

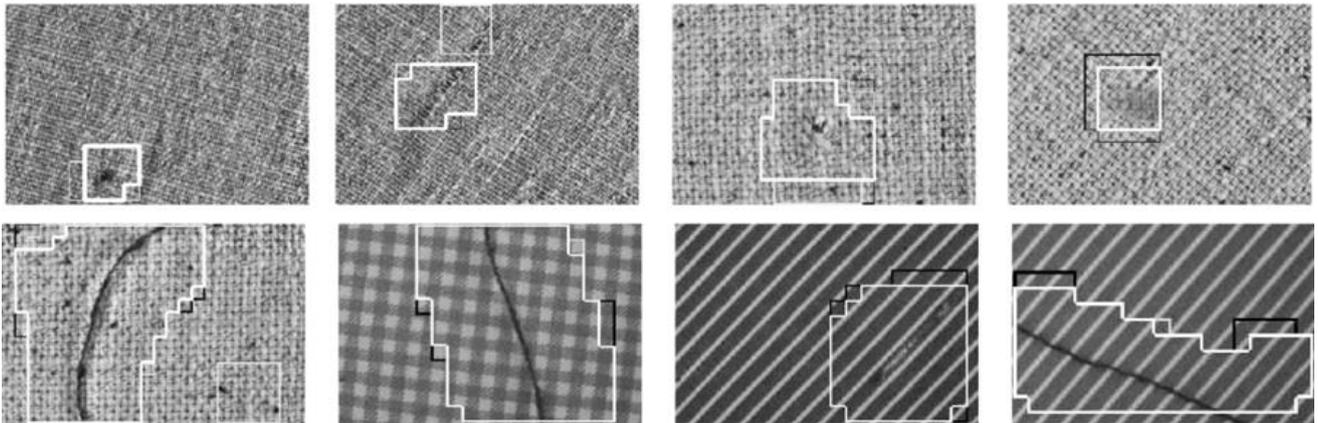
機器視覺改變紡織業製造生態

台灣亞太產業分析專業協進會 107 年認證產業分析師 陳冠宇

一、機器視覺技術提升紡織品瑕疵檢測效率

品質與成本向來是紡織工業競首要考量的生產因素，製造商能否能以低成本持續提供高質量的紡織品，是紡織廠維繫競爭力的關鍵，此時內部的品管流程就至關重要。現今布廠的質量控管多以生產後人工檢驗為主，不僅耗費人力、漏檢率高，瑕疵品送回重修也浪費材料使用，甚至拖延到交期。因此，倘若在紡織品生產過程中即投入布料檢測，不僅可及早發現織品的表層或結構瑕疵，確保製造時的產品質量，亦可即時找出並糾正製程上的錯誤，避免瑕疵點重複發生，並減少於物料的浪費。

然而，紡織品原料的種類繁多，分為天然纖維（如：棉花、羊毛、蠶絲、麻），以及合成纖維（如：耐隆、聚酯、彈性纖維、螺縲等）；應用範圍也非常廣泛，可作為服飾、保暖/防護材質、醫療材料、汽車內裝或居家裝潢等用途，其製造方式各有不同，大大提高品管的難度與瑕疵品產生的風險。布料可見或不可見的瑕疵，其背後的成因複雜且難以追溯，可能出自原物料的不良材質，或是製造過程的缺失。瑕疵可能出現在織造（整經、漿紗、併經、織造）、染色、整理等過程，面對紡織產業的長供應鏈，過程中只要有一個環節或一條紗線出錯，製成的產品就會是不良或次級品，輕則減損布料的美感、機能，重則引起後續客訴、賠償、信譽等問題。



資料來源：Dmitry Chetverikov, 2000

圖 1 布料結構瑕疵的偵測

為此，許多系統商提出了自動化布料檢測解決方案，運用機器視覺系統（Machine vision systems）協助紡織廠確保製造時的產品質量。機器視覺使用工業相機鏡頭與圖像處理軟體協作，來辨識布料的品質，作為廠商生產決策的依據。由於布料在生產線上的移動飛快，速度有時高達每分鐘 120 公尺，因此更適合使用機器視覺來輔助檢測。此外，機器辨識全年無休，減少了大部分生產後人工檢驗的需求，可維持高度的性能與品質一致性，確保廠商的穩定營運。

線性掃描（Line scan）檢測鏡頭，越來越常用在檢驗紡織品的瑕疵。線性掃描使用單一、線性的像素，可以針對進入攝像範圍的布料，產出連續的二維畫面。線性掃描相機的優勢，是在移動速度可預期的生產線上，處理連續經過的布料，穩定偵測樣式、顏色、材質與其他面向的瑕疵。與傳統的區域性相機（Area camera）相比，線性相機掃描高速移動的物件時，更能產出更清楚的畫面，畫面分析的效率更高，且處理像素的成本更低。

傳統上，紡織業者要捕捉產線上的布料畫面，是使用單一線性掃描儀，或將多個線性掃描相機排成一排，搭配狹長的光線為生產線照明。相較之下，新型的多線路掃描相機，可以與不同的 LED 光源組合，在布料的長、寬距離內來回移動，偵測各種生產瑕疵。

理想中掃描用的照明光線，應該在各個區域保持一致，且光源的強度要夠強。目前的高端線性掃描相機，有能力修正光線的不一致問題，但光源強度仍要達到水準，才能減少線性掃描的畫面整合時間。整合時間越短，就越能避免高速移動造成的畫面模糊，產線上的布料也能維持快速的移動。

線性相機的掃描資料，可用來繪製二維圖像，或自動建立瑕疵位置圖，指出布料表面上的瑕疵位置。品管員可參考這些資料，確認瑕疵位置是否正確。常見的瑕疵問題包含水漬損傷、錯誤印刷、異質纖維和油漬等，而畫面處理軟體會分析上述的二維影像或瑕疵位置圖，建立紡織品的虛擬剪裁藍圖。在真正剪裁布料之前，剪裁藍圖可幫助廠商優化布料，減少瑕疵產出，再進行成品運送。

二、機器視覺應用發展

1. Uster

瑞士全球領先的纖維到織物質量管理解決方案的供應商 Uster，於 2018 年 4 月收購自動化織物視覺檢測系統供應商 Elbit Vision Systems (EVS)，將 EVS 視覺辨識技術整合入 Uster 品管系統中，推出三個自動化解決方案：Uster EVS Q-Bar（織物質量監控系統）、Uster EVS Fabriq Vision（織物質量保證系統）、Uster EVS Fabriq Shade（織物色澤優化系統）。

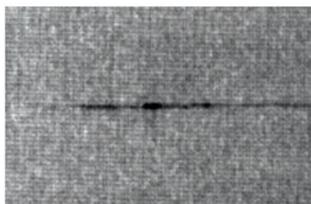
Uster 多年於織物品管系統的投入，加上 EVS 視覺辨識的專業技術經驗為 Uster EVS Q-Bar（參見圖 1）的設計帶來許多優勢。Uster EVS Q-Bar 架於織布機台鋼筋的正後方，這是能及早檢測出織物瑕疵的理想位置，意味著 Uster EVS Q-Bar 能夠快速響應並避免出現連續或重複的瑕疵，警報和停車信號也使操作員能夠立即做出反應以糾正織機上的錯誤。Uster EVS Q-Bar 織物檢測儀內置的紅色 LED 燈可以指示操作員瑕疵點的確切位置，裝置側面的指示燈則顯示系統的狀態。檢測到的瑕疵會進行分類及存檔，每個布卷都會建立一個「瑕疵點圖」，顯示於可視化觸控屏幕上，供使用者隨時調閱查看。



資料來源：Uster

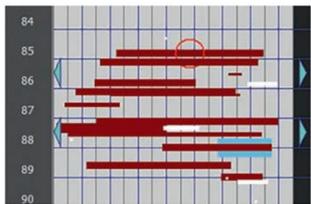
圖 2 Uster EVS Q-Bar

Uster EVS Fabriq Vision (織物質量保證系統) 透過在製造過程中和最終檢測中使用穩定高效的自動視覺瑕疵檢測來確保紡織品的品質，減少了昂貴的人工檢驗需要，目前提供紡織品與不織布兩種版本。在檢驗過程中為準確定位瑕疵點和剪切點的確切位置，Uster EVS Fabriq Vision 使用紅外標記器在疵點織物邊緣放置隱形標記。紅外油墨作為同步點被添加到織物上，相冊視圖生成之後，疵點圖與剪切控制 (OCC) 同步，然後 OCC 在不良織物計劃剪切點處精確自動停止剪切台。激光指針在剪切過程中亦會指出瑕疵點的確切位置，有助於操作員立即找出瑕疵點，並在最終檢驗時更有效的修補和標記。用戶可以為不同類型的織物設定的質量標準，提高分級過程的效率。(參見圖 3)



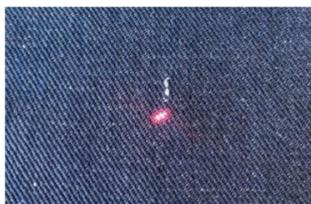
- 紅外標記器，提供準確的和隱性疵點定位

為了準確定位瑕疵點和剪切點的確切位置，USTER使用紅外標記器在織物邊緣放置隱形標記。這會在之後與剪切台同步的過程中使用到，這時紅外傳感器會檢測到隱形標記。



- 具有優化剪切控制 (OCC) 功能的剪切台

在檢驗過程中，紅外油墨被添加到織物上作為同步點。相冊視圖生成之後，瑕疵點圖與OCC同步，OCC在不良織物計劃剪切點處自動精準裁切，提高織物剪切過程的準確性和效率。



- 激光指針協助操作員找出瑕疵點確切位置

激光指針在裁切過程中指出瑕疵點的確切位置。這有助於操作員立即找出瑕疵點，並在最終檢驗時進行更有效的修補和標記。

資料來源：Uster

圖 3 Uster EVS Fabriq Vision

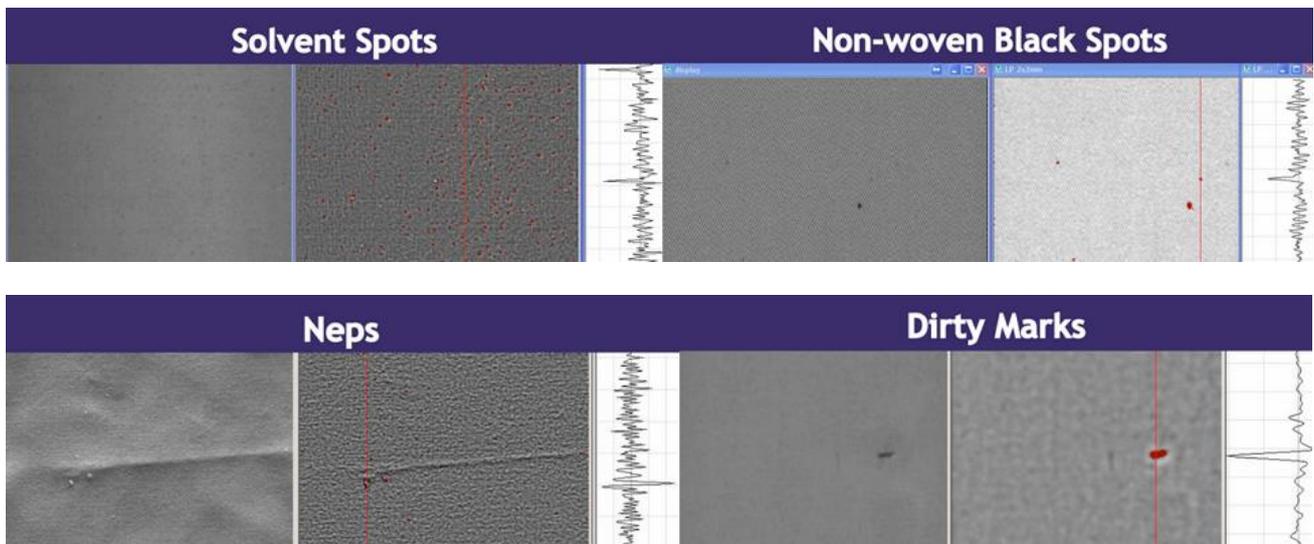
Uster EVS Fabriq Shade (織物色澤優化系統) 可監控色澤變化，協助織物生產商在最終產品維持恆定的色調。Uster EVS Fabriq Shade 結合橫向分光光度計和訊息處理功能，監控直接在系統上完成，無需剪切織物，降低採樣的成本和工作量。系統提供標準 CIE L*a*b 色澤測量或 CMC ΔE 計算，所配備的分光光度計的精度為 $0.1\Delta E$ ，能比較十種不同的光源 (A、B、C、D55、D75、TL84、F2、F2CWF 和 FI2U30)。

Uster EVS Fabriq Shade 能根據客戶要求持續控制色調變化，系統提供多種分類選項。為確保各批次具有最佳的色彩一致性，系統基於 5-5-5 色彩匹配方法，根據色澤提供分組選項。

2. Shelton Vision

Shelton Vision 推出機器視覺和檢測系統 WebSPECTOR，可以自動化檢測織物缺陷並提高回報率。Shelton Vision 採用最新高端 CCD（Charge-coupled Device，電荷耦合元件）和 CMOS（Complementary Metal-Oxide-Semiconductor，互補式金屬氧化物半導體）芯片的工業線陣、面陣高清相機，最高可以達 100~120 米/分鐘車速自動檢測，相機具有自動補光功能，使成像在暗色中表現一樣卓越。每個攝像頭設置 26 種演算法識別出布面上的異常，並以多形式的過濾機制消除檢測時發生的錯誤與誤判，提高檢驗的準確性，再透過機器學習完成對瑕疵點的定義、分級與打分。

WebSPECTOR 使用訊號雜訊比（Signal-to-noise ratio，縮寫為 SNR 或 S/N，簡稱信噪比）來檢測缺陷（參見圖 4）。圖 4 顯示每個缺陷及其對應的信噪比圖形，當檢測到瑕疵點發生時，會出現相對於一般狀態下更高峰值的波動。



資料來源：Shelton Vision

圖 4 布料瑕疵與對應之信噪比圖

在檢測過程中，Shelton Vision 的成像技術能生成布捲的瑕疵點全息圖與錄像，並定義可視化的品質標準，消除人的主觀性，減少投訴發生；所有資料都被記錄在資料庫中，有助審視結果及追溯偏差成因，並透過過濾特定瑕疵點，分析其分佈規律，進而改善工藝。WebSPECTOR 目前可用於檢查各種用途之針織和梭織布料（如西裝、高機能服裝、運動服、工作服等），

3. 香港理工大學

香港理工大學（Hong Kong Polytechnic University, PolyU）結合大數據、人工智慧（AI）與深度學習，研發出一套智能布料瑕疵檢測系統「WiseEye」，協助紡織業者進行品質控管，減少產出不合標準的布料。

系統搭載高能 LED 燈管和高畫質 CCD 攝像鏡頭，架設在軌道上，由馬達驅動回捕捉梭織布織造過程中的全幅影像，取得的畫面經預處理後作為 AI 視覺演算法的學習資料，進而找出瑕疵布料。品管過程同步取得即時訊息進行數據分析，若發現瑕疵品，警報會適時顯示。

檢測流程分兩階段：首階段為學習不同布料的種類及紋理結構；第二階段為測試紡織品有否瑕疵。WiseEye 目前可應用於大多數不同編織結構與單色布料，以 0.1 毫米/像素的高畫質準確偵測出 40 種常見的布料缺陷，包括錯色、錯密度、污漬、錯組織等瑕疵。

經過實測，結果顯示與傳統人工檢測相比 WiseEye 可減少 90% 製造出不合標準布料的機率，降低過程中所造成的布料損失及浪費，迅速找到問題所在做修正，亦減少人力耗費成本，強化自動化管理。

三、結語

機器視覺系統幫助紡織業者在生產階段即開始監控，減少大部分生產後人工檢驗的需求，並確保後續產品的生產質量，大幅降低次級品的產生和減少材料損失。據統計，高效的在機自動瑕疵檢測能節省 45~65% 的成本投入，不僅幫助紡織製造業者保持市場競爭力，也有助於推

行永續產業生態。此外，機器視覺系統產生的全息圖將織造時的品質資訊完全透明化，實現訂立可視化品質標準的可能，減少與客戶間對品質理解的差異，避免誤會與糾紛的發生。

機器視覺的紡織檢測，會是紡織業踏入 AI 領域的起頭，預計相關投資能幫助紡織業者提升生產品質，同時壓低成本，可有效回收成本，並吸引更多業者嘗試 AI 技術。然而，機器視覺影像處理系統仰賴大量的原始資料累積，才能進行完善的機器學習；另一方面，同時精通紡織領域與機器視覺（以及 AI）的雙專業人才非常缺乏，且 AI 與不同系統間的整合，也會是個大工程，必須持續投入大量時間、金錢和專業人力，才能真正落實機器視覺檢測與 AI 技術於紡織業的應用。

四、參考文獻

1. Glen Ahearn(2018), "A New Look: How Machine Vision Is Changing Textile Inspection", <https://possibility.teledyneimaging.com/a-new-look-how-machine-vision-is-changing-textile-inspection/>
2. WTIN (2019), "Uster launches Q-Bar 2 and Fabriq Expert at ITMA 2019", https://www.wtin.com/article/f2f/2019/june/24_6_19/uster-launches-q-bar-2-and-fabriq-expert-at-itma-2019/
3. Uster 官網，<https://www.uster.com/en/>
4. Shelton Vision 官網，<https://www.sheltonvision.co.uk/>
5. 香港理工大學 (2018)，〈理大研發以人工智能令紡織品質量檢測自動化〉，https://www.polyu.edu.hk/web/tc/media/media_releases/index_id_6584.html

(本文作者為紡織所執行產業技術基磐研究與知識服務計畫產業分析師)

原文出處：ITIS 智網<http://www.itis.org.tw/>