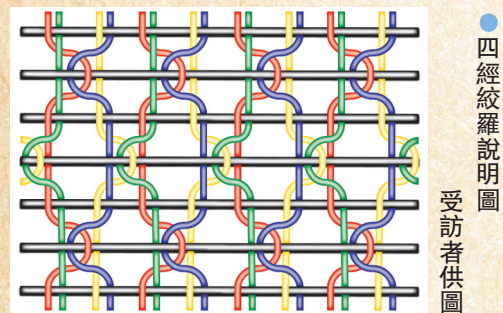


機械重現古法紡織 工藝傳承拓新天地

理大盼將「四經絞羅」自動化生產 古老技術製出高透氣運動服



●織布機緯紗裝置。香港文匯報記者郭木又攝

●四經絞羅說明圖 受訪者供圖

3D 掃描重建纖維結構 體會古人紡織技術思維

紡織服裝考古學是透過研究古代紡織品和服飾，以掌握各朝代文明水平、審美觀念及社會發展等訊息。然而，珍貴紡織品出土後極其脆弱，妥善保存的技術難度和成本也高，令考古學家感頭痛。香港浸會大學歷史系副教授李建深，針對戰國時期楚國出土絲織品作系統研究，構思出用三維掃描重建紡織品的纖維結構，其結合生物材料學技術，以類絲蛋白加固脆弱纖維，並配合控溫控濕、防蟲防霉管理，有望為考古學界建立古代織物從出土到長期保存的標準流程。

絲織品由蠶絲所製，環境中的溫度、濕度、水分，以及避免生物劣化使其蛋白纖維分解，均是保存的關鍵。李建深及其團隊在研究戰國時期楚國出土文物時，發現這些絲織品雖距今約2,300年，完整度卻罕見地高，這主要受惠於湖北戰國墓葬屬高地下水位區域，加上墓室的「白膠泥」特殊土壤構築，結合形成天然低氧的保護屏障，使蛋白纖維免於快速氧化，「即使經過2,300年，文物的紡織結構仍清晰可見。透

過顯微鏡觀察，可辨識經緯交織的方式，如『一上一下』平紋、『一上二下』斜紋等，為復原古代織造工藝提供了直接證據。」

自2017年起，李建深團隊與湖北省博物館持續合作，在時任館長方勵支持下開展研究，團隊獲允許進入庫房接觸實物，並使用館內設備進行多景深攝影與材料檢測等，又獲提供邊角料樣本，用於絲纖維加固等模擬實驗。

試用蛋白溶液加固修復紡織品

另一方面，團隊與香港理工大學的紡織團隊合作，使用其拉伸、壓縮與密度測試等專業設備，又與浸大生物系教授一起，嘗試以蠶絲蛋白結構相近的蛋白溶液進行加固修復，針對極度脆弱的纖維提供蛋白類支撐，提升厚度及保存與運輸的穩定性，延長壽命。研究人員同時運用三維掃描與多景深合成技術，建立紡織品的高精度模型，便於從多角度觀察結構細節。

李建深表示，跨學科專家為研究帶來了

考古證戰國時已有成熟織機體系

中國古代紡織的大規模工業生產，是李建深另一研究關注點。他透過歷史考古，發現戰國時期已有成熟織機體系：先行整經，梭子穿梭，由預設「程序」控制經線起落以生成紋樣。他以兩百多年前法國發明的近代打孔卡織機為對照，認為同類的「程序化」特徵，在兩千多年前我國織造思想已出現，「這可視為早期的二元邏輯：上為『1』、下為『0』，不同組合生

成無窮紋樣。」他表示，這些絲織品既能大規模生產，也保持設計多樣性，實踐「高效率+多樣美學」並行的特徵，「更為理解『中國製造』的美學傳統與技術底蘊提供重要參照。」

李建深說，早在戰國時代，同一台織機已可透過更換「程序」（排經、配色、結構參數）切換圖案，「多台織機亦可共享程序，量產一致花紋；市場需求變動時，

中國是最早的絲綢生產國，五千年絲綢史折射出人類絲織技術、工藝與機具演變的脈絡。廣為人知的綾、羅、綢、緞四款傳統絲織品，代表華美與貴重，惟當中的「羅」已幾近絕跡。香港理工大學時裝及紡織學院助理教授姚美

汝，積極投身於「四經絞羅」研究，希望將一度失傳的工藝作系統性梳理及技術復原，以實現自動化生產，更構思將之應用到高透氣運動服、防護服等，希望為文化遺產保護與創新發展打好基礎，同時為國家古代絲織工藝的傳承與應用拓展新空間。

●香港文匯報記者 楊盈盈



▲吳瑞榮(右)與姚美汝(左)。香港文匯報記者郭木又攝

綾羅綢緞簡介

- 綾** 是斜紋底斜紋花，觸手輕柔，光澤亮麗保暖
- 羅** 有羅網之意，經線互相交織纏繞而成
- 綢** 常見的平紋絲織品，面料平滑細膩，質地柔軟
- 緞** 以經線跨度長的織法，正面光滑，色澤華麗



●織布機木梭梭芯。香港文匯報記者郭木又攝

四經絞羅織布機不會取代手織

科技應用對傳統手工藝到底有何衝擊？姚美汝認為，四經絞羅織布機絕不會取代手工編織，反而是另一種傳承方式。因操作四經絞羅織布機，必須先掌握扎實基礎知識，才能在軟件程式中撰寫指令，進行機械編織，強調「機器只是讓四經絞羅的編織更快完成。」

四經絞羅織布機研究需要跨學科整合，涉及紡織設計，還需解讀歷史文獻與織物樣本，並需與材料科學家、機械工程師合作，共同理解分析紗線性能與結構，以進行織機改造與自動化設計，藉現代化技術復興傳統手工藝，為功能性紡織品的開發帶來新思路。

姚美汝強調，研究古代紡織技法需要懷抱敬意、耐心與好奇，由於文化遺產研究常面

臨資料零散、技術斷層與缺乏前例等，許多突破源自反覆嘗試、失敗與偶然的錯誤啟發，「我曾因為穿錯一根經紗，卻意外地發現另一種全新織物結構，也因此發現傳統工藝與現代創新間存在更多探索的可能性。」

科技結合文化遺產保育需時

她認為，當前科研氛圍普遍推崇高端前沿與立竿見影的成效，不過，把科技結合文化遺產的深度保育，往往需更長時間投入，回報未必即時可見，「選擇走進歷史，有時意味與主流方向背道而馳，但這份堅持極為珍貴。每一份細緻的研究與新方法探索，都是對古人匠心的致敬，也為未來留下更多可能。」

四經絞羅

是以四根經紗（縱向紗線）為一組左右絞織，形成八字形狀的纏捻結構，緯紗（橫向紗線）在此空隙中穿梭，產生牢固且透氣的網眼效果，是中國古代紡織技法珍品，憑藉獨特紗孔結構而呈現柔軟、輕薄、透氣等特性，與綾、綢、緞等傳統結構不同。

四經絞羅最早可追溯到商代，見於河南安陽出土的青銅器上，若以完整絲織品出土，年代最早為公元前168年，在湖南長沙馬王堆一號漢墓中的菱紋羅。由於製作程序複雜，宋元時期達到頂峰後，至清代以後逐漸失傳。據指，現存的絲織匠人，是透過復原漢唐文物織造技術延續技藝。

姚美汝投身相關研究，源於其博士導師李鵬拜訪已故紡織考古學家王亞蓉。當時王亞蓉挖到一些古代紡織品，慨嘆四經絞羅的高超技術實難以做到。後來姚美汝與李鵬想到，希望將四經絞羅復興並現代化，惟目前掌握此技藝者寥寥無幾且依賴純手工製作，經紗易斷，即使熟手匠人亦僅能日織數厘米至幾十厘米……

改造現代織布機模擬古法紡織

姚美汝與團隊遂聚焦分析及改良箇中織造技術，他們嘗試改造現代織布機，使之能模擬經紗的動態纏捻。「目前已成功製作第一代小型織造技術模型，透過特定織造步驟，令經紗形成八字形纏捻，緯紗可在其中穿梭，呈現出傳統四經絞羅的基本網眼效果。」雖然其織造效率與機械穩定性有待提升，但成果證實了以機械方式部分模擬傳統手工技法的可行性，團隊現正改造第二代織機，以優化織造流程。

「我們未來將探索四經絞羅在功能性紡織品的應用潛力，例如高透氣運動服、防護服等，並計劃開展力學性能、透氣性與手感等測試。」姚美汝說，長遠是探討以四經絞羅為創新平台，結合現代設計與製造技術，開發新型功能性與穿戴式紡織品。

圖像識別術打造高效四經絞羅織品

為推展研究，姚美汝又計劃利用圖像識別技術對古代織物紋理作高精度分析，加速辨識與重建失傳織造結構，又會以機器學習優化織機參數提升生產品質，及應用仿真模擬技術優化織物結構，打造更高性能的四經絞羅織品。

她直言，目前研究最大難題在於認識四經絞羅技法的老匠人稀少，且文獻與實物資料有限，「單是一台織布機的盤紗、穿綜等，往往耗時數月準備，且對經紗張力與位置精度要求極高，稍有誤差即可導致樣品失敗。」

理大時裝及紡織學院助理技術主任吳瑞榮補充，「傳統織布機難以固定且規律地完成纏捻，過程高度依賴經驗與手工操作；要改造到令經紗形成八字形纏捻，需要完全打破傳統觀念。」

雖然困難重重，但姚美汝認為，相關研究不僅是技術復興，更是守護文明智慧結晶。團隊歷經多次失敗與重來，逐步摸索出模擬經紗動態絞轉的可行方案，這份堅持，正是突破技術瓶頸，推動四經絞羅技藝復興的最大動力。



●湖北楚墓出土的戰國時期絲製淺黃絹面綿袍，歷兩千年仍保存得相對完好，袍上的鳳鳥花卉紋繡清晰可見。

湖北省文物考古研究院網站圖片

很多新視角，「生物學家思考保育材料與機理；物理與光學專家強調多景深影像疊合與三維重建；材料學家關注織物的透氣性、吸濕性與表面結構；計算機科學家主要考慮如何以算法重建紋樣與結構參數。這些觀點啟發我們用非傳統藝術史方法看文物，並產生新的研究課題。」

他指出，古代織造技術有復現性，既可運用現代織機快速再現，也可透過「實驗考古」手工重構古代木製織機與工藝流程，體會古人技術思維。其中新疆出土的「五星出東方利中國」織錦研究與仿製，正是考古紡織與機械工程系會合作的一個新課題。他希望能以嚴謹研究與科技手段，擴大中國考古與古代工業生產研究的國際影響，助力中國文化「走出去」。

只需重設程序與線材，即能快速形成新的生產線。」在他看來，效率與多樣設計非但不矛盾，反而相互促進。

他又發現，戰國時代青銅器常見的雲雷紋，也常見於湖北、江西等地出土的絲織品，那是在織造前已完成程序化圖案設計，包括經緯的上浮與下伏以及色彩切換，而隨著色數增加（如三色四色以上），織造程序的複雜度幾何級數上升，印證古代中國的高明技術。



●李建深 香港文匯報記者涂穴攝

一針一線有來處 「見衣」更可「讀文明」

採訪手記

亮麗多彩的紡織服飾，是中華傳統文化與藝術的重要象徵。本系列訪談以三個篇章——收藏、傳承、保育復興，期望能在歷史長河中，追索出一針一線的來處、現況與前路。

透過老外收藏家對中國紡織品的鍾愛，香港文匯報記者深深感受到那份超越文化、對「美」與「藝」的追求。他將半生珍藏捐出，將個人驚艷化為公共財產，更是讓歷史被更多人看見、理解、再創的關鍵。透過長衫與花帶匠人師徒的指點記憶，記者則看到了「讓手藝活下去」的生命力，其純樸與專注，突顯出傳統技藝於現代社會的價值。

在大學的知識殿堂，學者致力跨越學科邊界，讓脆弱絲紡文物得到保護，將失傳技術復興。由此，科技成為歷史的同路人，傳統在當代獲得新生命。

輕柔順滑的紡織物，承載着歷史重量。在香港這個中外藝術文化交流中心，有着連結中外與古今的獨特位置，藉着述說此處有關收藏、傳承與保育復興的故事，讓我們不只「見衣」，更能「讀文明」；從織房到實驗室平台，從師徒課桌到博物館展示，一件件衣物回到人群，一種種技藝傳向未來。