

**工業 4.0 的機會**

# 機能布染色優化 創新技術發展

■文：蔡坤成 / 資策會智慧網通系統研究所

## 前言

紡織產業向來為台灣主要創造外匯的重要產業之一，近年來面臨全球原物料價格上漲、開發中國家低價競爭、新興市場崛起以及環保意識抬頭等產業、經濟與環境因素之衝擊，競爭壓力日趨嚴峻；為此，政府積極輔導廠商朝向高附加價值紡織品發展，例如：機能性衣著、家飾用高附加價值紡織品、高技術門檻之產業用紡織品。其中尤以機能性衣著布料的市場需求與價值尤為重要。機能性紡織品的附加價值來自，一站一站的加工製程所串聯，染色製程所創造附加價值率約 50%，尤其是機能性紡織品。本文將探討如何結合染色配方、製程專業及資訊分析技術，優化化驗室至工廠及各機台的作業參數，提高一次對色率，降低製程總成本。

## 染色製程簡介

染整製程是指將紗線、布疋或各種紡織產品加以漂白、染色、印花、洗滌，或進行各種機能性布料的處理及特殊加工。目前染整製程中較需要專業技術的部分主要都

圖 1：染色製程簡介



在化驗室進行，技術人員憑藉其專業經驗，並運用顏色、打樣比對儀器及自動控制的相關設備，依據客戶需求、布疋材質特性、布疋數量等，精準計算出各種染色料劑、化學助劑的配方和劑量，並決定採用何種生產流程。確定之後，先利用小部分樣品測試，經客戶確認後再發落到生產線開始作業。最後再以分光儀解析成品顏色與訂單顏色的一致性。

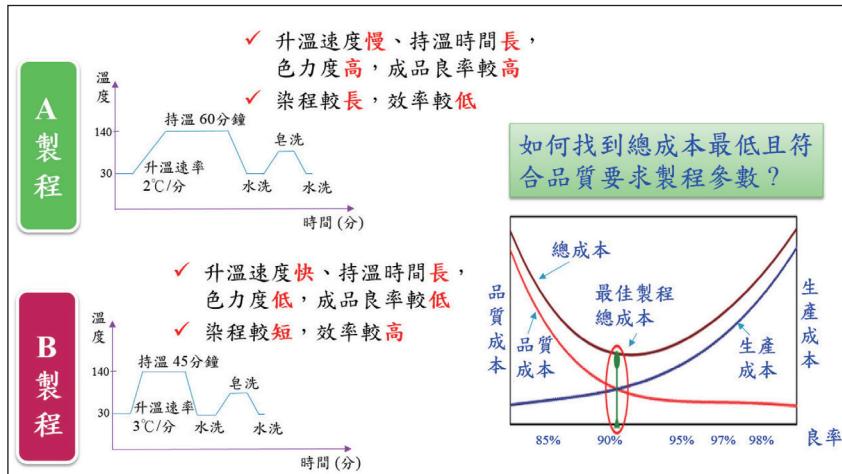
## 染色製程面臨的問題

染整業共通的需求還是以降低製程總成本為優先。製程總成本除了作業人力成本、染機使用成本、染料成本、水電資源使用成本之外，還有一項重要成本就是染色

瑕疵的品質修正成本。這兩大類的成本形成一個成本最佳化的問題，如圖 2 所示。以染缸溫度控制為例，一般染廠的經驗，染缸的升溫速度越慢且持溫時間較長，可獲得較好的染劑吸收率與穩固性；但是較緩和的升溫速度與較長的持溫時間都將延長染缸的占用時間，將會使機台使用成本與能源使用量提高，而降低生產效率。如何找到製程總成本最低且符合染色品質要求的染劑配方與染缸參數是染整界共同面臨的問題。

所謂染色瑕疵包含：顏色差異、顏色不均等狀況。業界顏色差異檢驗的標準通常是依據國際照明委員會 (CIE) 所訂定之 CIE76 國際標準。國際照明委員會稱他們的度

圖 2：染色成本最佳化問題



量標準為「 $E^*ab$ 」(又稱「 $\Delta E^*$ 」、「 $dE^*$ 」、「 $dE$ 」、「Delta E」)。其中，delta 是一個常用來表示「差異」的希臘字母，E 象徵著 Empfindung，也就是德文中的「感覺」。在理論的 CIELAB 色彩空間中，視覺具有非均勻特性(換言之，有些顏色在改變時，人眼對其十分敏感，而有的就分辨得不太清楚)。這些非均勻特性很重要，因為人眼對某些特定的顏色更敏感。因此，一個好用的度量方法，應該把這些因素都考慮在內，才能使「剛剛好能被察覺到的差異」這種提法有意義。不然的話，可能出現這樣的情況：對於兩組分別含有一對不同的顏色、同樣適用某個  $\Delta E$  值的顏色組，其中一組顏色的差異能被人眼察出來，另一組卻不能。一般性紡織品染色訂單對於染色的要求  $\Delta E^*$  必須小於 1；而知名品牌的布料其染色品質要求  $\Delta E^*$  介於 0.8~0.6，有時更小。一般人對於  $\Delta E^*$  的感覺大致如表 1 所示：

表 1：一般人對於  $\Delta E^*$  的感覺

$\Delta E^*$ 感覺
$\leq 1.0$ 人眼感覺沒有差異
1 - 2 近距離觀察時有感覺顏色差異
2 - 10 一瞥、掃視就有感覺顏色差異
11 - 49 兩顏色近似對比色
100 兩顏色明確就是對比色

## 提升一次對色率的方法

一次對色率攸關染色製程成本，因為修補一缸染色瑕疵的成本

大約需要 2~3 倍正常染色程序的成本。影響成本的關鍵就在化驗室階段的染劑配方及製程參數設計，以及實際在工廠階段的染色製程。

在染劑配方設計方面，業界常運用 Datacolor Match Textile 進行染劑配方設計及打樣驗色。在使用 Datacolor Match Textile 之前，染整廠必須對該廠使用的染料逐一建立基本資料，建立過程將於化驗室對各染劑進行各濃度階層的試染。在承接染色訂單後，依據訂單顏色、染料、助劑特性，胚布材質、經緯密度等要求，調製染料配方與製程，例如，加溫程序、染液酸鹼性等。Datacolor Match Textile 不僅提供染劑配方組合建議，並且詳細的分析預估染後的色彩品質與染程成本。

在化驗室是以 5 公克的樣布做試驗，到實際染缸是 300~600 公斤的布，放大約 10 萬倍。如何確保顏色正確性在品質要求範圍內，並避免耗用過多的染劑、助劑、時間、能源，如何因應各染

圖 3：一次對色率的重要性

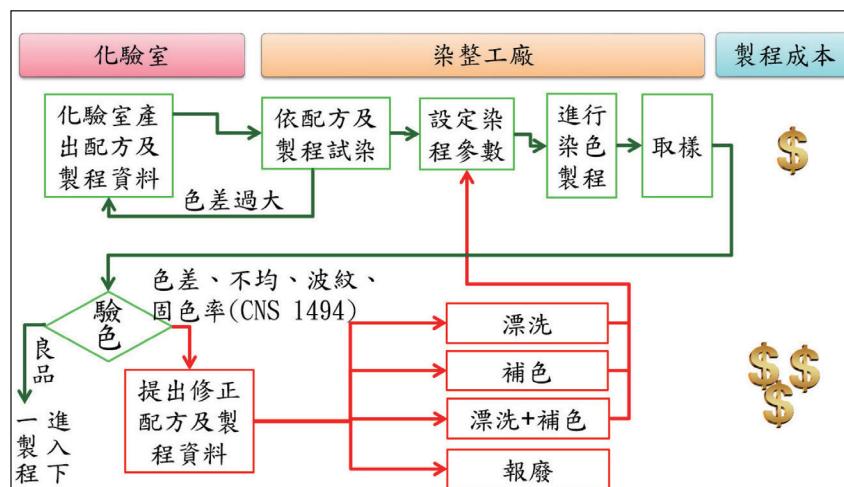


圖 4：製程參數優化技術



機使用年限、感測、控制精確度差異，調整染機的設定參數，解決化驗室至大染缸放大約 10 萬倍的染色品質偏移，是此階段主要的問題。

## 結語

隨著紡織技術發展，機能性

布料推陳出新：防潑水纖維、吸濕排汗纖維、抗菌防臭纖維、抗紫外線纖維、防透視纖維等等。不同的布料必須配合材質、布重、顏色設計適合的染色製程參數。染整廠商為了能夠承接高單價品牌服飾的紡織品染色訂單，只憑藉過去老師傅累積的經驗已無法滿足新織品的染

色需求。紡織產業應藉由跨領域整合，應用異質網路整合化驗室的配方資料庫與染整工廠的染機，將機台操作參數、運轉狀態匯集於虛實融合系統 (Cyber Physical System, CPS)；應用資料分析技術，對於資深技術人員操作經驗參數進行統計與分析，使老師傅的技術經驗得以傳承，並且由系統自動學習機台特性差異 (on line machine learning)，微調染缸的參數設定，提升染色品質的對色率，並降低整體製程成本，使染整廠具備承接少量多樣性訂單的能力。

(本文作者聯繫方式：  
garytsai@iii.org.tw) 

## 更正啟事暨補充說明

本刊 4 月號【產業特輯】之「開闢次世代汽車電子藍海市場」系列報導——《元件選購要件：法規、效能、夥伴關係》一文，P.18 關於「瑞薩車用產品一覽」圖檔，因編輯誤植成他圖，特此更正，謹特此向讀者及受訪者致歉。以下為原文陳述：

為迎合不同產品等級的開發偏好，瑞薩提供 RH850(32 位元)/RL78 (16 位元)

MCU、R-Car 系列單晶片 (SoC)，以及多款類比和功率元件供選擇，可廣泛應用在：動力傳動機構、底盤安全、安全氣囊、車身、汽車音訊及儀表總成系統。

另同文中關於 ISO 26262 入門級 ASIL B 驗證費用敘述謹供參考，實務上因現階段只有歐洲有認證權，多以「專案」或「工作時數」方式報價，會依測試項目多寡、嚴謹度、測試時間及服務人員的差旅費而異，不同需求之落差甚大。詳情可進一步洽詢「德凱宜特」(<http://www.istgroup.com>) 專業認證實驗室。

圖 1：瑞薩車用產品一覽

### MCU & SOC AUTOMOTIVE PRODUCT FAMILIES THREE FAMILIES TO COVER ALL SEGMENTS

