

環境管理規劃類

紡織業智慧化生產、循環經濟和 淨零排放管理系統

林明旺*、劉柏緯**

摘 要

現代紡織業積極導入智慧化生產與管理系統，以提升效率並實現可持續發展，本研究建置「雲端即時紡織智慧化生產資訊管理監控預警整合系統」，整合感測裝置、通訊系統、伺服器與終端設備，實現生產過程的監控、分析與預警，有效提升生產效率與品質，系統內建「瑕疵異常通報及履歷檢索功能」，即時記錄與通報異常，建立異常資料庫，強化追蹤與排除效能。

此外，透過「視覺化製造設備管理系統」整合地端自動化設備與雲端資料庫，提升原料使用效率並降低廢料，進一步強化資訊整合與流程管理。

在循環經濟方面，本研究提出結合生物處理與化學混凝的多重廢水處理技術，提升廢水再生率並減少化學藥劑使用，兼顧成本與環保效益，同時導入太陽能等再生能源，搭配碳足跡評估系統與高效能設備，達成節能減碳目標，紡織產業唯有結合智慧技術與環保策略，方能提升生產力並迎合全球綠色經濟趨勢。

【關鍵字】智慧化生產、雲端實時管理系統、淨零排放、廢水處理、碳足跡

* 東豐纖維企業股份有限公司

經理

** 東豐纖維企業股份有限公司

課長

一、前言

近年來，物聯網（Internet of Things，簡稱 IoT）在產業界快速發展並大幅提升工業製造業的生產效率、良率以及降低人力及時間成本的浪費。物聯網是藉由裝置、機械、數位設備相互關聯的系統，現今的物聯網可結合大量的設備、感測器、軟體及其他互連設備進行傳輸及接收相關資料，且進一步將資料進行分析並加速制定策略，並利用人工智慧來進行進階分析及機器學習建立整體 AIoT 人工智慧物聯網。隨著資訊科技快速發展以及工業自動化的進步，政府也不斷提出企業資訊化改革以及工業 4.0 的解決方案，提升上下游整合效率、降低生產成本、減少廢料損耗，同時提升管理效能、達到自動化生產流程並同時進行瑕疵檢測分析，在紡織業便形成了非常重要的研究方向。

另外，因應時代潮流現行機能性紡織品高度發展以及消費者對於衣著的需求，許多不同的化學溶劑、染劑及有機化合物大量的應用在紡織工業製程原料中，經過上游紡紗、中游織造及染整加工程序後，所輸入之淨水形成大量具有高度污染物之廢水產生，隨著不同原料、製程、產品及排放單元，所排放的廢水內容物亦包括大量的有機化合物、酸、鹼及重金屬物質，使得紡織產業對於廢水回收再利用處理技術程序繁複且不易達到，因此，如何將製程優化、採以更為潔淨的清潔生產技術，亦成為目前全球紡織工業亟需解決的重要課題及發展目標。

再者，節能減碳也是紡織工業應積極面對改善的目標，首先在整體製造過程以及生產環境中必須判斷識別出相對高耗能、高碳排的設備及環節，並針對碳排熱區之製程單元以及設備進行重點量測及汰換，並導入綠能發電系統，制定減排目標以及相對應之執行計畫，搭配公司內部碳足跡盤查，推動整體生產過程的低碳化轉型制度，也是大部分紡織工業需要積極努力面對的環境保護轉型計畫目標之一。

二、紡織業智慧化生產、循環經濟和淨零排放管理系統執行現況

2.1 智慧化生產於紡織業之應用及可持續發展之永續目標

2.1.1 智慧製造推動產線升級與營運優化

紡織業持續推動智慧製造與物聯網技術的整合，以提升工廠運營效率，然而，物聯網在應用上仍面臨挑戰，包括跨平台操作性不足與缺乏通用標準（洪志銘，2017），加上設備種類繁多，硬體與軟體整合困難，增加了系統開發的複雜度，為邁向智慧製造，紡織產業必須強化遠端監控技術，以即時掌握設備狀態、追蹤生產進度、調整生產計畫，進而降低停機風險、延長設備壽命並提升生產效率，此外，遠端監控也有助於提供消費者更透明的產品資訊。

過去，紡織工廠內的生產紀錄難以檢索，客戶無法即時取得所需資訊，亦無從了解產品的完整生產過程，隨著全球品牌對供應鏈透明化的重視，即時檢索生產紀錄與缺陷報告已成為標準要求，生產異常追蹤與生產記錄亦是品質控管與售後服務的重要環節，涵蓋生產監控、自動修正、異常回應與故障排除，並提供歷史數據分析，以找出異常原因與缺陷，提升生產品質並強化客戶服務（黎瑀蓉，2018）。

因此，提升上下游整合效率、即時掌握異常狀況、迅速提供生產紀錄，對於提高良品率、降低成本與加快排除故障的效率具有關鍵意義，也能提升消費者對產品的信任與滿意度。

某紡織公司全面導入智慧生產流程，從原料管理到出貨皆採自動化操作與數據驅動決策，藉由物聯網 (IoT) 技術，紡織設備上裝設感測器，能即時監測設備狀態與原料特性，並透過無線網路將數據傳輸至中央控制系統，一旦設備異常，系統將即時警報並記錄詳細資料，協助技術人員迅速排解問題，避免生產中斷。

某紡織公司亦成立資訊團隊，自主開發「雲端實時紡織智慧化生產資訊管理監控預警整合系統」，以因應智慧生產的關鍵需求，系統技術架構與資源配置說明如下：

1. 硬體設備需求

- (1) 感測器設備：溫度、濕度、振動、電流感測器
- (2) 通訊設備：工業級路由器、數據採集器
- (3) 伺服器主機：Dell PowerEdge R740，含儲存陣列
- (4) 終端顯示設備：工業平板電腦

2. 軟體系統開發

- (1) 資料庫管理系統：採用 MySQL Enterprise
- (2) 雲端平台租用：AWS 或 Azure 服務
- (3) 客製化軟體開發

導入效益評估：

- 1. 總投資成本：約 1,500 萬元（第一年）
- 2. 年度維運成本：約 100~300 萬元
- 3. 預期效益：生產效率提升 23%

此系統整合感測裝置、通訊系統、伺服器、中央資訊整合系統、雲端資料庫與終端設備，能即時監控設備運作、進行數據分析與異常預警，感測器部署於自動化生產、染整、回收與廢水處理設備，收集即時數據，通過通訊系統傳送至伺服器處理，資訊整合系統將不同數據分類後存入雲端，供終端設備即時顯示監控資訊與警報訊息。

此系統的目標是實現紡織業的智慧化監控與數據導向管理，不僅提升生產效率與品質，也為管理決策提供強力支援。

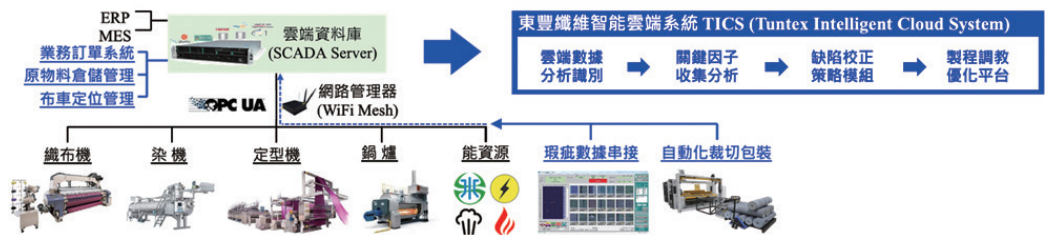


圖 1 智慧化生產資訊管理監控預警整合系統示意圖

2.1.2 人工智慧強化決策精準與品質控管

接著以人工智慧 (AI) 輔助決策，引入了人工智慧技術來進行數據分析與預測，特別是在生產計畫和品質控制方面，AI 系統會根據歷史生產數據、訂單需求和當前的生產狀態，精確調整生產流程，不僅能夠預測可能出現的瑕疵，還能夠根據實時數據優化設備的運行參數，AI 系統可以根據不同布料的特性，動態調整染色過程中的溫度和時間，確保產品的品質穩定；某紡織公司目前已導入自動化設備與智慧化機械，自動化設備是智慧化生產流程的重要組成部分，包括自動包裝機、全自動搬運系統等，這些設備能夠根據生產計畫自動完成指定任務，從而降低人工操作帶來的錯誤和效率低下，此外，智慧化搬運機能夠在生產車間內自動搬運原料和成品，並且根據實時訂單需求調整運輸路線，有效提升物流效率。

結合人工智慧輔助決策系統與雲端實時紡織智慧化生產資訊管理監控預警整合系統，目標在於實現智慧化監控與管理，提升生產效率與品質，並為管理層提供即時數據支持。

在實際應用上，導入了實時數據監控與品質管理系統，整合每批原料的使用情況、生產環境變化與設備運行狀態，透過中央控制系統即時監測，當出現異常時，系統自動啟動修正程序，快速調整，以確保產品品質穩定，例如，採用高速攝影機結合 AI 影像辨識的布料瑕疵檢測系統，可即時偵測並標記布料缺陷，自動識別需修復或替換的區域，大幅減少人工檢驗時間，提升品管精度。

2.1.3 生產履歷與異常通報提升資訊透明與信任

為了強化異常管理與生產資訊透明度，開發「紡織業生產瑕疵異常通報及履歷檢索系統」，能全面記錄與通報生產異常，並提供詳盡的生產履歷查詢工具；此系統整合生產設備、資訊設備、伺服器主機與履歷檢索平台：

1. 生產設備裝設感測器，監控即時狀態；
2. 資訊設備負責生成訂單與流程管理資訊；
3. 伺服器主機彙整儲存異常與履歷數據；
4. 客戶可透過履歷平台查詢相關產品紀錄，提升查詢效率與異常排除能力。

系統的核心目標是協助工廠即時追蹤異常，透過數據收集與分析進行自動通報與整合，並讓消費者查閱完整產品生產履歷，增加資訊透明度與信賴感。

此外，進一步開發「紡織業視覺化製造設備管理系統」，與前述系統無縫整合，涵蓋地端自動化機械、資訊設備、伺服器與雲端平台，實現從生產到資訊的全面整合，該系統能提升原物料使用效率、降低廢料產出，並實現製造過程的全時監控，協助企業強化競爭力、降低營運成本，達到高效能與永續生產的雙重目標。

2.1.4 智慧倉儲與能源管理實現永續目標

另一個提升生產力的智慧化工具就是智慧化倉儲與供應鏈管理，智慧化倉儲系統結合了自動化運輸機 (AGV) 和感測器來管理原材料與成品的儲存與調配，系統能夠根據生產需求自動進行原料的分配，確保生產線不會因缺料而停工；此外，智慧化倉儲系統還能夠預測未來的原料需求，並自動生成採購計畫，保證供應鏈的順暢運行。

因應 AIoT 與智慧化發展趨勢，全面導入數據驅動的智能化生產流程，透過即時掌握生產數據，進行流程優化與瓶頸分析，系統定期生成報告，針對效率偏低的工序自動提出改善建議，協助提升整體生產效能。

在可持續發展與能源管理方面，亦取得顯著成果，智慧系統可即時監控能源使用狀況，並依需求自動調整設備運行，避免能源浪費，例如，在不影響生產的情況下，自動調整機台速度以降低電力消耗；同時配合廢料管理系統，提升資源利用效率，實現節能減碳目標。

為實現智慧製造，廣泛應用物聯網與人工智慧技術，儘管仍面臨跨平台整合與標準化不足等挑戰，但透過感測器與 IoT 監控系統，已可即時偵測異常並迅速處理，AI 則負責分析數據與支援決策，提升生產計劃與品質控管的精準度。

此外，導入自動化設備與智慧化機械，減少人為錯誤、提升生產效率與品質；實時數據監控與智慧化倉儲系統，則強化對生產流程與原料存量的掌握，提升供應鏈管理的靈活性與即時性，結合智慧製造與環保策略，不僅有效提升生產效率與透明度，還可即時提供產品履歷與品質報告，增強市場競爭力，並符合全球環保與淨零排放趨勢。

藉此，大幅提升工作效率、良率以及環保之功效，茲敘述如下：

指標項目	年度成果示例
生產效率提升	+23%（導入智慧系統後首年度）
生產瑕疵率下降	從 3.2% 降至 0.9%
廢棄物減量	年減少固廢 10 噸，廢布回收率達 65% 以上
回收水量	回收水用於染整，年節省原水 8,000 噸（第三方認證）
操作人力需求減少	自動化導入後減少現場人力 20% 以上
客訴件數減少	年降幅達 35%，大幅提升顧客滿意度

2.2 可持續性紡織廢水回收再利用

紡織產品正朝向高質化、智慧化與環保意識並重的方向發展，消費者對機能性與環保性的要求日益提高，為因應市場需求，紡織業者積極開發新材料與新製程，提升產品功能、縮短製造流程、降低成本並提升利潤，現今產品設計的重點已由單一機能轉向兼具多元性、舒適性與再生環保性，並廣泛應用新型藥劑、染料與有機化合物。

然而，紡織製程如假撚、織造、染整與後加工所產生的廢水，含有大量難以分解的化學污染物，對環境造成極大壓力，傳統處理方式多為將各類廢水混合後以大量化學藥劑處理，以達到排放標準，但未能實現源頭分類與後端回收再利用，使水資源無法有效循環使用。

目前，業界趨勢已轉向採用穩定且高效的綜合性廢水處理與回收技術，確保回收水質穩定，實現循環再利用，這不僅有助於節水與節能，也符合全球對環境友善與循環經濟的期待（莊雅茹，2020）。

在國際應用方面，歐盟紡織產業透過「清潔生產技術 (Clean Production Techniques)」與「工業共生 (Industrial Symbiosis)」推動廢水零排放與廢熱再利用；例如德國與荷蘭已有紡織廠實現超過 80% 的水回收率。

相較之下，台灣紡織業近年也加速推進綠色製程與智慧化水資源管理系統，部分紡織企業亦已建構廢水回收再利用系統，年回收水使用率 60% 以上，但中小型廠商則仍面臨設備投資與技術整合挑戰。

因此，台灣紡織業若能強化智慧水處理系統的應用、推動模組化與低成本的回收設備普及，並借鏡國際經驗，即可進一步提升循環經濟效益，達成產業轉型與永續發展雙重目標。

某紡織公司針對染整製程中污染較嚴重的廢水問題，自主研發高效的回收循環處理系統，著重於減少化學用藥、降低環境污染並提升循環經濟價值。

處理流程如下：染整廢水首先匯入 pH 中和池，將酸鹼值調整至 7~8，再藉由高低水位差自然引流至調勻池，確保水質均勻，經調勻後的廢水，透過抽水馬達送入冷卻水塔降溫，並流入活性污泥池進行曝氣與生物分解，隨後，廢水經緩坡（傾角不超過 25 度）引導至終沉池，進行進一步沉降處理，再依序通過快混槽、慢混槽與浮除池處理雜質，最後，透過砂濾器與軟化樹脂塔過濾淨化後，冷水再導回染整程序重複使用。

本系統的主要優勢包括：

1. 減少化學用藥：透過生物分解與物理程序，降低對化學藥劑的依賴，減輕水質與環境壓力。
2. 降低回收成本：多段式處理流程提升回收效率，節省整體廢水處理支出。
3. 減少環境污染：提升回收水質與可再利用比例，有效減少廢水排放量。
4. 提升循環經濟價值：淨化水重新投入染整流程，提高資源使用效率，落實循環再生理念。

某紡織公司亦先期投資廢水處理系統，技術規格與投資分析內容茲敘述如下：

1. 處理設備技術參數：
 - (1) 廢水處理量：日處理 4,000 噸
 - (2) 調勻池：混凝土結構
 - (3) 活性污泥池：含曝氣系統
 - (4) 沉澱槽：上下分層
 - (5) 砂濾器與軟化設備
2. 處理效能與經濟效益：
 - (1) 化學需氧量 COD 去除率：85% 以上
 - (2) 懸浮固體 SS 去除率：90% 以上
 - (3) 回收水水質：符合工業用水標準
 - (4) 廢水回收率：70%
 - (5) 年節省用水成本：400 萬元
 - (6) 投資回收期：6.2 年
3. 操作維護成本包含：
 - (1) 電力消耗
 - (2) 化學藥劑

(3) 人工維護

(4) 設備維修

某紡織公司致力推動紡織業的永續轉型，透過創新技術實踐節能減排與資源循環的目標，為產業建立綠色製程的標竿。

2.3 可再生能源的應用、能源效率改進、碳排放監測和碳足跡評估

紡織業作為全球重要且能源密集的製造業，對環境與氣候變化影響深遠，隨著可持續發展需求提升，紡織業積極推動可再生能源應用、能源效率提升、碳排放監測與碳足跡評估。

首先，紡織業廣泛利用太陽能等可再生能源，安裝光電板供應生產所需電力與熱能，有效降低對傳統能源的依賴與碳排放，減緩氣候變遷影響；其次，透過引入高效照明、節能機械等先進節能技術，以及優化能源管理流程，紡織廠能有效減少能源浪費，不僅節省成本，更降低碳排放，提升生產效率；最後，碳足跡評估幫助企業全面掌握產品生命週期中的碳排放熱點，並制定精準減排策略，提升企業與消費者間的溝通與信任，推動低碳綠色產品。

國際上，歐盟紡織業積極落實淨零排放管理，結合智慧能源管理系統與再生能源，推動「碳中和工廠」建設，且實施嚴格的碳排放報告制度與碳交易機制，美國則強調供應鏈碳足跡透明化與能源轉型，鼓勵企業採用可再生電力並提升能源效率。

相較之下，台灣紡織業正逐步引進智慧節能設備與碳排放監控系統，部分企業已建立碳足跡盤查及能源管理標準，惟整體淨零排放管理仍處於推廣與深化階段，未來可借鑑國際成熟經驗，加速技術普及與政策支持，推動產業轉型升級。

綜合而言，透過推動可再生能源、提升能源效率、完善碳排放監測及碳足跡管理，紡織業能有效降低環境負擔，實現可持續發展與淨零排放目標，並提升市場競爭力（郭子平，2011），隨技術進步與環保意識增強，紡織業在全球淨零轉型中將持續發揮關鍵作用。

各國在紡織業淨零排放管理技術亦有些許差異，本文亦整理主要地區在技術應用與管理策略上的差異與重點，茲敘述如下：

項目	歐盟	美國	中國	台灣
政策框架	強制碳排放報告、碳交易制度、綠色製造標準	自願碳披露、聯邦及地方政策支持、產業指導方針	政府主導綠色轉型計畫、碳排放交易試點、省級碳管理規範	逐步推動碳足跡盤查與能源管理標準，尚無強制碳交易制度
能源使用	大規模應用太陽能、風能等可再生能源，推動碳中和工廠	促進可再生電力採購與能源效率提升	依賴國內煤電轉型，鼓勵企業引入新能源與節能設備	部分企業導入太陽能與節能設備，整體應用比例仍待提升
碳排放監測技術	智慧感測器網絡、即時排放監控系統	物聯網技術與大數據分析，供應鏈碳足跡追蹤	工業級監控系統結合智慧化，數據集中管理	採用感測器監控與碳盤查軟體，數據管理能力逐步加強
節能減碳措施	製程優化、自動化控制、廢熱回收與利用	高效設備替換、智慧化製造與流程重組	推廣清潔生產技術，支持節能改造和產業升級	推動節能機械設備升級，倡導智慧化生產，仍處於推廣階段
循環經濟與廢水處理	工業共生、廢水零排放技術、資源循環再利用	廢水處理新技術與資源回收整合	廢水深度處理與回用示範項目增加	廢水處理技術引進與應用中，規模化回收尚待擴展
碳足跡評估與報告	法規要求企業公開碳足跡數據，納入企業環境報告	推動企業自願碳足跡披露，促進市場綠色競爭	碳足跡評估標準逐步完善，支持國家級碳盤查平台建設	部分企業開始碳足跡評估，市場需求增加，標準化尚未完全建立

紡織業作為製造業的關鍵部分，正積極採取措施以實現可持續性發展，某紡織公司積極在可再生能源應用、能源效率改進、碳排放監測和碳足跡評估等方面所採取的重要措施，以實現碳盤查、減排目標和低碳化轉型，茲敘述如下：

1. 製程碳足跡監測：瞭解每個製程的碳足跡至關重要，包括紡紗、織造、染整和成衣製造等等，積極評估和監測每個製程的碳排放情況，並根據評估結果制定相應的減排策略。



4. 自動化和標準化：利用自動化裝置和標準化製程參數來實現生產過程的穩定性和高效性，同時減少了資源浪費。
5. 碳盤查和供應鏈碳足跡評估：紡織業應建立完整的碳盤查系統，收集直接和間接的排放資訊，並瞭解供應鏈中的碳足跡，有助於評估整個生產過程的碳排放，制定相應的減排策略。
6. 太陽能發電系統的應用：已完成整廠太陽能板的建置安裝，大幅減少對傳統化石能源的依賴，同時降低碳排放。
7. 推動低碳化轉型：透過即時動態碳盤查和分析深入瞭解其碳足跡，制定減排目標，並推動生產過程的低碳化轉型。

為達上述目的，某紡織公司亦大規模建構再生能源系統，建置與效益分析敘述如下：

1. 太陽能發電系統規格：

- (1) 裝置容量：1,100KWp 太陽能板系統
- (2) 年發電量：約 8 萬度電

2. 碳排放系統技術配置：

- (1) 碳盤查軟體：ISO 14064 認證軟體
- (2) 碳足跡標籤申請：產品碳足跡認證

3. 能源管理系統效益：

能源使用效率提升：15%

碳足跡管理流程與成本：

1. 製程碳足跡監測建置：

- (1) 監測點設置：生產線 15 個監測點
- (2) 數據收集系統：自動化數據收集，減少人工統計 90%

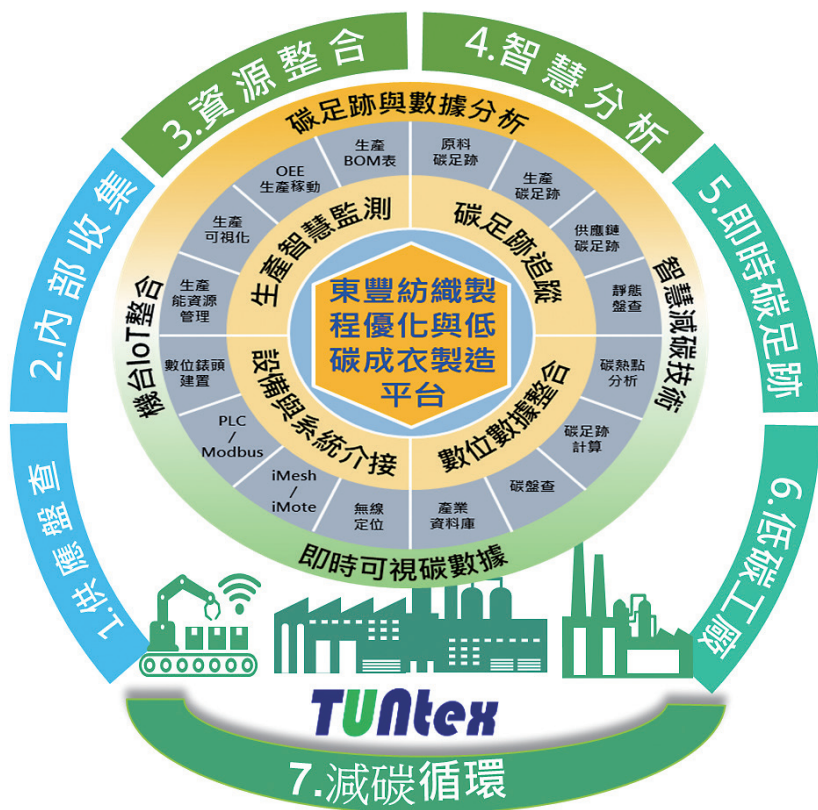


圖 3 紡織業碳管理整合應用平臺循環示意圖

三、紡織業智慧化生產、循環經濟和淨零排放管理系統注意事項與常見缺失

隨著全球對可持續發展與環保的重視日益增加，紡織業作為資源消耗和環境污染的重點行業，亟需推動智慧化生產、循環經濟和淨零排放的管理系統，這不僅能夠提升企業競爭力，還能有效減少對環境的影響，然而，在實施這些系統時，企業需要注意一些重要事項，並警惕常見的缺失，茲敘述如下：

3.1 紡織業智慧化生產的注意事項與常見缺失

3.1.1 注意事項

1. 技術整合與兼容性：目前智慧化設備和現有系統之間的整合往往需要克服技術兼容性問題，舊型的紡織設備通常缺乏與現代通訊協定或自動化裝置的相容性，導致設備之間的資料交換困難；因此，引入中間軟體或協定轉換設備以實現新舊系統之間的溝通，此類工具能夠幫助數據在不同系統間流通，並實現設備間的同步運作。
2. 數據安全與隱私：智慧化生產需要大量的數據收集和網絡連接，使數據洩露和網絡攻擊的風險增大；因此建立健全的數據安全策略，如加密技術、防火牆、身份驗證機制，以及定期的安全評估，確保生產數據的機密性和完整性便成為智慧化生產的重要關鍵之一。
3. 員工培訓與技能提升：智慧化技術的應用需要員工擁有一定的技術能力，許多員工對新技術的適應可能存在困難；所以，企業應投入培訓資源，針對智慧化設備操作和數據分析的技能進行培訓，提高員工對新技術的接受度和操作效率。
4. 實時監控與預警系統：沒有即時監控的系統可能導致生產過程中的異常未能及時處理，從而增加損失和停機時間；利用物聯網 (IoT) 技術建立實時監控系統，透過感測器和數據分析平台，實時檢測設備狀態和生產數據，可及時發送預警，從而進行快速反應和故障排除。

3.1.2 常見缺失

1. 缺乏整體規劃：很多企業在推動智慧化生產時，往往只專注於個別技術的引入，而忽視了生產過程的整體規劃和流程優化，這會導致生產效率低下和資源浪費。
2. 數據利用不足：雖然許多企業已經建立了數據收集系統，但在數據分析與應用上卻缺乏有效的策略，未能充分挖掘數據的潛在價值。

3.2 紡織業循環經濟的注意事項與常見缺失

3.2.1 注意事項

1. 原材料的可持續性：優先使用可再生資源和可回收材料，減少對有限資源的依賴，降低生產對環境的負面影響；可循序漸進的選擇生物基材料、回收塑料等作為原料，並注重供應鏈的可追溯性，確保原材料來源的環保性和合法性。
2. 產品設計的生態友好性：在產品設計時，從生命週期角度考慮生產、使用、回收等階段，以減少環境足跡；一般建議採用可拆解設計、模塊化結構等，讓產品在廢棄時能夠輕鬆拆解並進行再利用，避免材料的浪費。
3. 廢物管理與資源回收：建立有效的廢物管理體系，通過減少廢物的產生量和提高資源回收效率來延長資源的使用壽命；可設置分類回收機制和建設專業的回收中心，以確保材料能被有效地重新投入生產。
4. 消費者教育與參與：提升公眾對循環經濟的認識，並鼓勵消費者在購買和使用產品時選擇可持續選項；積極推廣環保標籤制度、舉辦宣傳活動，讓消費者了解如何正確回收和處理廢棄產品，從而參與到循環經濟的推動中。

3.2.2 常見缺失

1. 缺乏循環思維：許多紡織相關企業仍然使用線性生產模式，重視短期利益而忽略資源的長期管理，這導致資源被浪費且難以再利用。
2. 回收流程不完善：許多回收系統設計不科學，回收管道不夠暢通，導致大量可再利用的材料未能進入循環過程，降低了循環經濟的整體效果。

3.3 紡織業淨零排放的注意事項與常見缺失

3.3.1 注意事項

1. 能源管理與效率提升：紡織業可通過引入節能型設備，如高效能的假撚機、染色機、織布機等，來降低能源消耗，同時，制定具體的能耗減少計劃，設立能效目標，並定期評估和優化生產流程中的能源使用，這些措施能夠顯著減少能源浪費，提高整體生產效率。
2. 使用可再生能源：紡織廠可以採用太陽能板發電等可再生能源裝置，作為廠區內的一部分電力來源，這樣不僅可以減少對傳統化石燃料的依賴，還能有效降低二氧化碳排放，達到更高的環保標準，此外，企業可與當地可再生能源供應商合作，確保能源供應的穩定性。
3. 排放監測與報告：建立精確的排放監測系統，可以幫助企業即時追蹤各個生產階段的碳排放數據，並定期生成報告，這些數據不僅可以用來檢視現有的減排措施是否有效，也能提供依據來進一步調整策略，從而確保淨零排放的目標能夠逐步達成。
4. 與利益相關者的合作：企業應積極與供應鏈中的各方（包括原材料供應商、物流合作夥伴、客戶及政府機構）進行合作，共同推動可持續發展，這可能包括選用低碳原料、優化運輸方案、參與政府的節能減碳計劃等，從而促進整體供應鏈的綠色化。

3.3.2 常見缺失

1. 缺乏長期規劃：許多紡織企業在推動淨零排放的過程中，常會忽視長期目標和具體路徑的制定，往往僅關注於短期的節能措施，如暫時性減少生產能耗等，導致這些措施難以產生持續的影響，缺乏明確的長期策略會影響企業在減排路線上的整體效果。
2. 監測數據不準確：排放監測系統的精確度對於有效管理碳排放至關重要，然而，部分紡織相關企業的監測設備較為落後，導致排放數據的準確性不足，數據不精確會導致減排措施無法針對實際排放情況進行調整，從而影響減排計劃的效果，為此，企業應投資於先進的監測技術，並定期校準設備，確保數據的可靠性。

四、結論

紡織業在推動智慧化生產、循環經濟與淨零排放的進程中，面臨諸多挑戰與機會，智慧化生產透過物聯網技術、數據分析與自動化設備，可顯著提升生產效率與產品品質，但在導入過程中，企業需克服舊設備的兼容性問題，並加強員工技術培訓，確保新技術有效運用。

某紡織公司秉持創新與可持續發展的理念，導入物聯網 (IoT) 技術，將感測器、智慧化設備與自動化系統整合，建置雲端即時生產資訊管理系統，該系統具備即時監控、預警與異常修正功能，有效提升生產良率與設備壽命，並使管理效率大幅提升。

在推動循環經濟方面，紡織企業應優先選用可再生資源及生態友善的產品設計，並建立高效的廢棄物管理與回收機制。某紡織公司致力於提升資源利用率與降低消耗，自主開發多階段紡織廢水回收再利用技術，透過過濾與生物處理，有效控制污染並實現再利用，同時在設計階段即考量材料回收與再生的可行性，進一步提升產品的環境友好性，降低整體生產過程對環境的衝擊，增強市場競爭力。

在邁向淨零排放的進程中，企業應積極採用可再生能源（如太陽能與風能）並建立精確的碳排放監控系統，與供應鏈夥伴協作以降低整體碳足跡。某紡織公司已導入太陽能光伏系統與風能發電設施，降低對化石燃料的依賴，並建立碳排放監測系統，定期進行分析與報告，據以制定有效減排策略，並與上下游供應鏈合作，推動整體產業低碳轉型，強化永續供應鏈管理。

總體而言，紡織業在智慧生產、循環經濟與淨零排放方面具有高度潛力，惟仍須克服技術整合、管理機制與數據準確性等挑戰，唯有透過明確的長期規劃、創新技術應用與多方協作，方能實現高效且可持續的發展目標。

某紡織公司將持續投入綠色技術與創新解決方案，致力於降低環境負擔、提升生產效率，在循環經濟與淨零排放領域建立標竿，成為全球紡織業中具代表性的綠色技術領導者，為客戶與社會創造更高永續價值。

紡織業在推動智慧化生產、循環經濟與淨零排放的過程中，面臨諸多挑戰與轉型機會，智慧化生產可透過物聯網 (IoT)、數據分析與自動化設備，有效提升生產效率與產品品質，但企業需克服舊設備兼容性、系統整合與員工培訓等問題，才能順利導入。

某紡織公司導入雲端實時生產資訊管理系統，結合智慧化感測器、自動化設備與 AI 決策模型，能即時監控生產狀況，並針對異常情形快速發出預警與修正，導入後，生產良率提升約 15%、設備故障率下降約 30%、維修平均回應時間縮短至原本的 60%，顯著提升了生產穩定性與效能。

為導入該系統，企業需考量以下資源配置：

1. 經費需求：完整建置智慧生產與監控系統約需投資 3,000~5,000 萬元，依工廠規模與自動化程度而定；
2. 設備升級：約有 40~60% 老舊機台需加裝感測器或汰換以符合數據連接要求；
3. 人力培訓：需增聘或培訓 3~5 名資訊工程師／設備操作員，負責系統維護與數據分析。

在循環經濟方面，某紡織公司從產品設計階段即導入「可回收」、「低污染」材料思維，並開發多階段紡織廢水回收系統，該系統經過預處理、過濾、及生物反應處理後，可達到廢水回收率達 70%，每年可回收超過 20,000 噸水資源，不僅減少用水成本約 12%，也大幅降低對當地水資源的負擔。

目前，台灣約有 65% 的中小型紡織業者未建立完整回收體系，透過完善的廢棄物分類與回收機制，提升材料再利用率至 45% 以上，有效控制原物料成本與廢棄處理費用。

在邁向淨零排放的路上，某紡織公司簽訂 RE10x10 積極導入綠電太陽能光電系統與規劃評估儲能設備，目前已自產可再生能源佔總用電比約 22%。此外，建置精密碳排監測系統，並依據 ISO 14064 與 GHG Protocol 標準，定期盤查與報告排放數據，透過這些措施，年碳排放量已較導入前減少約 18%（約 1,500 公噸 CO₂e）。

根據評估，導入再生能源與碳管理系統的初期投資約需 1,000 萬元，但可於 5 年內回收成本，並可取得政府節能補助與綠色金融支持，進一步提升企業競爭力。

綜合來看，紡織業在智慧化生產、循環經濟與淨零轉型上擁有高度潛力，雖然導入過程中仍需克服技術整合、資源配置與數據準確性等挑戰，但只要制定明確的長期策略、分階段投入資本與人才，並強化與供應鏈夥伴的協作，即可實現以下綜合效益：

根據本研究實務經驗，建議紡織業者導入智慧化管理系統時應考慮以下要點：

1. 分階段投資策略：

- (1) 第一階段：智慧化生產系統
- (2) 第二階段：再生能源系統
- (3) 第三階段：廢水處理系統

2. 競爭優勢建立：

- (1) 生產效率提升 15~25%
- (2) 營運成本降低 10~18%
- (3) 碳排放減少 18%
- (4) 取得 ESG 認證優勢

參考文獻

洪志銘 (2017)，循環經濟與綠色經濟促成經濟轉型，經濟前瞻，108 年 5 月。

黎瑀蓉 (2018)，應用卷積神經網路於辨識製程異常樣式之研究 - 以紡織紗線製程為例，
中華民國品質學會第 54 屆年會暨 2018 國際品質管理研討會，109 年 11 月。

莊雅茹 (2020)，水處理回收技術 - 以紡織染整廢水處理為例，工業技術研究院，111
年 6 月。

郭子平 (2011)，從碳足跡：溫室氣體排放量盤查建立綠色產品管理制度～以 S 公司產
品型碳足跡為例，博碩士論文，112 年 4 月。

