驗證的原料
7 For All Mankind	美國加州 Vernon	牛仔褲品牌	Good Earth Cotton
Acatel	葡萄牙 Barcelos	紡織製造商	Good Earth Cotton
Advance Denim	中國大陸廣東	牛仔褲製造商	Good Earth Cotton
ARISE Integrated Industrial Platforms	阿拉伯聯合大公國 杜拜	工業建築專家	非洲棉花

Artistic Apparels	巴基斯坦 Karachi	牛仔褲製造商	Good Earth Cotton
Belda Llorens	西班牙 Alicante	紗廠	E*RetraceCO+; E*ReTrace100; E*Retrace30
Bestitch	葡萄牙 Guimarães	紡織製造商	Good Earth Cotton
Beximco	孟加拉達卡	企業集團	棉花;大麻;回收再生 棉花;回收再生聚酯
Blue Illusion	澳洲墨爾本	生活風格品牌	Good Earth Cotton
Bossa	土耳其 Adana	牛仔褲製造商	Good Earth Cotton
British Wool	英國 Bradford	英國羊毛推廣	英國羊毛
Circular Systems	美國加州洛杉磯	材料科學	Texloop RCOT
Cue	澳洲 Surry Hills	服裝品牌	Good Earth Cotton
Delight Group	印度 Indore	棉花與大豆 加工出口商	Good Earth Cotton; 印度有機棉
Escorial	紐西蘭基督城	布料與副料製造商	Escorial 羊毛
Fashion Enterprise	越南胡志明市	紡織製造商	Good Earth Cotton; 澳洲美麗諾羊毛
Harris Tweed Hebrides	蘇格蘭路易斯島	布料製造商	英國羊毛
ICI Pakistan	巴基斯坦 Karachi	化學品製造商	Terylene Clean
Impetus Group	葡萄牙 Esposende	成衣與內衣製造商	E*RetraceCO+; E*ReTrace100; E*Retrace30; Good Earth Cotton
Inovafil	葡萄牙 Guimarães	紗廠	Good Earth Cotton
Kara Fiber	土耳其 Sehirkamil	纖維製造商	Ecocell
Maggie Marilyn	紐西蘭奧克蘭	服裝品牌	Good Earth Cotton
Nobody Denim	澳洲 Fitzroy	牛仔褲品牌	Good Earth Cotton
Orta Anadolu	土耳其伊斯坦堡	牛仔褲製造商	Good Earth Cotton
PureDenim	義大利米蘭	牛仔褲製造商	Good Earth Cotton
PVH Corporation	美國紐約市	服裝公司	Good Earth Cotton
Reformation	美國加州 Vernon	服裝品牌	Good Earth Cotton
Santis Textiles	新加坡	紡織製造商	RCO100 纖維; RCO100 紗; RCO100 布料
Sapphire Textile Mills	巴基斯坦 Lahore	紡織製造商	Good Earth Cotton
SIR	澳洲 Rosebery	服裝品牌	Good Earth Cotton
Südwolle Group	德國紐倫堡	羊毛紗廠	Escorial 羊毛
Tearfil Textile Yarns	葡萄牙 Guimarães	紗廠	Good Earth Cotton

資料來源： FibreTrace

這個平台倚賴企業上傳自報的資料，以提供產品在自原料到製成品的供應鏈上移動的完整敘述。

平台上記錄的供應鏈資訊包含供應商名稱、種類及地點。

此外，平台可數位的方式整合一個產品移動的所有實體文件，特別是採購與出貨文件。

平台上收集的所有資料使用 AI 來整合分析，並提供企業「有實際效用的見解」以改進供應鏈。

平台可免費申請，任何申請的企業會獲撥 100,000 數位稽查信用額度。根據 FibreTrace 的說法，這些額度於數位追蹤整個產品系列的供應鏈溯源是綽綽有餘。

平台可單獨使用，不過如果和 FibreTrace Verified 同時使用會更有效果。FibreTrace Verified 是額外的溯源科技，運用專利的發光顏料。

這款顏料給予產品原料一項獨一無二、可追蹤的標誌，可沿著纖維供應鏈的每一個階段稽查。

顏料是以來自稀土元素中的一種無機磷光劑的形式，當暴露在深藍、紫外線或電子束的輻射中時，將散發可見光。

上述顏料是由德國 LWB 公司供應，LWB 公司專精於無機磷光劑與光學材料。顏料無毒，並經人體安全測試，經認證符合全球有機紡織品標準(GOTS)。

顏料可使用三種不同的應用過程施於原料上，視原料的基質而定。

如果是應用到棉質原料，可將顏料與黏液螺縲(viscose)混合製成浮懸液。然後在軋棉的過程中將浮懸液快速地吹送到棉花上，如此，顏料就附著在棉纖維上。

如果要應用在合成纖維上，可在最初的原料階段就添加顏料在色母粒裡，讓原料與顏料結合。

圖 1：FibreTrace 的浮懸液



資料來源：FibreTrace

另一個適用於所有纖維種類的應用過程則是將顏料內建於螺縲條內，在紡紗過程時與纖維結合。

以上應用方法皆會將顏料永久內建於纖維內，纖維製的成品可承受強力的加工處理與重複洗滌。此外，歷經各種回收再生過程後，顏料仍然有效。

這種顏料是隱形的，裸視無法看到，也不會影響到纖維的機能。依據 FibreTrace 的說法，僅加進一個棉包(cotton bale)內的顏料量，遠低於棉花產業定義的棉包汙染驗收標準。

纖維是使用 FibreTrace 的專利「即插即用」掃描裝置來核實，這款裝置是手持的紫外線校色儀，使用藍牙傳輸。

當纖維被掃描時，有關掃描時的地理位置、日期、時間及核實者的資料皆被記錄與即時儲存在 FibreTrace's 的數位產品溯源平台上，平台名為 FibreTrace Mapped.

因此，纖維在供應鏈上自原料到製成品的完整移動歷史皆可被記錄下來。納

入 FibreTrace 溯源科技的產品皆附有行銷材料與有 QR code 的吊牌。這個 QR code 可在智慧手機或平板上使用圖像掃描測得，讓消費者得以進入 FibreTrace Mapped，一覽產品的數位護照。

圖 2：FibreTrace 的掃描裝置



圖 3：FibreTrace 的吊牌



資料來源：FibreTrace

FIBRETRACE 案例：NOBODY DENIM

Nobody Denim 是澳洲的環保牛仔褲品牌，於 2020 年 11 月推出其與 FibreTrace 合作的第一個溯源牛仔褲系列。

自此之後，Nobody Denim 使用 FibreTrace 的產品溯源技術讓其所有丹寧服飾均具備可溯源性。為了讓 Nobody Denim 的產品達到可溯源性，其丹寧服裝使用 Good Earth Cotton 製成。Good Earth Cotton 是採用澳洲環保永續的 Good Earth Cotton 棉花農作制度栽種的棉花。

Good Earth Cotton 被認為是環保永續棉花的原因之一，是因為它納入 FibreTrace 的溯源科技，得以驗證棉花來源並沿著棉花的供應鏈溯源。

事實上，FibreTrace 溯源科技的發展，正是 Good Earth Cotton 制度的一部分，而以這個制度栽種的 Good Earth Cotton 棉花皆可利用 FibreTrace 的科技追蹤溯源。

Good Earth Cotton 被認為是環保永續棉花的另一個原因，是因為它是以再

生收成¹⁵的方式栽種。

尤其 Good Earth Cotton 在培育時僅需少量的犁耕¹⁶，因此土壤得以保持高度生物多樣性，有助改善棉花自環境中吸收二氧化碳的能力。

事實上，Good Earth Cotton 被描述成是負碳排的，因為培育這種棉花的土壤在培育期間吸收的二氧化碳要比排放的多。

此外，與生產傳統棉花相比，生產 Good Earth Cotton 時的土壤利用更有效率。

特別是生產 Good Earth Cotton 的平均收成是每公頃 14 包棉包，是全球最高的平均收成之一。

還有，生產 Good Earth Cotton 也較生產傳統棉花在時間上更有效率。特別值得一提的是，Good Earth Cotton 沒有雜質，因此需要比較少的處理過程來讓棉纖維達到可接受的品質標準。

Nobody Denim 與 FibreTrace 合作的成果，是讓 Nobody Denim 的丹寧服飾在供應鏈上自原料到製成品的移動歷史有了完整的記錄。

根據 FibreTrace 的產品溯源技術，每件成衣的供應鏈包含 15 個階段(見表 3)。不同階段的加工處理是由在澳洲與土耳其兩個國家的五個不同生產基地進行。

表 3：Nobody Denim 丹寧服飾的供應鏈，2023 年 7 月

階段	公司	生產基地	地點
培育與收成 Good Earth Cotton	Good Earth Cotton	Keytah 棉田	澳洲 Moree
Good Earth Cotton 經過軋棉與內建 FibreTrace 溯源技術	Good Earth Cotton	Wathagar 軋棉廠	澳洲 Moree

¹⁵ 再生收成是指以能肥沃環境的方式種植的收成。培育這些收成被認為能：肥沃收成作物生長的土壤；改善生物多樣性；增加從環境吸收的二氧化碳量；收穫量較傳統農作為高且收成次數更多。

¹⁶ 犁耕是一種農耕作法，用以幫助土壤疏鬆透氣，吸收肥料，消滅害蟲，根除雜草。不過，犁耕被認為促使土壤腐蝕，這是因為它會移除土壤覆蓋物質，增加土壤內微生物不平衡的風險，並釋放二氧化碳進入空氣。

將 Good Earth Cotton 紡成紗，包含彈性纖維核心	Orta Anadolu	Kayseri 工廠	土耳其 Kayseri
紗紡成丹寧布	Orta Anadolu	Kayseri 工廠	土耳其 Kayseri
丹寧布用高速裁布機裁切	Nobody Denim	Nobody Denim 工廠	澳洲 Thornbury
丹寧布以手工縫製成牛仔褲	Nobody Denim	Nobody Denim 工廠	澳洲 Thornbury
牛仔褲經貓鬚紋處理與仿舊刷色處理	Nobody Denim	Nobody Denim 洗滌工廠	澳洲 Fitzroy
牛仔褲經水洗防縮，再經石洗或石漂洗	Nobody Denim	Nobody Denim 洗滌工廠	澳洲 Fitzroy
牛仔褲在工業烘乾機裡烘乾	Nobody Denim	Nobody Denim 洗滌工廠	澳洲 Fitzroy
牛仔褲用 dremel 工具 ^a 磨損	Nobody Denim	Nobody Denim 洗滌工廠	澳洲 Fitzroy
牛仔褲再度水洗去除清潔劑	Nobody Denim	Nobody Denim 洗滌工廠	澳洲 Fitzroy
牛仔褲加上再度在工業烘乾機裡烘乾	Nobody Denim	Nobody Denim 洗滌工廠	澳洲 Fitzroy
牛仔褲使用工業蒸汽熨斗專業熨燙	Nobody Denim	Nobody Denim 洗滌工廠	澳洲 Fitzroy
牛仔褲加上鈕扣與鉚釘等輔料	Nobody Denim	Nobody Denim 工廠	澳洲 Thornbury
牛仔褲加上吊牌與商標	Nobody Denim	Nobody Denim 工廠	澳洲 Thornbury

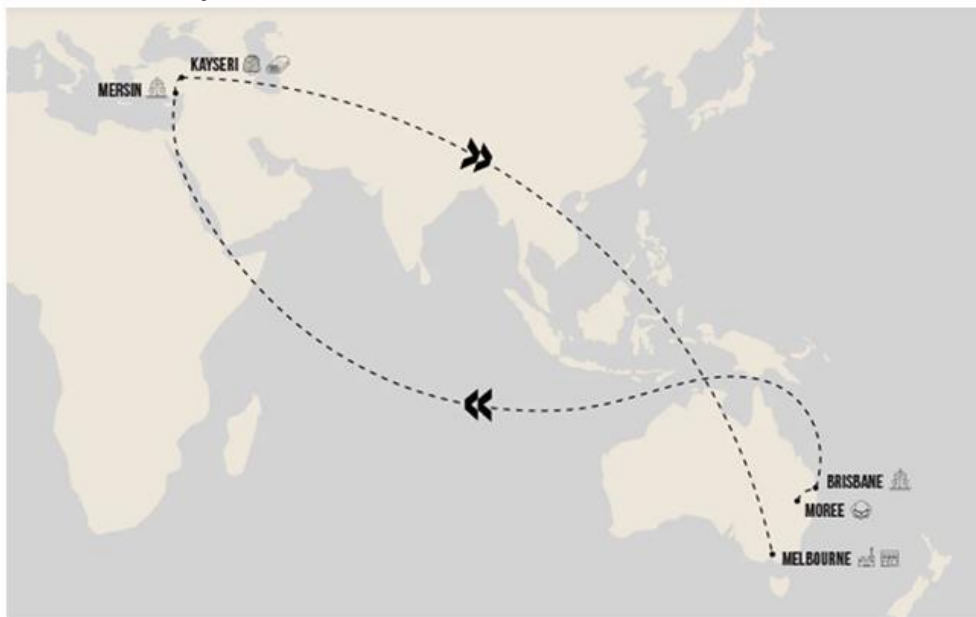
^a dremel 工具是一款手持的電動旋轉工具，可使用多種不同的配件。

資料來源：Nobody Denim

這個技術可產生每件成衣的移動軌跡圖，包括貨運與郵寄路線(見圖 4)。

顧客可以手機或平板掃描成衣吊牌上的 QR code 在線上獲取這個資訊。

圖 4：Nobody Denim 的供應鏈路線圖



資料來源： Nobody Denim

ORITAIN

簡介

Oritain 是一家紐西蘭公司，專精於產品溯源鑑定科技，可驗證自然材質的來源。

這家公司於 2008 年由 Helen Darling 博士與 Russell Frew 教授於紐西蘭 Otago 大學成立。Darling 博士擁有公衛博士學位；Frew 教授則創立了 Otago 大學的鑑識分析科學學位，退休後現為 Oritain 公司的首席科學家。

市場與應用

Oritain 的技術可驗證橫跨一系列產業各種自然材質的來源，包括水產養殖、咖啡、乳品、蛋、蜂蜜、園藝、肉類、堅果、藥物、紡織品及酒類。

Oritain 的技術已為約 42 個夥伴機構驗證，其中有 17 個自事紡織成衣業(見表 4)。這 17 家機構的業務涉及成衣、布料、纖維及家用紡織品市場。

Oritain 驗證過的材質包括棉花、大麻、毛海及羊毛。

根據美國德州紡織交易所(Textile Exchange)¹⁷與荷蘭阿姆斯特丹 Fashion for Good¹⁸的研究，Oritain 的技術也可驗證許多其他材質的來源，包括喀什米爾羊毛、羽絨、皮革、亞麻及絲。

該研究也發現 Oritain 的技術能驗證人造纖維素材質的來源，甚至可驗證經回收再生的自然材質與人造纖維素材質的來源。

表 4：Oritain 的紡織成衣產業合作夥伴，2023 年 7 月

名稱	總部	業務性質	Oritain 驗證的材質
Auscott	澳洲雪梨	棉花生產商	澳洲高地棉花
Albini 集團	義大利 Albino	布料製造商	匹馬棉
Cone Denim	美國北卡州 Greensboro	丹寧布製造商	棉花
Cotton USA	美國華盛頓特區	美國棉花推廣	美國棉花
Country Road 集團	澳洲 Richmond	服裝品牌	美麗諾羊毛
J G Boswell 公司	美國加州帕薩迪那	棉花生產商	匹馬棉
Joma Wool	紐西蘭基督城	羊毛生產商	Joma 羊毛
Lacoste	法國巴黎	服裝品牌	棉花
Loftex	美國紐約市	毛巾製造商	澳洲棉花
Modern Nile Cotton	埃及 Giza	棉花生產商	埃及棉
Mohair South Africa	南非伊莉莎白港	毛海生產商	南非毛海
Next Level Apparel(NLA)	美國加州洛杉磯	成衣生產商	棉花
Panda Biotech	美國德州達拉斯	大麻纖維生產商	美國大麻
Supima	美國亞利桑那州 Tempe	匹馬棉推廣	匹馬棉
Welspun India	印度孟買	家用紡織品供應商	澳洲高地棉；匹馬棉；埃及棉
Wools of New Zealand	紐西蘭基督城	羊毛生產商	紐西蘭羊毛

資料來源：Oritain

產品溯源科技

Oritain 專精於產品溯源鑑定科技，可驗證多種自然材質的來源，特別是動物性與植物性纖維。

¹⁷ Textile Exchange 是非營利組織，提倡紡織成衣供應鏈的環保永續性。

¹⁸ Fashion for Good 是一個倡議機構，聚焦時尚的社會、經濟及環境永續性。

Oritain 尤其能分析自然材質的化學成分，該公司稱此為材質的「指紋」，以便確定材質來源的地理位置。

事實上，Oritain 能利用自然材質的指紋，定位出材質的原產地，原產區，甚至原產農場。

這是因為自然材質的指紋能顯示出材質生長的环境。說得更明確一些，自然材質會含有在其生長期間吸收的元素。Oritain 會利用同位素分析與元素分析來分析這些被吸收的元素。

Oritain 進行分析後，會產生一個數位版本的指紋，稱之為「Oritain 指紋」，然後將之儲存在該公司的資料庫內。

這個資料庫包含的 Oritain 指紋來自於產品與材質的樣本，這些產品與材質來自於：

- Oritain 收集的
- 以 Oritain 名義收集的
- 提供給 Oritain 的

據稱此資料庫包含的 Oritain 指紋來自超過 150 個國家數十萬的樣本。

特別的一點是，其中有數萬筆樣本來自 Welspun India¹⁹的供應鏈。Welspun India 是位於印度孟買的家用紡織品製造商，也是 Oritain 的合作夥伴。

企業組織如果希望 Oritain 驗證產品來源，需要提供：

- 產品供應鏈上各個不同階段的樣本
- 市面上的產品樣本

Oritain 為收到的每一份樣本產生一份 Oritain 指紋，並將之與 Oritain 資料庫中的其他 Oritain 指紋檢測比對，如果比對出相同的 Oritain 指紋，就可認證產品的來源屬實，並獲頒 Oritain 信任標章(Oritain Trust Mark)。

¹⁹ Welspun India 是印度孟買大型企業集團 Welspun 集團的一部分，集團產業涉及能源、家用紡織品、基礎建設、物流、油氣管及鋼鐵。油氣管是一種高強力的碳鋼管，用來輸送原油、石油產品、天然氣或水。

圖 5：Oritain 信任標章(Oritain Trust Mark)



資料來源：Oritain

環境、社會與公司治理(ESG)

利用 Oritain 產品溯源科技有助支持企業組織對 ESG 的承諾。這是因為 Oritain 的技術採鑑識科學，符合 Daubert 標準(Daubert standard)²⁰，因此獲得法庭的承認。Daubert 標準常被使用決定專家證人在法庭上的證詞是否被承認。

考慮到一些仿冒產品與不道德的供應鏈行為，在法庭上使用 Oritain 技術顯得特別重要。

就紡織業而言，紡織產品的供應鏈龐大複雜，難以規範，因此容易有偽劣與仿冒的產品。特別是劣級原料可混入高級原料中。還有，原料可能被其他材質混入或取代。

使用 Oritain 技術驗證自然材質來源有助預防仿冒的風險，因此可保企業的誠信，並保護消費者避免買到假貨。

²⁰ Daubert 標準是因美國最高法院對 Daubert 對 Merrell Dow 製藥公司一案的判決結果而經認可的。

2016 年美國連鎖折扣店 Target 進行一項內部調查，是關於該公司由 Welspun India(前述之印度家用紡織品製造商)供應的寢具產品的真實性。

該調查發現，有 75 萬張 Welspun India 的床單與枕頭套應該是使用埃及棉製成的，事實上是使用並非來自埃及的劣級棉製成。

經過這項調查，Target 終止與 Welspun India 的關係，並導致一堆其他的美國零售店，包括沃爾瑪在內，也終止與 Welspun India 的關係。

Target 公布調查結果後一星期，估計 Welspun India 的市值損失超過 7 億美元。

這項調查讓 Welspun India 措手不及，因為它不知道這些劣質棉是如何進入供應鏈的。為了重建信譽，Welspun India 與 Oritain 攜手，驗證產品製造過程使用的棉花來源。

在六個月內，Oritain 自 Welspun India 的供應鏈取得數萬份棉花樣本，以便驗證其來源。

這項合作結果認證了 Welspun India 的埃及棉床單的確貨真價實。Target 於 2021 年同意再度開始在店內銷售 Welspun India 的產品。

Oritain 的技術不但可驗證偽冒產品，也可驗證產品是否經過侵犯人權的生產過程。

特別是，使用 Oritain 技術驗證有機材質的來源，可支持負責任的採購，並辨識出供應鏈是否涉及現代的奴工制度。

例如，這項技術可用來執行「防止維吾爾人強迫勞動法」(UFLPA)規定的法令。企業可使用 Oritain 的溯源技術確認它們的產品不含有來自新疆的棉花，或是來自任何其他受到限制或禁止的地區。

SMARTEX

簡介

Smartex 是一家葡萄牙公司，專精於開發有助降低紡織業對環境衝擊的人工智慧(AI)科技。

該公司係於 2018 年由三個學生成立的。三人是在葡萄牙波多(Porto)大學攻讀碩士學位時認識。

Smartex 的兩項先驅產品彼此是互相搭配使用的，分別是：

- Smartex Core – 一項檢測紡織品瑕疵的裝置
- Smartex Loop – 一項產品溯源科技

SMARTEX CORE

Smartex Core 是創辦人之一 Gilberto Loureiro 在紡織業圓編針織業豐富的背景下開發出的成果。Loureiro 在針織廠工作時，親身見證到生產出缺陷紡織品對財務與環境造成的破壞性作用。

紡織業的品管檢查傳統上皆是人工進行，但是有許多紡織品的瑕疵是人眼無法看到的，因此，缺陷會被錯過，直到供應鏈的後段才被發現，往往浪費珍貴的資源。

此外，許多檢視執行時已太遲。例如，如果在產品生產批次末端時進行瑕疵檢查，並發現一個重複出現的瑕疵，那麼整個生產批次的產品皆要棄置。

有鑑於此，開發 Smartex Core 的目的是為了提供紡織業一個自動化的過程，在針織階段就能檢測出紡織品的所有瑕疵。

Smartex Core 是一項檢測紡織品瑕疵的裝置，可改裝至現行圓編針織機器上，包括圓筒機與開幅機。

此外，德國針織機器公司 Terrot 已調整其機器製造過程，以便讓該公司的 Terrot 與 Pilotelli 開幅針織機器可升級加裝 Smartex Core 裝置。

這項裝置的特色是有相機與照明系統，以 AI 操作，能即時辨識織物瑕疵。

當偵測到瑕疵時，裝置會自動錄製儲存在 Smartex 數位平台上的布匹的數位分身。

平台可經由智慧手機、平板或桌上型電腦讀取，因此，工廠可輕易找出瑕疵所在，避免影響到供應鏈的其他部分。

如果一個瑕疵重複出現，Smartex Core 裝置會自動關閉布匹製造過程，以防止廢料產生。

至 2023 年 7 月，Smartex 公司已售出超過一千台 Smartex Core 裝置，和全球超過一百家客戶合作，協助它們減少瑕疵紡織品的生產。

SMARTEX LOOP

在 Smartex Core 的成功之後，Smartex 公司面臨客戶要求提供追蹤供應鏈上布匹的方法。

此外，服裝品牌也擔負著提供供應鏈透明度的壓力，以推動紡織成衣產業邁向永續。

Smartex 公司因此開發出 Smartex Loop，這是一項能沿著供應鏈追蹤一匹針織布的溯源科技。

這項技術已應用在超過兩萬匹布料上，這些布料已被使用來製造許多熱門品牌的成衣。

Smartex Loop 技術適用於使用裝有 Smartex Core 裝置的機器生產的針織布。

對每一匹使用 Smartex Core 裝置針織機生產的布料，Smartex Loop 皆會產生一組獨特的 QR code，這個號碼印出後以熱壓方式應用在布料上，此一方式據稱讓條碼不會受到毀損。

圖 6：Smartex Loop QR code



資料來源：Smartex

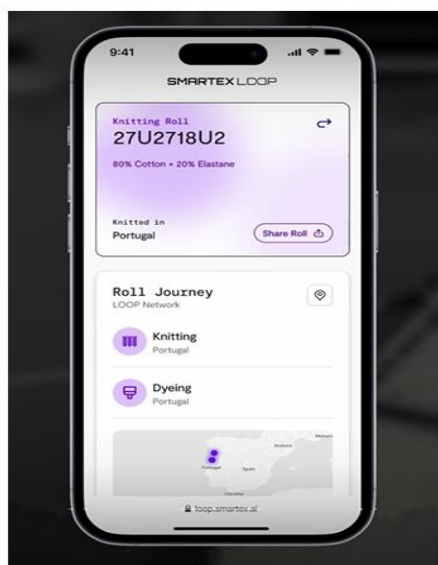
Smartex Loop QR code 適用於使用裝有 Smartex Core 裝置的機器生產的所有針織布，這類布料包含且不限於以棉、萊賽爾、聚酯、黏液纖維、混紡纖維及彈性纖維製成。

這類布料可使用未染紗、染色紗和/或麻花紗製成，也可有不同的針織結構，包括單面針織布、雙面針織布、網眼布及毛圈布。

Smartex Loop QR code 可用智慧手機或平板掃描，在 Smartex 數位平台上讀取布料的數位護照。

也可使用桌上型電腦經由 Smartex 的網址讀取數位護照。

圖 7：Smartex Loop 數位護照



資料來源：Smartex

數位護照免除人工收集資料與溝通的必要，並包含布匹供應鏈、生產及品管資訊。

因此，Smartex Loop 可追蹤存貨，驗證供應鏈上的生產設備，並提供降減廢棄物的資料。

此外，Smartex Loop 讓工廠得以辨識布匹的瑕疵，並追蹤這些瑕疵至相關使用的機器、工人或紗供應商。

特別是，工廠可讀取布匹的數位分身，分身是以 X 與 Y 軸的圖形呈現。利用此一圖形，工廠可辨識每一個瑕疵並精準找到瑕疵的位置。這些可辨識的瑕疵包括：

- 斷裂與彎折的針
- 斷裂的彈性纖維與斷裂的彈性纖維長短紋路
- 破洞
- 油漬、汗跡及條汗
- 沉片痕
- 紗髒汗、紗支厚薄不均

能辨識與找到每一個瑕疵，工廠就能有效率地處理瑕疵，因而減少供應鏈其他部分會發生的問題。特別是如果瑕疵與其位置在某些製造過程前就被發現，就可改正、消除或避免。

例如，如果染色部門在針織過程後採用去油步驟，就可去除油漬、汗跡及條汗造成的瑕疵。此外，一些紗的瑕疵可將布料重新染不同色彩的方法補救。

整體而言，Smartex Loop 可在紡紗、針織及染色步驟之間達到前所未見的品質管控與透明度。

甚至，如果供應鏈產生爭執，Smartex Loop 經由其追蹤能力，可提供無法駁斥的產品品質證明。

Smartex Loop 是分階段在不同的地理市場推出，給予市場足夠時間熟悉此一技術產品與服務，以便 Smartex 公司易於管理新客戶的加入。

Smartex Loop 最初是在葡萄牙與土耳其由十家客戶試用，一旦試用成功，Smartex 公司希望能擴展到亞洲市場。

展望

市場對產品溯源科技的需求已相當龐大，展望未來，這樣的需求一定仍會成長。

最終，紡織成衣業的廠商將需要採用系統性的產品溯源工具以回應消費者的要求、新的立法及市場動向的改變，無論企業所持的政策與承諾為何皆然。

產品溯源科技有能力提供紡織成衣業透明化與負責任的機會。特別是，採用產品溯源科技的企業將能提供消費者、投資者及監管機構各方均能相信的影響環境與社會的資訊。

此外，產品溯源科技也是建立有競爭力的商業模式不可或缺的工具。

依此，企業將需要樂於採納協作性的方式以有助資訊分享。不過，在實施上，這樣的方式並非暢通無阻的。採用產品溯源科技的主要障礙在於缺乏一致性。

一方面，企業有許多產品溯源技術的選擇，但另一方面，因為缺乏明確的藍圖可做出決策，往往導致困惑與惰性。

還有，對已投入產品溯源科技的企業，負擔會落到紡織廠與成衣廠的身上，它們需要在和企業相關的多重表單或數位平台上登錄特定的產品資料。

不過隨著時間以及對產品溯源的需求上升，期望未來能達成一套有著一致與可比較的度量與單位的產品溯源標準，提供業界通用。