

# AI 在紡織成衣價值鏈上的應用

2026 年 4 月

紡拓會編譯

# AI 在紡織成衣價值鏈上的應用

目 錄	頁次
摘要.....	1
緒論.....	1
設計.....	2
開發版型與試衣.....	3
永續性與成本.....	3
設計環節的主要系統開發者.....	4
製造.....	5
染整.....	6
成衣與家用紡織品製造.....	6
製造環節的主要開發者.....	7
配銷與供應鏈作業.....	8
優化物流.....	9
配銷與物流套裝軟體供應商.....	9
連結能力.....	10
目標不一致的阻礙.....	12

## 摘要

自動化與數位化正重塑紡織成衣產業的價值鏈，使之愈來愈趨向數據導向、積極反應及重視廢棄物的管理。特別是由於採用了 AI(人工智慧)，使得價值鏈上設計、製造及配銷的各個環節皆增加了效率。

在產品設計方面，運用 AI 能獲得的最立即效率來自於縮短了從概念到樣本的時間。然而，如果能將 AI 連結到商品的售罄率歷史資料，讓設計相關的決策能得到實際成功因素證明的支持，則效率更會翻倍。此外，AI 還能藉著將決策環繞著永續性與成本的考量正式化，更進一步協助改善設計效率。

在製造方面，AI 在三個面向可對機器效率有所貢獻：改善製程穩定性；減少瑕疵；以及在可能導致停機之前就預期到問題所在。另外，AI 也能支撐生產線的平衡，因為它會比人工規劃考量到的變數範圍寬廣得多。在染整的環節，AI 則有助降低資源消耗與能源使用。

AI 在配銷與供應鏈作業方面有可能促成一些最大的效率改善，反映出的事實是，服裝生產有許多成本是來自於規格不符、生產數量錯誤、或是持貨過久而需以折扣或複雜的物流清倉。透過路徑規劃、整合及例外管理，物流規劃可得益於 AI，AI 也愈來愈常用於風險感知，並進而建議其他路徑或調整生產優先次序。

欲獲得穿透紡織成衣供應鏈設計、製造及配銷等三個環節的最大效率，是將 AI 視為一種連結的能力，而不是一整套各自獨立的工具。然而，這尚未普遍實現。部分原因是因為紡織成衣價值鏈高度片段化的性質，每一個環節皆有不同經濟誘因。在單一系統裡連結各個環節需要一定程度的透明度，還需要轉向到一致的目標，並且願意接受妥協。不過，這條路徑是明確的。因為沒有組織能再承擔得起生產過剩、長期供過於求或無止境的降價帶來的低效率。

## 緒論

自動化與數位化正重塑紡織成衣產業的價值鏈，使之愈來愈趨向數據導向、積極反應及重視廢棄物的管理。這樣的價值鏈和片段式與依靠直覺指引行事的傳統產業模式形成對比。

原則上，設計、製造及配銷可連結在一起成為單一、一致的系統，可被認為是真正的人工智慧(AI)。然而在現實上，這個概念尚未被普遍實踐，也幾乎不是像行銷話語所說的「一個簡潔的端對端平台」。

事實上，AI 已成為各種相異的、以數據引領的技術的流行用語，雖然其中有多項技術已應用了數年，不過透過先進的演算法，均被賦予了額外的能力。

## 設計

在產品設計方面，運用 AI 能獲得的最立即效率來自於縮短了從概念到樣本的時間。傳統上設計師的工作多是以下列次序進行：

- 產生點子
- 開發版型
- 製造樣本
- 試穿階段
- 實現概念

這樣的過程往往耗時又耗材。

使用 AI 輔助設計工具(可被視為傳統電腦輔助設計(CAD)軟體的延伸)，可加速設計的早期階段。這類工具可依界定的條件立即產生各種配色、印花及廓形的變化，例如：

- 目標客層檔案
- 價格點
- 季節趨勢

關鍵在於，這些工具無須取代創意判斷，卻能卸除因一些次要改變而需無數次重製的重擔，讓設計師與採購人員得以在較早的階段就能達成一個強力的產品小型組合。

如果能將 AI 連結到商品的售罄率歷史資料與商品特質，因而讓設計的決策得到過往成功因素的證明支持，而非僅依喜好或直覺來決策，則效率更會翻倍。

## 開發版型與試衣

透過數據與模擬，版型開發會更有效率，一般的試衣問題也更易於辨識。AI 模型可自過往的打版與修改歷史學習，凸顯特殊布種或是供應商的特定設備會一再出現的合身問題。

當此項資訊結合了 3D 成衣模擬系統，實體樣本的數量需求就會減少，因為團隊可在第一個大樣產生前，以數位方式先評估立體裁剪、張力點及量身行為。

企業接著可將這些模擬結果與材料庫連結，材料庫可能會包含機械性能(物理特性)的細節。如此一來，數位模特兒變成真實產品表現的正確預知者，因此到最後階段比較不可能發生耗費成本修改的情況。

即使是在仍必須依賴實體樣本的情況下，AI 可協助團隊優先挑出那些不確定性最高的虛擬樣本，決定它們才是真正需要實體裁剪出的原型樣本，而不是將每一個款式皆視為從零開始。

## 永續性與成本

此外，AI 還能藉著將圍繞永續性與成本考量的決策正式化，以進一步協助改善設計效率。

例如，在選擇材料方面，設計師往往面對在合規需求、手感、耐穿性與價格之間的取捨問題；他們對自己的決定對下游的影響所知有限，諸如染料化學性的限制、交貨期或最小訂單量。

使用 AI 導向的系統，讓設計師較易提議符合功能與法規需求的布料與輔料，同時也可強調這些材料與供應商表現的亮點。

如此有助降低下列情況的發生次數：

- 最後一分鐘的材料替換
- 供應商談判回合
- 由於配件量產的不可行導致設計拖延

## 設計環節的主要系統開發者

數位產品設計、打版工程及產品生命週期管理(PLM)方面的系統供應領導者之一是 CLO 公司，總部位於首爾，提供 3D 成衣模擬與虛擬原型的程式。

這些程式對於想要減少實體樣衣、並將所有團隊的 3D 設計標準化的品牌特別有用。

一些使用 CLO 技術的大品牌包括 adidas、愛馬仕、HUGO BOSS、INDITEX、PRADA 集團及 THE NORTH FACE。

另一家供應商是 Browzwear，總部位於新加坡，宣稱有超過一千家機構使用其 VStitcher 平台。該平台係以其「一穿即合」(fit first time right)數位產品設計程式為基礎。

VStitcher 是一個「成衣設計與模擬的數位環境」，讓設計團隊得以近乎反映實際打版、構成及試穿行為的虛擬方式製作、測試及修飾成衣。

VStitcher 從真實的 2D 版型開始，設計師與技術團隊運用它輸入或起草版型，就像進行實體製作的方式一模一樣，然後以數位方式將它們縫製在一起，在虛擬的人體上製作出一件 3D 成衣。

這點區別很重要，因為它的 3D 輸出是建立在實際製作的基礎上，因此，接縫與布紋線<sup>1</sup> 就會和在裁剪台上面的情形一樣。

在從 2D 到 3D 打版方面，總部位於巴黎的 Lectra 公司，其產品 Gerber AccuMark 至今仍是業界打版與相關製程歷史最悠久的電腦輔助設計工具之一，現在則發展成為一套 2D/3D 整合的套裝系統。

Lectra 的另一項產品是 Kubix Link。這是一個集中產品資料的雲端平台，有利於橫跨產品系列設計與開發的協作，其明確的目的是要將產品資料管理與企業其他的系統接合。

---

<sup>1</sup> grainline 係指布料上顯示紗線方向的一條線。這條重要的線可確保布料在裁剪縫合時方向正確，因為這會影響到成衣垂墜與伸展的效果。遵循布紋線有助維持最終成衣想要的形狀與垂墜感。

總部位於加州的供應商 Centric Software，將其領導性的 PLM 套裝產品定位為串接產品的設計、開發及採購的一種方式，並將之與關係密切的環節例如企劃與價格連結，成為一條實用的路徑，達到帶有商業考量的同步化設計決策。

## 製造

紡織成衣的製造有「極多可測量變數」的說法，這涉及機器速度、布料張力、溫度、濕度、瑕疵率、耗能量、操作者介入及作業轉換時間等。因此，AI 在三個面向可改善機器效率：

- 改善製程穩定性
- 減少瑕疵
- 在可能導致停機之前預期到機器問題

在紡織廠裡，預測性維護模型得以分析振動特徵<sup>2</sup>、監督目前模式與感測器飄移<sup>3</sup>，因此可提早警示零件磨損、錯位或潤滑問題。

如此可讓團隊在計畫的框架內排程維護作業，而不是在機器當機後反應式地停止生產線。整體而言，設備的有效性改善，可減少因倉促的修理、品質問題造成重新作業及出貨延誤等所產生的隱藏性成本。

品質管控是另一個因為 AI 效率可大幅改善的部分。傳統上成衣的檢查作業是勞力密集且往往是主觀的判斷。電腦檢視系統現在可以遠超過人工檢視的速度，根據一致的標準，辨識出諸如破洞、紗節、色斑、色澤不均及織紋不規則等瑕疵。

其好處不僅是挑出瑕疵，而且是及早挑出，可預防廢棄物的產生，而不是製造完成後才發現瑕疵。

---

<sup>2</sup> 預測性維護模型藉著例如加速計的感測器監督機器裡旋轉零件的高頻率振動，包括馬達、軸承、紡錠及齒輪箱。這些模型依據機器正常運作振動特徵來察覺、測量並分析出現的變異情況，以便在數星期或數月之前即能辨識出潛在的機器故障。

<sup>3</sup> 感測器飄移係指感測器輸出信號隨時間逐漸偏離真實值，會導致測量精準度下降、系統誤報或過程失效。

將瑕疵檢測連結到生產參數時，AI 還可提供可能的根本原因。這有助於終止檢測與修正的循環，將品質管控從事後修正轉變成一個持續管理的過程。

## 染整

在染整的環節，AI 模型可優化染料配方，監督染浴情況，並察覺到「漂移」<sup>4</sup>的現象。這種現象發生時必須重染，這是最昂貴與最耗資源的重製作業之一。

藉著穩定的過程與減少變化，紡織廠得以在第一時間達到接近目標的色彩，因而改進生產力並降低資源消耗。

在後處理作業方面，AI 有助微調一些參數，例如拉幅定型機溫度檔案或是機臺停頓時間(視特定布料性能與周遭大氣環境而定)，因而可改進一貫性，並降低會耗費能源的謹慎設定的需要。

## 成衣與家用紡織品製造

成衣或家用紡織品製造效率的提升往往倚賴規劃與生產線的平衡，這個領域一直受到款式變化、操作員技術及訂單波動的限制。

AI 驅動的規劃工具在這方面有所助益。特別因為這類工具可產生更為健全的排程，因為能考慮的變數範圍較人工規劃能處理的範圍要寬廣得多。這類變數包括：

- 作業轉換成本
- 瓶頸作業
- 技能評估
- 即時監督進行中的工作
- 對多個客戶的交貨承諾

當訂單改變，這類由 AI 驅動的系統可迅速優化作業，而不是依賴規劃者以人工方式重新建立排程，避免延誤及無意間產生的廢棄物。

此外，藉著規劃周全的操作員工作指派與工作站排序，AI 得以支撐生產線的平衡，以減少停機時間與停工狀況。其目的是不將人員視為可機動互換的部分，而是利用數據：

---

<sup>4</sup> 漂移(drift)係指布料在染色時因為拉力的些微變化造成過度染色或染色不足的情況。

- 產生更順暢的作業次序
- 達成更可預測的結果
- 減少生產線尾端成品暴衝的次數

### 製造環節的主要開發者

在製造方面，通用性製造執行系統(MES)的專門開發商提供技術予紡織廠及它們的供應商，以便附加在機器製造商自己開發的特定機器規劃與品質系統上。

專用 MES 系統最知名的供應商之一是德國西門子(Siemens)公司，提供跨越全球各地多個製造作業基地的即時可視度與管控系統。

另一提供內建 AI 與端對端製造執行能力的雲端 MES 系統的主要開發商，是位於德國的 SAP Digital Manufacturing(思愛普)；而法國達梭系統公司(Dassault Systèmes)的 Delmia 製造作業平台，普遍被用於 MES，並使用即時數據驅動生產力與品質的改善。

在家用紡織品方面，瑞典的 ACG Kinna Automatic 是開發完全由 AI 驅動的枕頭與棉被生產線的先驅，從填充材料的處理與拆開和全線的布料輸入，到縫合、數位品質管控及包裝，皆由機器人生產。

在成衣製造方面，英國的 Coats Digital 是成衣產業最知名的大咖之一，擁有一套名為 FastReactPlan 的系統。這是特別為成衣生產所設計的系統，統合關鍵路徑規劃、方法-時間-成本的優化、車間可視度及品質管理，讓工廠得以快速確認訂單並更可靠地規畫生產。

另一家瑞典公司 Eton Systems 則製造單元生產系統<sup>5</sup>，此種系統對數以千計的成衣與家用紡織品產品線的生產力有正面影響，現在已由 AI 能力的加持而更為強大。

Eton Systems 設備包括可個別處理產品的運送工具，其目的在移除人工運輸，將人工處理減至最少，因而節省生產時間，大幅降低從訂單到成品的交貨期。

---

<sup>5</sup> 單元生產系統(UPS)，是一種電腦控制、自動化的吊掛輸送系統。

一個 Eton Systems 的單元生產系統(UPS)一天可處理超過一萬件的產品，每一件皆有自己的識別碼，這使得產品在生產的各階段順序間移動時，全程皆可完全追蹤。

一項自動的緩衝系統使得產品能在生產過程中以「及時到達」的方式，移動到每一個階段。

### 配銷與供應鏈作業

AI 可解決一些配銷與供應鏈作業效率改善的問題，這是因為服裝生產有許多成本來自於：

- 規格不符
- 生產數量錯誤
- 持貨過久而需以折扣或複雜的物流消除存貨

AI 模型統合歷史銷售紀錄、定價、促銷、氣候、網路流量、社群訊號甚至於當地活動，得以產生的預測，較傳統時間序列的方法更詳盡與更適應需求。其目的是：

- 避免熱門系列缺貨
- 避免冷門產品生產過剩
- 補貨更為穩定與有效
- 降低因應式運送成本

這樣得到的預測結果，自然延伸達到優化存貨的結果。AI 可建議保持多少存貨，存在何處，何時將之分配到不同銷售通路，在服務水準和運送成本與降價風險之間取得平衡。

在全方位銷售通路<sup>6</sup>的環境下，可包括訂單路徑智慧規劃的決策，涉及電子商務訂單是否應由某個配銷中心出貨，或是自接近顧客地點的店面、存貨狀況及人力的考量來出貨。

AI 也能支援機動的定價與降價策略，可讓存貨的銷售較少有劇烈的折扣，因此改進利潤效率，同時降低作業上需一再重複再次定價的循環。

---

<sup>6</sup> 全方位銷售通路係指實體店面、行動裝置及線上。

## 優化物流

透過路徑規劃、統合及例外管理<sup>7</sup>，物流規劃可從 AI 獲益。演算法可提出出貨計畫，最大化貨櫃滿載容量，因而：

- 減少部分載貨的次數
- 生產準備作業完成後更有次序地出貨
- 避免當產品延遲完工而必須以小規模、更快速地出貨所造成的低效率。

在倉儲方面，AI 可優化揀貨路徑規劃<sup>8</sup>與人力規劃，因而去除不需要的行動。

AI 也愈來愈常用於風險感知，及早發現物流中斷跡象，譬如港口壅塞、供應商延誤或地緣政治事件，並因而建議其他路徑或調整生產優先次序。

## 配銷與物流套裝軟體供應商

加入 AI 功能的最新配銷規劃套裝軟體，可追蹤變化多端的需求模式，協助做出關於存貨、存貨配置<sup>9</sup>、補貨及完成需求的決策，並透過倉儲與運輸可靠地執行這些決策。

這個環節的主要供應商有：

- 美國的 Blue Yonder
- 美國的 o9 Solutions
- 加拿大的 Kinaxis

Blue Yonder 的核心能力在 AI，以及機器學習導向的供需規劃和存貨優化。

o9 Solutions 提供的系統強調「企業數位大腦」，能統合數據與模型來規劃各種狀況、平衡供需，以及在不同功能間做出決定。

---

<sup>7</sup> 例外管理 (management by exception, MBE) 強調找出偏離常態的情況並處理之的商業管理方式。

<sup>8</sup> 揀貨路徑規劃 (pick path optimization) 是為倉儲人員訂單揀貨設計出最有效率、最短的路徑，以便減少移動時間與人力成本。利用演算法分析貨品位置、訂單優先性及揀貨員位置，可最小化壅塞情況，提升生產力及改善訂單正確執行率。

<sup>9</sup> 存貨配置意指橫跨網絡來指定、預留或配銷可用存貨的策略過程，以有效滿足客戶需求。內容涉及決定產品應在何處儲存及數量多少，例如在特定地區的倉庫，在零售店面，或是為了特定線上銷售通路，以預防缺貨或庫存過多。

Kinaxis 以同步規劃最為知名，基本上是讓組織內許多部門以一套共享、持續更新的資料集(data set)來工作，以便對作業中斷迅速反應。

就倉儲管理而言，最知名的領導者是美國的 Manhattan Associates，其系統提供所有作業的概觀，有助即時的績效管理。隨著訂單變得愈來愈小且益形複雜，需更快的反應，這些系統遂變得愈來愈重要。

在現實上，多數大型成衣企業採用一種組合式系統，包括：

- 規劃與配置的平台
- 倉儲作業執行的平台
- 運輸平台
- 企業資源規劃(ERP)的支柱與整合層，由市場領導者譬如 IBM 或 Microsoft 提供

### 連結能力

跨越紡織成衣供應鏈設計、製造及配銷三個環節，如果將 AI 視為一種連結的能力，而不是一套各自獨立的工具，就可達到最高的效率。

然而，如緒論所言，這尚未成為事實。一個常被認為是完全連結作業的例子，是總部位於新加坡的服飾電商 Shein。

Shein 的系統建立在一個即時、AI 驅動的需求迴圈，在循環圈中，小包產品先被釋出，然後 AI 會分析銷售、點擊次數、甚至消費者在線上商品的停留時間，之後系統產生一個近乎立即的需求訊號，訊號會自動引發再度下單，指揮製造，優化物流，這一切皆涉及最少的人為干預。整個企業的運作皆建立在這種經過整合、數據驅動的系統上。

然而，數十年來，ZARA 也一直在使用一種緊密整合的系統，收集零售店銷售內容的資料，並將資料直接與內部設計設備及鄰近工廠連結。

今日，AI 加快了 ZARA 這套系統的脚步，它是藉著分析更大量的複雜資料點，以做出更快與更正確的生產決策。

許多其他品牌與零售器具備成熟的產品生命週期管理(PLM)系統，將產品設計與開發和採購與成本計算連結在一起。

在生產方面，先進的製造商皆在布署製造執行系統(MES)與 AI，以優化生產與品質。

在商業方面，零售商愈來愈依賴 AI 驅動的需求預測、配銷、及定價引擎。

面臨的挑戰則是，這些系統傳統上是為局部優化而設計，而不是為了系統性的回饋。因此，供應鏈上不同環節的資料結構往往不同，由不同的團隊擁有，以不同的頻率更新，很難讓 AI 模型「橫跨整個價值鏈學習而非在單一環節內學習」。

不過今日在能管控或至少強力影響供應鏈上多個環節的企業內，通常皆已實踐部分整合了。

例如，垂直整合的成衣集團，就有能力將設計時程直接連結到工廠產能與配銷規劃。在這樣的環境下，店面或電商平台的需求訊號就能啟動調整生產排程，同時工廠的績效數據會將布料或色彩的複雜性與選擇回饋到未來的設計決策。

但甚至到這個程度，整合往往仍是透過介面與資料湖<sup>10</sup>的拼接而成，而不是真正統一的系統。

AI 從現有的工具協調與評估資料，調和輸入與輸出資料，而不是替換資料。

就紡織機器與製程技術而言，已有一些結合的初步跡象。現代機器產生的數據較以往的機器多得多，一些供應商開始使用這些數據，不僅是做為維修或效率工具，而且是做為更大範圍的「生產智慧層」的一部分。

在有些情況，機器數據可和諸如訂單資訊、布料規格及出貨承諾日期同步，就可讓生產決策更趨近下游需求。

雖說如此，但這類數據很少無縫融入品牌或規劃系統的決策中。商業敏感度、數據所有權的憂慮及缺乏共享的標準等，皆是不同型式的阻礙。

---

<sup>10</sup> 資料湖(data lake)，低成本的資料儲存空間，用於處理大量任何形式的原始資料，包括結構化、半結構化及非結構化資料。

應用於供應鏈不同環節的各個軟體程式之間的連結，最先進的例子比較傾向是個案使用需求帶動的，而不是跨越一個公司所有產品與製程系列的連結。

一個普遍的例子，是由需求驅動的核心或熱賣產品的補貨系統。方式是在配銷階段將 AI 預測直接與「啟動製造」功能連結，因而縮短生產週期，維持低存貨水平。

另一個例子是數位產品開發，在下游重複利用 3D 設計資產，以節省成本，減少打樣，甚至包括行銷內容，因而能在「設計意圖」與作業執行之間產生一貫性。

在這兩個例子裡，只有在整體業務一個明確的片段裡才會用上開發的軟體程式與系統。

### 目標不一致的阻礙

完全統合的系統尚未出現的另一個阻礙在於，紡織成衣價值鏈有高度片段化的特質，每一個環節皆有不同的經濟誘因。希望優化機器利用率的工廠，不會自動從希望改善降價風險的品牌處獲利，即使雙方在商業上是連結的。AI 不會自動移除這些不一致。

此外，許多企業仍掙扎於單一功能內的基礎資料品質與管理，遑論跨越多個夥伴的連結。缺乏一致可靠的資料，端對端的 AI 連結仍屬空談。

同時還有一個文化層面的顧慮。在一個系統裡連結各個環節需要一定程度的透明度，有些企業對這一點覺得不自在。例如：

- 設計團隊可能強烈抗拒建立在工廠數據上的限制
- 製造商可能意識到會暴露缺乏效率的缺點
- 商業團隊可能不信任預測，因為他們認為預測是受到生產限制產生的結果

真正的統合不僅需要技術，還需要轉向到一致的目標，並且願意接受在系統層級的妥協，而不是執著於局部的優化。

儘管有這些限制，路徑是明確的。藉著使用雲端平台、標準化的資料模型及 API(應用程式介面)驅動的架構，比較容易將原本並未設計讓彼此溝通的系統相連結上。

AI 模型本身則變得較能處理雜訊、不完全的資料，因此減輕了統合的負荷。與此同時，與速度、永續性及資本效率相關的商業壓力，促使企業尋求價值鏈上各方之間更緊密的協調。

幾乎沒有人能再承擔得起生產過剩、長期供過於求或無止境的降價帶來的低效率。

簡而言之，一個能連結設計、製造、配銷的單一、端對端系統，在策略上迫切需要，在技術上也是可行的。

對現行情況最貼切的形容，是一連串相連接的孤島，而不是一整塊大陸。不過，隨著誘因齊一化，資料基礎強化，這些孤島有可能隨著時間合併在一起。

當此發生時，AI 將比較不會是領銜的技術，而比較像是隱形的基礎建設，無聲地確保在紡織成衣價值鏈一端所做的決策，不論是針對成衣用或家用紡織品的市場，在現實中皆能在另一端穩定立足。