國藥太極涪陵製藥廠建世界首座中藥工業「燈塔工廠」

中藥智造全球樣板 千年本草數字蛻變

走進燈塔工廠

在國藥太極涪陵製藥廠車間裏，機械臂正將一支支藿香正氣口服液裝入包裝盒，中控室內，幾名工作人員盯着屏幕上的實時數據——提取溫度、水分含量、有效成分曲線……上千台設備正在遠程自主運轉，車間裏幾乎看不到人。

今年6月22日，世界經濟論壇公布第十六批全球「燈塔工廠」名單，國藥太極涪陵製藥廠入選成為全球首座中藥工業「燈塔工廠」。



掃碼睇片

「中藥區別於標準化化工產品，藥材產地、季節、炮製火候都會影響藥材品質與成品藥效，藥材本身固有的批次波動特性，是中藥製造實現『燈塔工廠』嚴苛數字化製造審核要求的主要難點之一。」國藥太極涪陵製藥廠總經理潘宇接受香港文匯報記者專訪時指出，他在這座工廠工作了近三十年，從基層生產線一路走到管理崗位，親歷了中藥工業數字化智造的全過程。

將隱性經驗轉化為可量化、可複用的數字模型，中國千年本草的精華在「燈塔工廠」裏實現更加安全穩定的轉化提煉。

●香港文匯報記者 孟冰、張蕊 重慶報道





●「現代中藥產業大腦」智慧大屏實時呈現產業地圖、藥材行情、種植基地、供應鏈協同及智能製造等數據。 香港文匯報重慶傳真



●藿香正氣口服液自動化輸送線與智能包裝設備有序運行。 香港文匯報重慶傳真

◀工作人員正在對中藥材原料進行投料前檢查，從源頭把控藥材品質。 香港文匯報重慶傳真

傳統車間 VS 「燈塔工廠」

生產模式

- 1972年建廠時完全靠手工製藥；2000年前後單點自動化；2013年前後設備連線運行。
- 2021年起全面轉向數字化、數控，中控室遠程管控1,200多台設備，車間幾乎看不到人。

質量控制

- 高度依賴人工經驗與定性過程控制。檢測需取樣送實驗室離線檢測，耗時很長；屬於「事後檢測」的「黑箱」管控。
- 引入近紅外光譜探頭實時監測，以「黃金批次」為標尺，算法實時比對曲線。檢測周期由小時級縮短至分鐘級，實現數據驅動的透明化質控。

人員結構

- 中藥提取車間高溫高濕，靠人工值守，工人需在惡劣環境下操作閥門、觀察參數。
- 人員縮減約三分之二（配比降至60%左右），通過新建生產線置換，老員工轉崗培訓，在中控室輕點屏幕即可完成操作。

技藝傳承

- 靠老師傅「看火候、憑手感」，觀察煙色、聽聲響、試溫度。標準難以統一，面臨「人走技失」的斷檔風險。
- 將老藥工經驗轉化為算法訓練的標準數據，建立數字化知識庫。老藥工轉型為工藝標準制定者和數字模型驗證者。

供應鏈協同

- 信息斷頭路嚴重，種植端不知道工廠需求，工廠不知田間庫存，靠電話和中間商傳話，產能錯配。
- 依託「產業大腦」串聯上下游500多家配套企業、22家合作醫療機構，實現供需精準匹配、產能協同與質量閉環。

核心成效

- 藥材批間差異大，批次質量波動大，生產效率受限於人工。
- 生產效率提升47.6%，人均產值增長51.9%，產品批次變異系數明顯降低。

傳統中藥生產過程高度依賴人工經驗，轉型面臨三大挑戰：藥材質量批間差異大、經驗難以標準化、傳統技藝傳承難。為此，國藥太極涪陵製藥廠錨定「產效提升、質量改進、成本控制、節能降碳」核心目標，部署了30餘項前沿技術解決方案，以優化生產提升設備綜合效率，降低批間質量差異與生產成本，並將關鍵隱性知識進行數字化沉澱，培養了一批高質量複合型中藥產業數字化人才，實現從數字化到智能化的等級躍遷。

藥品行業強監管 規範性要求高

潘宇舉例稱，中藥材本質上是農產品。同一味藥，產地不同、採收季節不同、批次不同，性狀就有差異。傳統炮製靠老師傅「看火候、憑手感」，炒製時觀察煙色、聽聲響、試溫度，靠的是個人經驗。不同人的感官判斷存在偏差，經驗型工藝標準難以量化、穩定落地。

涪陵製藥廠的轉型大致經歷了四個階段：1972年建廠時完全靠老師傅手工製藥；九十年代初，中藥加工設備步入機械化時代，生產能力大幅提升；2003年起，應用分段式自動化生產線及局部信息化改造，通過「機器換人」，不斷提高生產效率；2021年起，全面實施數字化、智能化轉型升級。2024年底，工廠從30多個數智化用例中篩選出7個做了「燈塔工廠」的正式申報。「從萌生想法到最終入選，走了五年。信心也有，難度也很大。」潘宇坦言。

其中難點之一是藥品行業的監管比普通工業更為嚴苛，潘宇告訴香港文匯報記者，藥廠發生重大工藝變更都需要向藥監部門申報，「我們做藥品是強監管行業，基本規範性要求非常高，涉及註冊相關的重大變更需要得到監管許可。這意味着中藥工業的數字化比一般製造業多了一道審批關卡，涉及產品質量屬性的每一次參數調整、系統升級都需要慎之又慎。」

將隱性經驗轉為可量化數字模型

轉型中最難突破的環節，潘宇認為是將隱性經驗轉化為可量化、可複用的數字模型。他舉例稱，以前檢測藥材水分，需要取樣送到實驗室離線檢測，耗時很長。現在應用光譜過程分析技術，把光譜儀器放在生產線旁邊取樣檢測，檢測效率得到提升——這也是他最自豪、認為最具顛覆性的場景：質量標誌物智能分析管控。

藥品的質量標誌物是與臨床療效、安全性直接關聯的標誌物質，不限於單一化學組分。傳統中藥的質量檢測是取樣、送檢、等報告，但無法實時捕捉各工序中質量標誌物的動態變化。如今，他們在產線上嵌入近紅外光譜探頭，藥液流過去就能實時讀出成分數據，用算法盯着每一批藥的曲線，有效管控、縮小藥品批次之間的質量波動差異問題。「以前中藥質量管控多以離線事後檢測為主，生產過程關鍵質量變化難以實時掌握，現在變成了數據驅動的透明化質控體系。」潘宇說。

人機協同 老藥工轉型「新工匠」

工廠公布的數據顯示，生產效率提升47.6%，人均產值增長51.9%。數字化帶來的直接變化之一是人員結構。與老生產線相比，質量管控、工藝驗證、數據分析類專業人員配置得到強化。

「我們人員結構調整不是裁員，是通過新建生產線來做置換。」潘宇解釋，過去中藥提取車間高溫高濕，靠人工值守，工人要在惡劣環境下操作閥門、觀察參數。現在工作人員在中控室輕點屏幕即可遠程管控1,200多台（套）設備。對於在一線工作多年的老藥工來說，這種轉變意味着角色的根本變化。

工廠圍繞數字化轉型構建了分層分級的人才體系，組建跨層級數智化團隊。老藥工的經驗被轉化為算法訓練的標準數據，同時工廠開展智能設備操作、數字化系統應用等實操培訓，並通過數字化知識庫將炮製技藝標準化留存。老藥工不再是單純的體力勞動者，而是工藝標準制定的參與者和數字模型、輸出結果的驗證者。



●太極醫藥城中藥前提車間提取罐區。 香港文匯報重慶傳真

以數據詮釋本草 用標準連接世界

特稿

入選「燈塔工廠」的喜訊傳來，大家的反應讓潘宇印象深刻。「特別是一線工人，他們感覺更直觀——自己的努力獲得了國際認可，他們把好消息告訴我的時候，臉上洋溢着認同和自豪，就像自己的孩子得獎了一樣高興。」

在潘宇看來，獲評只是起點，他希望通過數智化經驗提煉、輸出，打造可複製、可推廣的中藥工業轉型範本。目前，工廠提煉涵蓋「種植溯源—智能揀選—炮製數字化—質量標誌物管控—澄明度根因分析—藥渣綠色循環」六大核心場景的解決方案，覆蓋中藥生產全鏈條，同時搭建行業共享平台，參與行業標準制定，讓「燈塔」真正發揮示範引領作用。

標準化是中醫藥出海的長期難點，國際標準化組織傳統醫藥技術委員會（ISO/TC 249）主席、上海中醫藥大學附屬曙光醫院終身教授沈遠東在談及中醫藥國際化時表示，中醫藥目前缺乏全球統一的質量和安全標準，而中醫藥國際標準化，是中醫藥「走出去」的基本條件和關鍵保障。沈遠東認為，標準是世界共同語言，中藥要進入國際貿易體系，先要把質量、安全、追溯和工藝穩定性變成可驗證、可互認的規範。

數據與標準化解國際質疑

海外對中藥的質疑，很大程度上正是源於無法用現代數據語言解釋其療效。「標準化以後，能用現代數據講清楚它的淵源和機理，讓其他國家更好接受。」潘宇說，「當中藥的質量屬性可以用光譜數據、質量標誌物、在線監測來量化表達時，溝通的語言就通了。」

在核心單品太極藿香正氣口服液上，其市場地位足以說明數智化帶來的產業集中度優勢。潘宇透露，太極品牌基本佔據藿香正氣口服液體製劑市場90%以上，在藿香正氣品類全渠道市場份額接近過半。「藥方是公開的古方，但我們用二十年自動化積累和五年數字化轉型，依靠穩定可靠的質量管控體系，把這道護城河築成了行業標杆。」

潘宇對中藥傳承有自己的理解：「傳承和創新聽起來有點矛盾，但我的理解是，在遵循中醫藥理論基礎上，用現代技術去驗證這個理論，讓更多人能夠用現代化的語言說明白、講清楚這個原理。」



●展示櫃中陳列着不同版本包裝的太極牌藿香正氣口服液。 香港文匯報記者 孟冰 攝

協同政府搭「產業大腦」 串聯500餘家上下游企業

中藥產業鏈長期存在信息與質量壁壘：種植端不知工廠要什麼，工廠不知地裏有多少貨，醫療機構需求難傳導至生產端，這也常常導致豐產年搶收、歉收年斷供的現象發生。

為此，由重慶市經濟和信息化委員會統籌，涪陵區人民政府揭榜掛帥，國藥太極承建運營的「現代中藥產業大腦」於2026年3月正式發布。

這並非一個普通的企業管理系統，而是集「現代中藥+產業互聯網+消費互聯網」於一體的生態系統，全鏈路的數據中樞，目前已連接了產業鏈上下游500多家配套企業、22家合作醫療機構，全面打通了中藥材規範化種植、新藥研發、智能生產、倉儲流通等環節的數據壁壘，實現了市場供需的精準匹配與產業鏈資源的高效協同。

質量信息全流程可追溯

從項目覆蓋範圍來看，這套系統目前已覆蓋上下游企業500餘家、種植基地120餘個、種植戶2,000餘戶，初步構建起從田間到車間、從車間到消費者的質量信息全流程可追溯、全環節管控、全產業鏈賦能的數字化生態。

「我們聚焦提質、增效、降本、綠色四大核心目標，將物聯網、機器視覺、人工智能、數字孿生等前沿技術深度融入中藥生產全環節。」潘宇表示，通過這套系統，工廠真正實現了產業鏈上下游的協同與共贏。