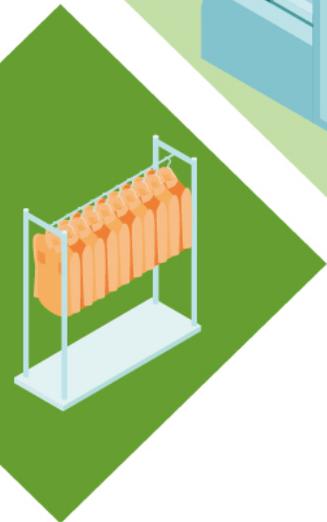
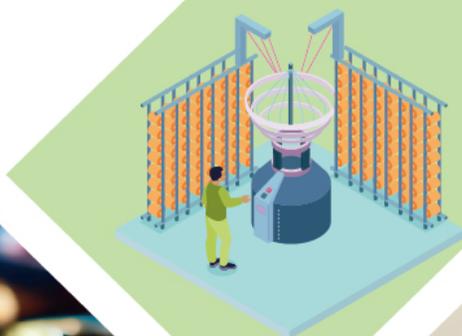


113
年度 紡織業

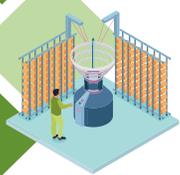
低碳生產技術彙編

中華民國113年9月



113
年度 **紡織業**
低碳生產技術彙編

中華民國113年9月



1.緒言	1
2.產業概況	3
2.1 產業簡介	4
2.2 主要製程特性	9
2.3 未來發展方向及面臨問題	10
3.低碳生產技術設備	15
4.低碳生產技術設備應用與實務案例	23
4.1 高溫圓形低浴比染色機技術	24
4.1.1 應用場域	24
4.1.2 實務案例介紹	27
4.2 定型機餘熱回收技術	32
4.2.1 應用場域	32
4.2.2 實務案例介紹	35
4.3 貫流式蒸氣鍋爐搭載台數控制技術	39
4.3.1 應用場域	39
4.3.2 實務案例介紹	42
4.4 紡絲冷卻環吹系統技術	47
4.4.1 應用場域	47
4.4.2 實務案例介紹	49
4.5 磁懸浮無油變頻離心冰水主機	53
4.5.1 應用場域	53
4.5.2 實務案例介紹	58
4.6 螺桿式水蒸汽壓縮熱泵系統	62
4.6.1 應用場域	62
4.6.2 實務案例介紹	66

4.7 高效率螺旋式鼓風機 -----	71
4.7.1 應用場域 -----	71
4.7.2 實務案例介紹 -----	76
4.8 吸收式冷凍機改善技術 -----	80
4.8.1 應用場域 -----	80
4.8.2 實務案例介紹 -----	84
4.9 高效率之軸流風扇 -----	90
4.9.1 應用場域 -----	90
4.9.2 實務案例介紹 -----	92
4.10 電磁式加熱技術 -----	97
4.10.1 應用場域 -----	97
4.10.2 實務案例介紹 -----	100
4.11 低浴比染機改善技術 -----	106
4.11.1 應用場域 -----	106
4.11.2 實務案例介紹 -----	108
4.12 定型機天然氣燃燒機節能改善技術 -----	114
4.12.1 應用場域 -----	114
4.12.2 實務案例介紹 -----	117
結語 -----	121
參考文獻 -----	123
延伸閱讀 -----	127



圖 目 錄

圖2.1-1 紡織產業結構	4
圖2.1-2 長纖維生產流程	7
圖2.1-3 短纖維生產流程	8
圖2.3.1-1 2020~2050 NZE情境中排放減量措施	11
圖2.3.2-2 臺灣2050淨零轉型十二項關鍵戰略	12
圖2.3.2-3 臺灣紡織業2030年減碳路徑	13
圖4.1.1-1 高溫圓形低浴比染色機	25
圖4.1.1-2 智慧水洗之傳輸感應系統	25
圖4.1.1-3 染液均勻混合系統	26
圖4.1.1-4 擴充多缸連接系統示意圖	27
圖4.1.2-1 改善前流程示意圖	28
圖4.1.2-2 案例廠改善前設備圖	28
圖4.1.2-3 改善後流程示意圖	29
圖4.1.2-4 案例廠改善後設備圖	29
圖4.2.1-1 定型機餘熱回收示意圖	33
圖4.2.2-1 案例廠設備改善後示意圖	35
圖4.3.1-1 台數控制器架構圖	40
圖4.3.1-2 非對稱控制示意圖	41
圖4.3.2-1 改善前蒸汽壓力及蒸汽量分析圖	43
圖4.3.2-2 改善後運轉結果	44
圖4.3.2-3 改善後貫流式蒸汽鍋爐搭載台數控制	44
圖4.4.1-1 紡絲冷卻環吹系統示意圖	48
圖4.4.2-1 案例廠設備改善前示意圖	49
圖4.4.2-2 案例廠設備改善後示意圖	50
圖4.5.1-1 磁懸浮軸承系統示意圖	54
圖4.5.1-2 磁懸浮壓縮機構造示意圖	54
圖4.5.1-3 磁懸浮冰水主機構造示意圖	55
圖4.5.1-4 傳統冰水主機與磁懸浮式冰水主機的管路配置差異比較	56
圖4.5.2-1 案例廠設備改善前照片	59
圖4.5.2-2 案例廠設備改善後照片	59
圖4.6.1-1 傳統蒸發/機械壓縮及螺桿式壓縮熱泵的蒸發/精餾原理	62
圖4.6.1-2 螺桿式水蒸汽壓縮熱泵示意圖	64
圖4.6.2-1 改善前流程示意圖	66
圖4.6.2-2 改善後流程示意圖	67

圖4.6.2-3 案例廠設備改善後示意圖 -----	68
圖4.7.1-1 魯式鼓風機流程圖 -----	71
圖4.7.1-2 螺旋式鼓風機流程圖 -----	72
圖4.7.1-3 啟動閥與安全閥組 -----	73
圖4.7.1-4 變頻驅動技術加無油螺旋式鼓風機外觀圖 -----	74
圖4.7.1-5 變頻驅動技術加無油螺旋式鼓風機設備構造圖 -----	74
圖4.7.2-1 案例廠設備改善前照片 -----	76
圖4.7.2-2 案例廠設備改善後照片 -----	77
圖4.8.1-1 吸收式冰水機-熱能驅動示意圖 -----	80
圖4.8.1-2 單效蒸汽型溴化鋰吸收式冷凍機工作循環示意圖 -----	82
圖4.8.1-3 雙效熱水型溴化鋰吸收式冷凍機示意圖 -----	82
圖4.8.1-4 溴化鋰冷凍機外觀圖 -----	83
圖4.8.2-1 聚酯PET聚合製程 -----	85
圖4.8.2-2 吸收式冷凍機回收製程蒸餾塔之餘熱流程圖 -----	86
圖4.8.2-3 吸收式冷凍機回收製程蒸餾塔之餘熱改造 -----	88
圖4.9.1-1 碳纖維強化塑膠葉片風扇結構 -----	91
圖4.9.2-1 改善前排風機相關資料 -----	93
圖4.9.2-2 改善後排風機相關資料 -----	94
圖4.10.1-1 感應加熱系統基本架構 -----	97
圖4.10.1-2 電磁感應加熱原理圖 -----	98
圖4.10.1-3 電磁式加熱系統 -----	98
圖4.10.2-1 案例廠工業用絲生產流程 -----	100
圖4.10.2-2 電阻式及電磁感應式加熱聚酯粒之熔融過程比較 -----	101
圖4.10.2-3 押出機電阻式加熱器改善前照片 -----	102
圖4.10.2-4 押出機電磁式加熱改善後照片 -----	103
圖4.11.1-1 低浴比染色機缸體示意圖 -----	107
圖4.11.1-2 低浴比染色機台 -----	107
圖4.11.2-1 案例廠生產流程圖 -----	108
圖4.11.2-2 染色製造流程圖 -----	109
圖4.11.2-3 改善前染色機(浴比1:13.6)及能耗量測 -----	119
圖4.11.2-4 改善後染色機(浴比1:6.7) -----	111
圖4.12.1-1 直燃式天然氣燃燒機直接加熱示意圖 -----	115
圖4.12.1-2 定型機天然氣燃燒機(德國Weishaupt) -----	115
圖4.12.2-1 案例廠梭織印花布製造流程圖 -----	117



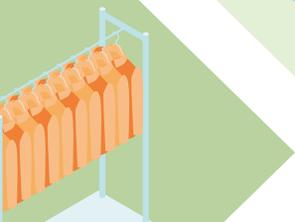
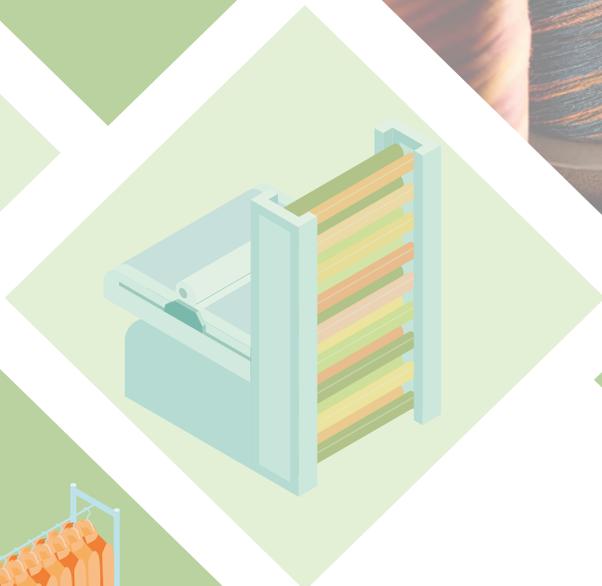
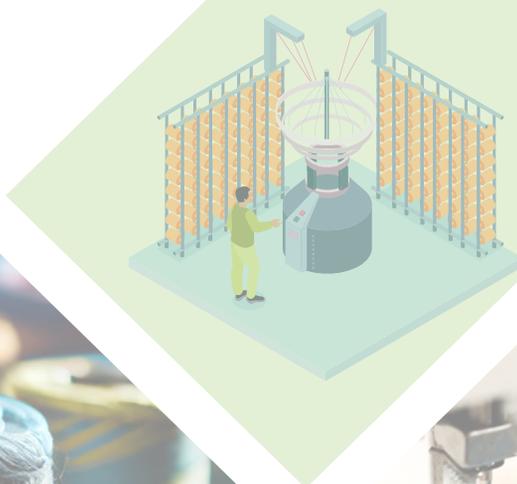
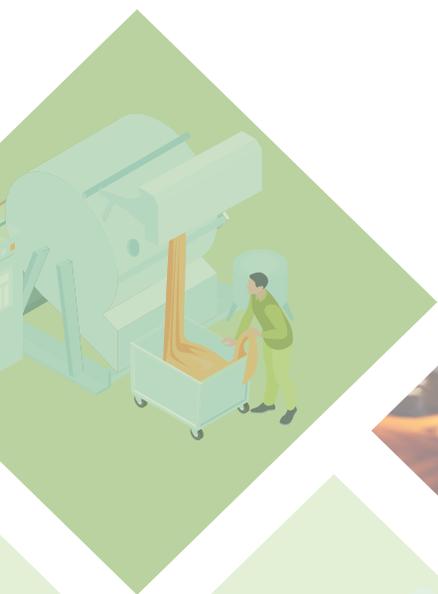
表 目 錄

表2.1-1 中華民國行業標準分類-紡織產業	5
表2.1-2 2014~2024年臺灣紡織業生產總額統計	6
表3-1 紡織業低碳生產技術特點及適用範圍	16
表4.1.2-1 染色機改善前後差異比較	31
表4.2.2-1 案例廠改善後系統之節能計算表	37
表4.3.2-1 案例廠改善前後鍋爐系統相關資料	46
表4.4.2-1 案例廠改善前後系統相關資料	51
表4.5.2-1 案例廠改善前後系統相關資料	60
表4.6.2-1 案例廠改善前後系統相關資料	69
表4.7.2-1 案例廠改善前後系統之相關資料	78
表4.8.2-1 吸收式冷凍機回收餘熱之節能量	87
表4.9.2-1 高效率軸流節能風機改善前規格	93
表4.9.2-2 高效率軸流節能風機改善後規格	94
表4.10.2-1 L12~L17押出機電阻式加熱器改善前功率	102
表4.10.2-2 L12~L17押出機電磁式加熱器改善後功率	103
表4.10.2-3 L12~L17押出機電磁式加熱器改善節電量	104
表4.12.1-1 烘箱加熱方式及熱源	114

113 年度 紡織業

低碳生產技術彙編

1. 緒言





1. 緒言

《溫室氣體減量及管理法》於 2015 年 7 月 1 日總統令公布施行，為因應氣候變遷作為奠定法制基礎。惟全球氣候變遷現象嚴峻，為加速我國減碳作為並強化氣候變遷調適，《氣候變遷因應法》^{〔1〕}已於 2023 年 2 月 15 日總統令公布施行，並將國家長期減量目標、提升氣候治理、推動碳定價、強化氣候變遷調適等納入法案中。國家溫室氣體長期減量目標為 2050 年淨零排放，並呼應國際碳排放管理趨勢及歐盟碳邊境調整機制 (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM)，將分階段徵收碳費入法，期能藉此加速國內廠商推動 2050 淨零排放規劃，逐步落實低碳生產轉型，以確保產品外銷競爭力，避免遭受非關稅之貿易障礙。依據環境部氣候變遷署「2024 年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告」^{〔2〕}顯示，2022 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量為 20,240 千公噸 CO₂e(CO₂、N₂O、CH₄ 及含氟氣體)^{〔2〕}，顯示在全球淨零排放趨勢下，製造部門未來所面臨之減碳壓力將與日俱增。

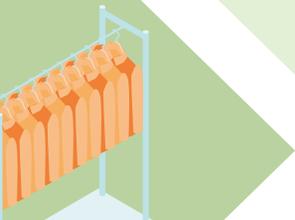
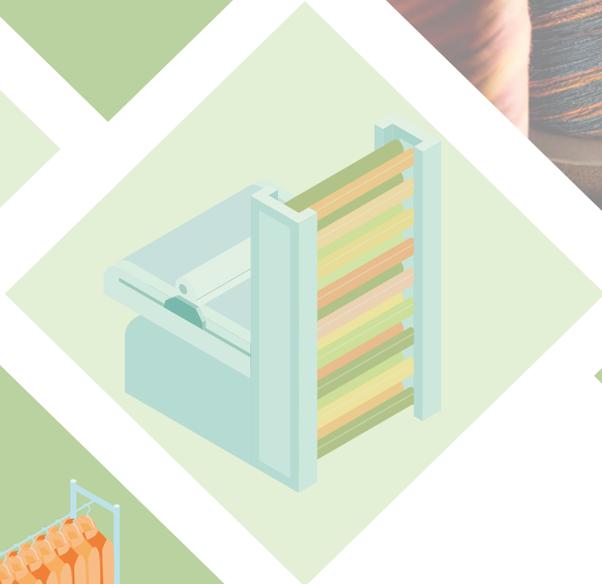
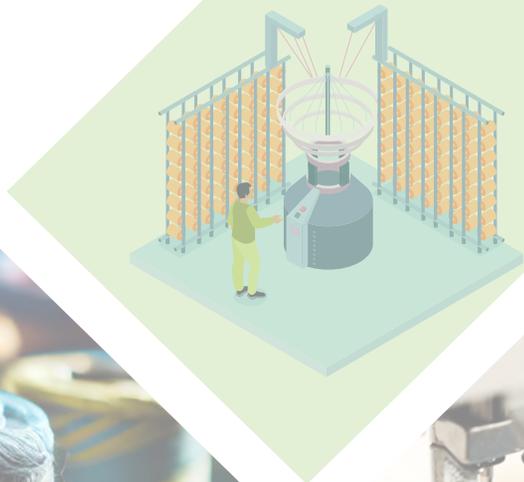
面對國內《氣候變遷因應法》與國際溫室氣體排放管制趨勢，推動製造部門溫室氣體減量刻不容緩。經濟部產業發展署（下稱產發署）為協助產業落實減碳工作，輔導企業低碳升級轉型與永續發展，以協助產業因應日趨劇烈變化的氣候與經營環境，確保產業競爭力。由於製程技術或設備導入須考量之因素眾多，為協助工廠順利進行低碳製程新技術或設備導入之前期規劃，遂著手辦理「低碳生產技術彙編」，藉由各產業專家建議低碳技術設備之技術介紹及實務案例，協助企業排除技術篩選之困擾與障礙，期能順利導入低碳生產技術或設備。

產發署於 2018 年已完成紡織業低碳生產技術彙編，由於低碳生產技術發展日益更迭，本次彙集收錄相關低碳技術及實務案例，增補與更新低碳技術內容，以加速推廣低碳技術之產業應用。本彙編相關案例皆為產業先進實際應用所得出之寶貴經驗，惟參採時仍須考量個案適用性，包括經濟層面、技術層面及工程層面，選用時宜多加評估各方面之可行性。

113 年度 紡織業

低碳生產技術彙編

2. 產業概況





2. 產業概況

2.1 產業簡介

紡織產業鏈上游除了天然的棉花、毛料、絲、麻等，其餘為石化原料，經製造成天然纖維產品、人造纖維產品或再生纖維產品後，再紡成紗線，然後經過織造成布疋，再經漂白、染色、印花、塗佈、整理等染整程序，裁製縫合為成衣製品或其他相關紡織商品。

紡織品製造流程可分為纖維、織造、染整、成衣 / 家居紡織類品等四大階段，其中織造又可進一步區分為紡紗與織布兩個步驟，大致以上、中、下游區分，上游為纖維業，中游有紡紗業及織布業，下游則為染整業與成衣業，紡織產業結構如圖 2.1-1 所示。



資料來源：產業價值鏈資訊平台，紡織產業鏈簡介，2024 年⁽³⁾

圖2.1-1 紡織產業結構

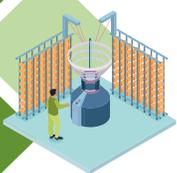
根據行政院主計處中華民國行業標準分類 (如表 2.1-1 所示)〔4〕，紡織產業包括紡織業與成衣及服飾品製造業，而紡織業下細類產業包括紡紗業、織布業、染整業、紡織製品製造業，其中有關人造纖維部分 (包含人造纖維紡紗業、人造纖維梭織布業及人造纖維加工絲業)，其上游原材料的人造纖維製造業並不歸類於紡織業，而屬於化學材料製造業項下之細類產業。

表2.1-1 中華民國行業標準分類-紡織產業

分類編號-行業名稱		
中類	小類	細類
11-紡織業	111-紡紗業	1111棉紡紗業、1112毛紡紗業、1113人造纖維紡紗業、1114人造纖維加工絲業、1119其他紡紗業
	112-織布業	1121棉梭織布業、1122毛梭織布業、1123人造纖維梭織布業、1124玻璃纖維梭織布業、1125針織布業、1129其他織布業
	113-不織布業	1130 不織布業
	114-印染整理業	1140 印染整理業
	115-紡織品製造業	1151紡織製成品製造業、1152繩、纜及網製造業、1159其他紡織品製造業
12-成衣及、服飾品製造業	121-梭織成衣製造業	1211梭織外衣製造業、1212梭織內衣及睡衣製造業
	122-針織成衣製造業	1221針織外衣製造業、1222針織內衣及睡衣製造業
	123-服飾品製造業	1231襪類製造業、1232紡織手套製造業、1233紡織帽製造業、1239其他服飾品製造業
18-化學材料製造業	185-人造纖維製造業	1850人造纖維製造業

資料來源：行政院主計總處，行業標準分類第 11 次修訂，本計畫彙整，2024 年⁽⁴⁾

紡織業中的人造纖維產業在我國經建計畫中位居重要樞紐地位，上溯石化工業，下迄加工絲、紡紗、梭織、針織、織布、染整、製衣...等加工製造產業，並發展成為一個系統完整的紡織產業。彙整 2014 ~ 2024 年臺灣紡織業生產總額統計如表 2.1-2 所示。



113 年度 紡織業
低碳生產技術彙編

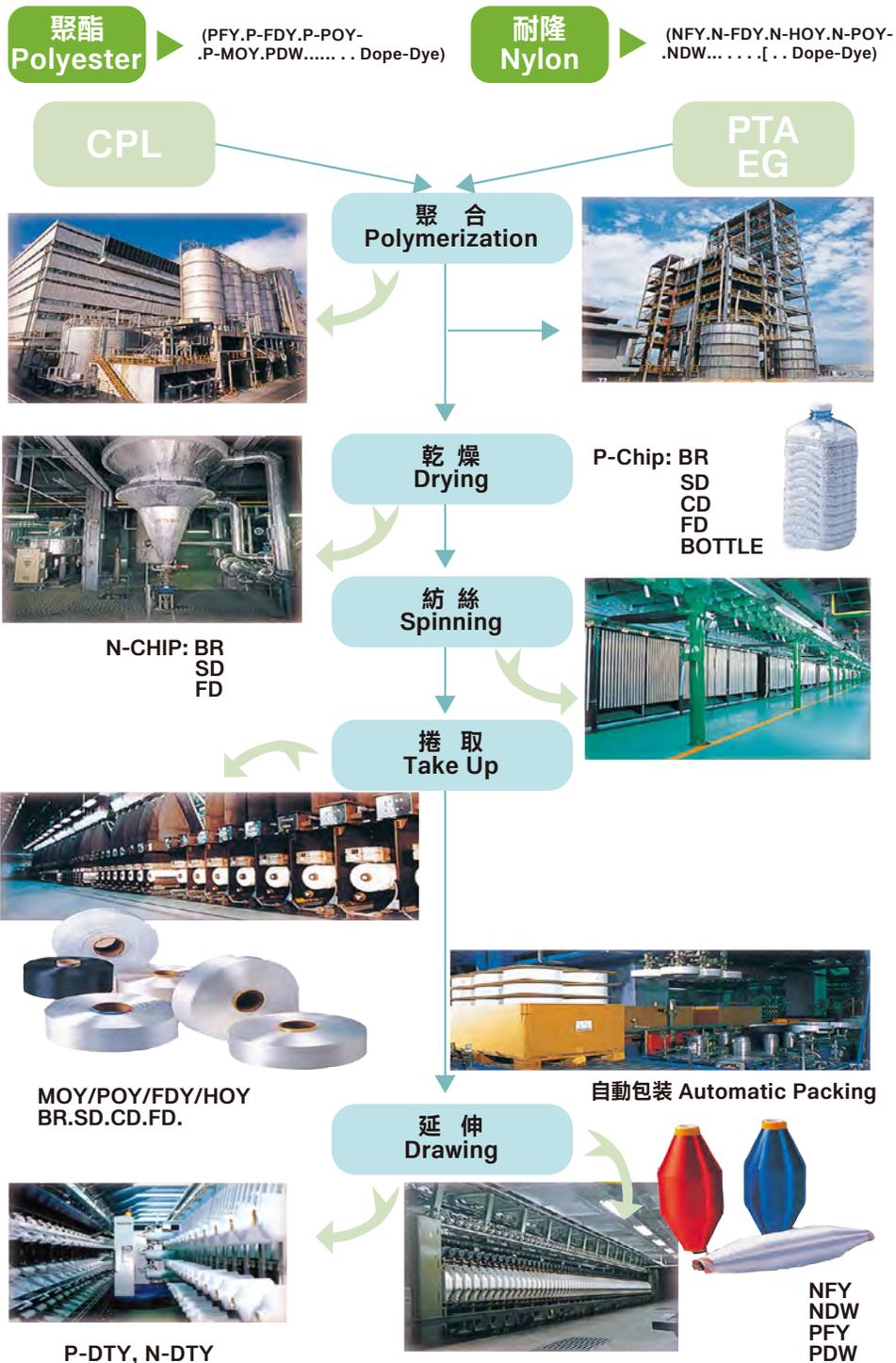
表2.1-2 2014~2024年臺灣紡織業生產總額統計

單位：新台幣億元

年度	人造纖維業	紡織業	成衣及服飾業	總計
2014	1,327	3,318	313	4,958.2
2015	1,148	3,309	313	4,770.8
2016	1,017	3,117	307	4,441.8
2017	1,005	3,087	290	4,381.2
2018	1,070	3,132	270	4,472.1
2019	900	3,028	269	4,197.3
2020	632	2,690	243	3,565.2
2021	817	3,104	260	4,181.3
2022	755	3,115	271	4,141.7
2023	566	2,498	204	3,267.4
2023/2022 成長率(%)	-25.1%	-19.8%	-24.9%	-21%
占整體紡織產業百分比(%)	23%	72%	5%	100%
2024 ^f	600.5	2,638.6	205	3,444.1
2024 ^f /2023 成長率(%) ^f	6.1%	5.6%	0.5%	5.4%

備註：人造纖維業統計數字包含碳纖維及玻璃纖維；f 為預測值。

資料來源：經濟部統計處，紡織所 ITIS 計畫整理推估，2024 年 4 月。⁽⁵⁾



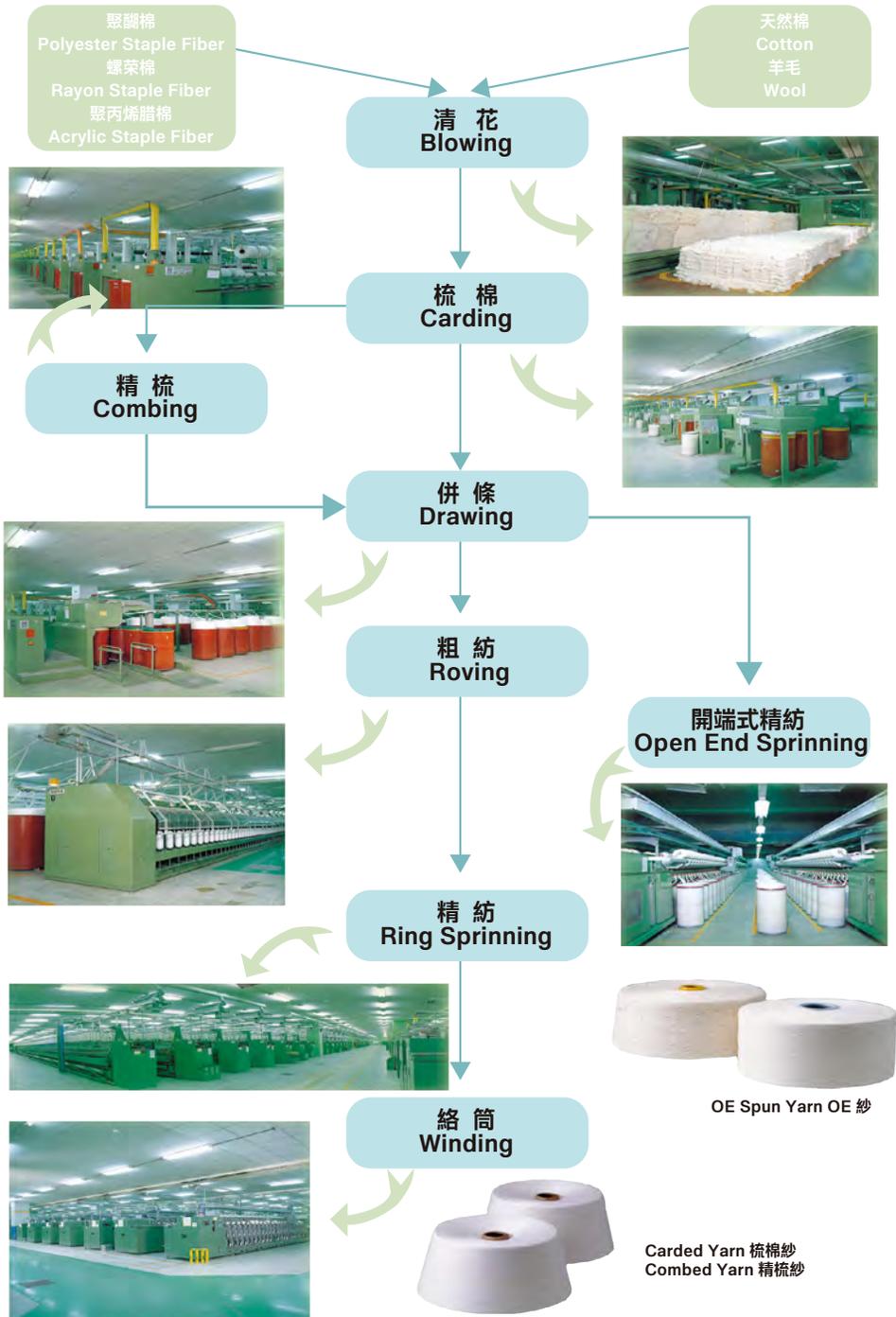
資料來源：紡安股份有限公司，臺灣區人造纖維製造工業同業公會整理編製

圖2.1-2 長纖維生產流程



**短纖紗
Spun Yarn**

(Ring:C.T.T/C.CVC.R... Coloured)
(OE:C.T.T/C.CVC.R.T/R... Coloured)



資料來源：紡安股份有限公司，臺灣區人造纖維製造工業同業公會整理編製

圖2.1-3 短纖紗生產流程

臺灣的人造纖維產業在各種紡織用途方面努力深耕，紡織領域的供應主要是以高科技、機能性、差異化、高附加價值生產為主，提供下游製作各項特殊功能的機能性布料；同時配合政府紡織產業政策，朝向家飾以及產業的用途廣泛開發，積極進行結構調整，促使我國人纖紡織產業建立完整的合作供應鏈，成功打造臺灣人造纖維成為全球紡織原料最優良的主要供應地位。

染整是紡織產業中最耗能、耗水的一環，但染整也是提供紡織產品差異化及附加價值的重要環節，為了因應國際間對環保的要求，近來染整業著重於提升染整技術，發展低碳或環保綠色商品，以達到節能減碳，生產符合國際環保法規之產品。

本彙編將聚焦在「人造纖維業」與「染整業」等造成溫室氣體排放量比重高的紡織產業。

2.2 主要製程特性

人造纖維製程，在固態或液態低分子聚合過程中需要大量熱能，反應完成之高分子熔料經冷卻切粒，熱水洗淨萃取時需耗用大量蒸汽，粒子烘乾需要熱風，輸送及儲存亦依賴高壓乾燥空氣，所以製程中馬達、空調、高壓空氣、鍋爐等，缺一不可，是高度耗能之製程。

染整業大致可分成前處理、印染製程及後整理，前處理包括燒毛、退漿、精練、漂白、絲光及預整理加工等；印染製程又可分為紗線染色、針織布浸染、短纖梭織布染整、長纖梭織布染整及印花工程；後整理包含脫水烘乾尺寸安定、磨毛、刷毛、搖粒及特殊機能性（防水、防火、透溼、防水、抗菌、防臭、遠紅外線）加工……等。

染整製程之主要能耗為退漿、精練、水洗、染色、烘乾、定型、後整理等階段。退漿水洗機功用為織物染色前去除纖維表面及內部不純物，同時在織物上加入漂白、絲光等特殊性質，其中清洗過程需要大量高溫水，而清洗後烘乾則需要大量蒸汽，所以退漿水洗機令用水及能源耗用量相當大，約占染整廠整體能耗之 40%。



2.3 未來發展方向及面臨問題

2.3.1 未來發展方向

1. 創新產品開發是臺灣人造纖維產業重要發展方向之一

差異化創新產品開發是臺灣化纖產業發展的重點項目，簡易的指標就是「機能、環保、流行」。

臺灣人造纖維及加工絲產業，多年來持續研發創新，累積了強大的開發動能，不斷推出各種引領市場流行趨勢及環保綠能的機能性纖維產品，提供中、下游產業多樣且高值化、差異化、節能減碳的優良原材料。

針對人造纖維創新產品的開發，歸納朝向以下六大重點發展：

- (1) 高科技、多機能、創新素材
- (2) 涼感衣、發熱衣、溫度管理
- (3) 智慧衣、保健紗、智慧管理
- (4) 產業用、家飾用、擴展研發
- (5) 短纖維、不織布、醫療保健
- (6) 減碳排、節能源、永續環保

2. 在永續經營的環保議題上，臺灣化纖產業持續不斷的在許多領域為環境作出貢獻，這也是臺灣化纖紡織產業界的利基。

目前纖維業界基於自發性對地球環境的保護，以及展現企業社會責任，從生質材料、回收再利用、環保低碳、環境友善、可自然分解……等多方面著手發展，彰顯業界在推動「永續環保」產品的開發上不遺餘力。

2024年巴黎奧運於7月26日盛大登場，法國表示要打造「史上最環保的奧運」，積極呼應「巴黎協定」減碳目標及展現對永續發展貢獻的決心，其我國紡織品亦在本次奧運中展現了創意及環保意識，此次中華隊衣服、鞋子、奧運會徽和袖口臂章，皆由我國紡織廠商設計和製作，在本屆奧運綠色運動潮流下，不僅是中華隊服飾，我國紡織廠商也提供其他國家代表隊服飾所需的機能性布料，如我國廠商之回收綠色紡織品已被為美、法、加拿大等多個國家代表隊採用。

無論是節能或減廢，臺灣人造纖維產業持續不斷的在許多領域為環境作出貢獻，這也是臺灣化纖紡織產業界的最大利基。

3. 推動產業AI智慧機械化掌握關鍵技術

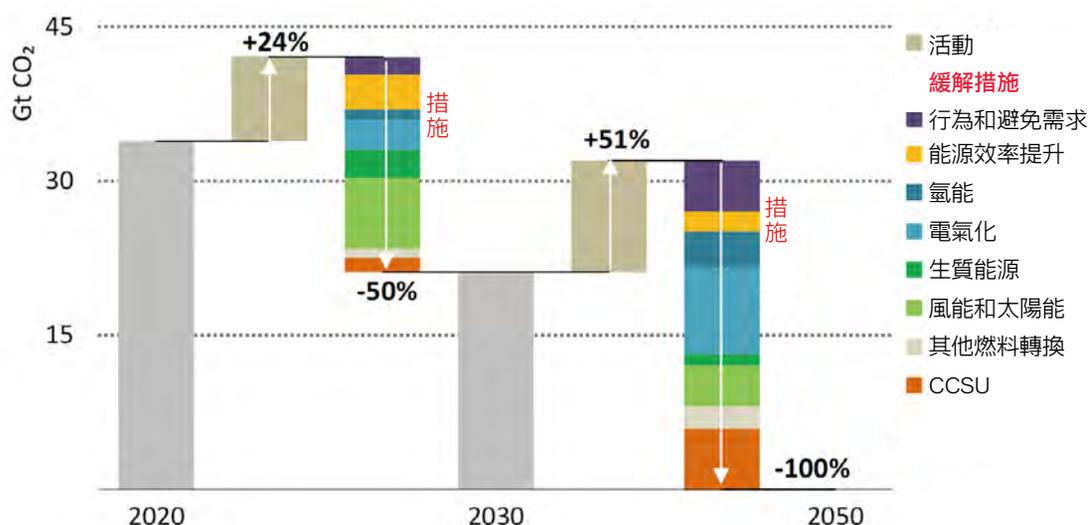
面對全球化經濟發展趨勢，產業積極配合政府政策導入智慧製造資訊應用，掌握智慧製造應用商機，以期帶動企業逐步達到 AI 智慧機械化，提升整體產業競爭力！

綠色製造 AI 智慧生產已成為國際上各國競相推動的趨勢，從國際競爭的角度來看，可以明顯看到美國、德國、日本為保持世界製造強權地位，相繼推出製造業升級計畫。我國為強化國際競爭力，由政府積極倡導邁入 AI 智慧機械化，宣示幫助臺灣業者掌握關鍵技術，跟上全球智慧生產浪潮，希望透過產業 AI 智慧機械化生產具有國際競爭力的新一代產品，以維持臺灣在全球供應鏈的地位。

2.3.2 產業面臨的挑戰

1. 面對氣候變遷造成全球環境影響，臺灣2050淨零轉型

依國際能源總署 (International Energy Agency, IEA) 2050 淨零排放路徑規劃 (Net-Zero Emissions by 2050 Scenario, NZE)⁽⁶⁾，工業部門的 CO₂ 排放量在 2030 年必須下降 20%，2050 年下降 93%，未來 30 年達成全球能源系統脫碳的主要支柱為：行為和避免需求、能源效率提升、氫能、電氣化、生質能源、風能和太陽能、其他燃料轉換、碳捕獲、封存與再利用技術 (Carbon Capture, Storage and Utilization, CCSU) 等 8 大項，如圖 2.3.2-1 所示。



註：活動為能源服務需求因經濟和人口增長而變化；行為為用戶決策導致的能源服務需求變化，例如改變加熱溫度；避免的需求為能源服務需求因技術發展而發生的變化，例如數位化；其他燃料轉變為從煤炭和石油轉向天然氣、核能、水電、地熱、聚光太陽能或海洋。

資料來源：IEA, Net Zero by 2050- A Roadmap for the Global Energy Sector, July 2021. ⁽⁶⁾

圖2.3.2-1 2020~2050 NZE情境中排放減量措施



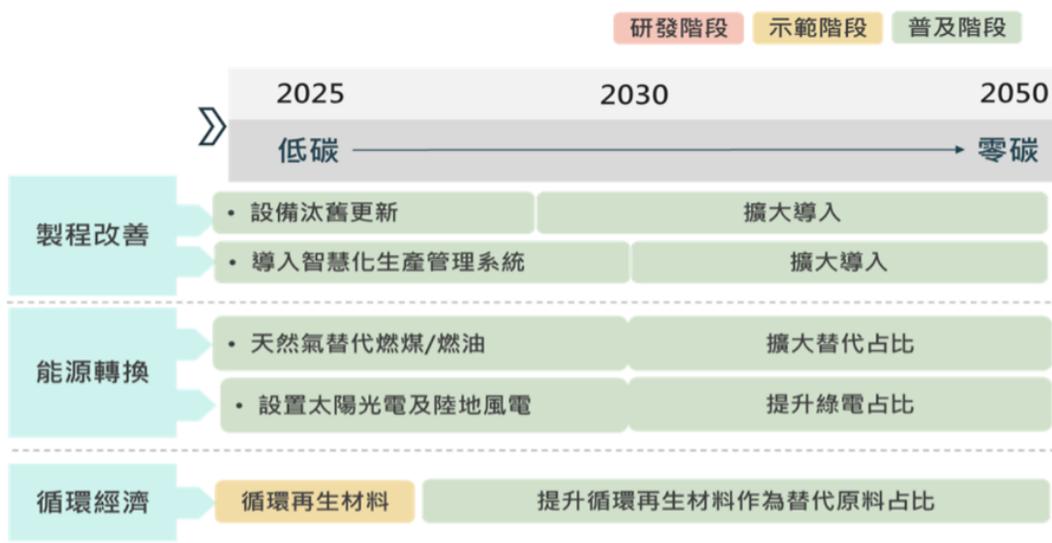
我國「2050淨零排放路徑及策略總說明」已於2022年3月公布，在「能源、產業、生活、社會」等四大轉型及「科技研發」、「氣候法制」兩大治理基礎上，輔以「十二項關鍵戰略」進行跨部會資源整合，制定相關行動計畫，如圖2.3.2-2所示。



資料來源：國家發展委員會，淨零轉型之階段目標及行動，2022年⁽⁷⁾

圖2.3.2-2 臺灣2050淨零轉型十二項關鍵戰略

針對紡織業2030年減碳路徑，在三大面向中將以現有成熟的技術擴大導入，一、製程改善方面將優先導入智慧化生產管理系統，並引入節能設備，提升製程效率來降低整體碳排放量；二、能源轉換方面將優先以天然氣/生質能替代高碳排之燃煤/燃油，並設置太陽光電及陸地風電等再生能源措施，來提升低碳能源占比；三、循環經濟方面則以投入循環再生材料、低污染或生質型材料等，延續物料價值來降低碳排放量，如圖2.3.2-3所示。



資料來源：經濟部產業發展署，製造部門 2030 年淨零轉型路徑報告，2022 年⁽⁸⁾

圖2.3.2-3 臺灣紡織業2030年減碳路徑

2. 關稅、區域協定及碳邊境調整機制影響臺灣紡織產業出口競爭力

國際競爭力度日益加強，無論是反傾銷稅的控訴課徵，或區域間貿易實體的形成（區域內簽署 FTA—自由貿易協定），對臺灣紡織產品出口都造成了非常不公平的競爭環境。臺灣與其他國家簽署 FTA 的腳步遲滯，已較競爭對手國墊高關稅成本，再加上國際間採用傾銷控訴措施保護其國內產業的手段日益增多，已不僅限於歐、美地區，其他尚包括中國大陸、印度、土耳其、南非、印尼等國家，一旦控訴我國產業的反傾銷案成立，傾銷稅率加上進口關稅將大幅增加臺灣產業的出口難度。

截至 2024 年 8 月，全球已有 147 個國家宣示其淨零排放目標以呼應全球淨零趨勢，歐盟更提出「碳邊境調整機制 (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM)」⁽⁹⁾ 要求進口產品需依碳含量購買 CBAM 憑證，以加速各國減碳進程。我國為出口導向經濟體，未來勢必面臨國際碳管制加嚴的挑戰，必須提前布局淨零轉型，以符合國際貿易的減碳趨勢，才能持續拓銷出口、掌握訂單。



隨著 CBAM 於 2023 年 10 月試行，「美國清潔競爭法案 (Clean Competition Act, CCA)」規劃於 2024 年相繼上路，不同之處是美國 CCA 法案沒有試行期間，且碳關稅計算的基準及徵收對象也不同，雖然該法案尚未正式三讀通過，徵收時間可能延後，但對於碳密集產業課稅已勢在必行，且徵收範圍將擴大，碳價亦逐年提高，尤其美國是臺灣主要出口市場，臺灣製造業者應儘早做準備。

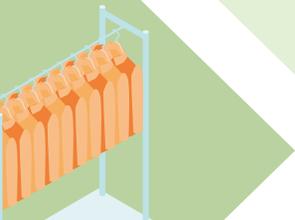
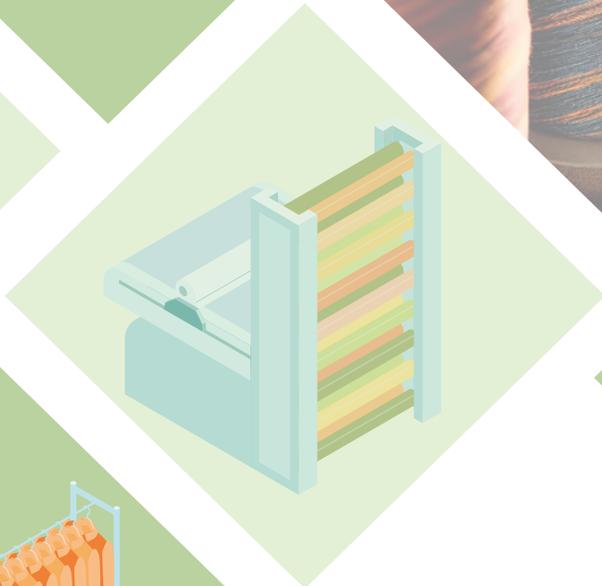
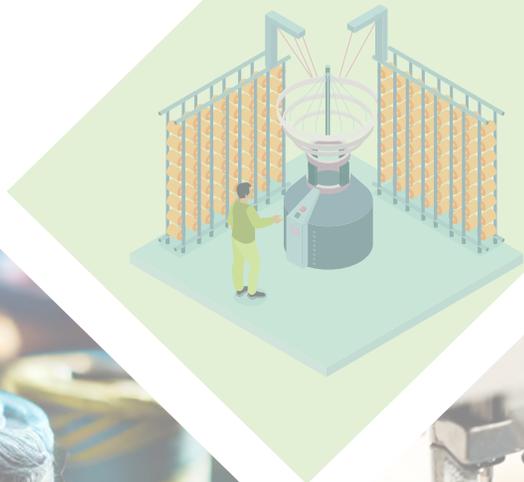
3. 環保議題對紡織產業的影響不容小覷

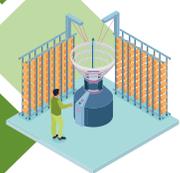
全球主要經濟發展國家積極展開達成淨零目標的政策措施，勢必促使全球紡織產業未來更積極朝向永續循環方向發展，例如減少使用原生材料、開發生質材料做為環保紡織品，以及舊衣回收重複利用、減少廢棄物及運動服飾品牌商陸續提高回收紡織品的使用比例等，都是國際市場上令人注目的焦點；臺灣為因應國際循環經濟發展趨勢，經濟部產業發展署已於 113 年 4 月 3 日公告「經濟部產業發展署核發進口特定單一材質人造纖維製之紡織下腳料及舊紡織品作為再生料源證明文件作要要點」，將有助於促進紡織產業的永續發展。

113 年度 紡織業

低碳生產技術彙編

3. 低碳生產技術設備





3. 低碳生產技術設備

本彙編針對紡織產業鏈中，造成溫室氣體排放量比重較高之製程，彙集目前國內使用較不普遍或較新之低碳技術，提供業界參考，期能協助順利導入低碳製程。業者參採低碳技術時須考量個案適用性，包括經濟層面、技術層面及工程層面等，選用時宜多加評估各方面之可行性。紡織業低碳生產技術特點及適用範圍彙整如表 3-1 所示，詳細技術說明請參閱後續章節內容。

表3-1 紡織業低碳生產技術特點及適用範圍

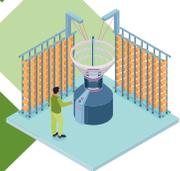
項次	低碳生產技術或設備	技術特點	適用範圍	考量因素	應用產業
1	高溫圓形低浴比染色機	<ul style="list-style-type: none"> ① 智慧水洗系統可隨時了解染缸內部的液體狀況，精確控制流動液位，可以極低的用水量完成水洗工程。 ② 染液均勻混合系統在輔助循環泵的幫助下，可使染液充分循環。 ③ 流程控制系統可自動管理所有染缸參數，如泵速度、浴比、織物吸水量、織物搭接時間、可變噴嘴位置等，使染缸變得更易操作，具有完美的染色再現性。 	染整廠之染整設備 <ul style="list-style-type: none"> ① 容量：250~1,200 kg ② 最高溫度：140° C 	製程染整現場須具備冷水及熱水管路、蒸汽管路、廢水管路及廠房淨高空間至少 4 米以上。	紡織業

項次	低碳生產技術或設備	技術特點	適用範圍	考量因素	應用產業
2	定型機 餘熱回收設備	針對性地將設備內部的熱管設計成模組化組立式結構，由容易拆解重新組合的“熱管組”構成，每台熱交換器由多層組立式組合而成；所有模組統一尺寸，互換性強。開啟熱交換器側板後，抽出熱管組即可進行便捷地清理維護。	定型製程可評估使用，外型尺寸(mm): 560 × 550 × 1,100, 120 × 550 × 1,100， 或依不同定型機大小可客製化外型尺寸。	<ol style="list-style-type: none"> ① 應考慮熱交換器及熱氣回收的設置位置，可依定型機規模大小不同進行調整配合； ② 烘箱溫度高於250° C時不適用熱管，需進行設計討論。 	紡織業
3	貫流式蒸汽鍋爐搭載台數控制	<ol style="list-style-type: none"> ① 鍋爐維持良好效率運轉，不論大或小容量鍋爐都有對應功能，為了提供穩定的蒸汽，利用控制器來調整以達到節省能源的目的，即便負荷率低下時，鍋爐效率降低的幅度也能良好控制。 ② 以順位來調整燃燒，平均分配鍋爐燃燒的總時數，以達成延長鍋爐使用壽命。 	<p>舉凡需使用鍋爐之行業均可評估使用，可應用於2個以上系統，各系統最多可連結18台蒸汽鍋爐，其台數控制器相關規格如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 使用電源：220V ② 使用環境溫度：0~50° C ③ 使用環境溼度：30~90% ④ 外型尺寸(mm)：300 × 370 × 1,840 	<ol style="list-style-type: none"> ① 台數控制器的效果在台數越多的情況下越佳，反之當台數很少僅2~3台時，能夠對應的狀況也會比較少。 ② 台數控制的設定並無標準設定值，需按照現場需求進行調整，才能達到最佳效益； ③ 台數控制器的操作需要與鍋爐進行訊號連結，需確保鍋爐具有對應的功能。 	石化業 造紙業 紡織業



項次	低碳生產技術或設備	技術特點	適用範圍	考量因素	應用產業
4	紡絲冷卻環吹系統	環吹系統在冷卻過程中將風量集中，均勻地分配在風筒中，使每一束絲能得到均勻的風量分配，達到冷卻時間、絲束纖度、結晶度及取向度皆均勻一致的效果。	主要應用於化纖產業紡絲製程之冷卻系統，若冷卻系統為側吹設計可評估使用可依客戶既有設備及需求進行規格設計。	<ol style="list-style-type: none"> ① 環吹設備改造的原設備箱體組件需為圓形。 ② 需提供生產的原料及每小時最大相關附屬擠出量。 ③ 包含紡絲線基本情況、產品品質需求、相關附屬設備規格、紡絲層情況等。 	紡織業
5	磁懸浮無油變頻離心冰水主機	<ol style="list-style-type: none"> ① 高效節能、水溫變化小，運用大範圍的負載變化(10~100%)、更高的部分負載效能及無段變速功能，讓冰水溫度控制更貼近現場負載，因而達到更高的節能成效。 ② 磁懸浮冰水主機不使用冷凍油，因此保養費用更低，長期使用效率不衰減，生命週期維護保養花費比傳統冰水主機低。 	適用於有 5~7°C 冰水需求之行業，區域及製程冷卻等均可評估使用。	<ol style="list-style-type: none"> ① 進場動線確認，如現場進場空間有限，可使用分體式磁懸浮冰水主機，其安裝無需動火焊接，現場組裝容易； ② 現場水溫條件，磁懸浮冰水主機最低冰水出水溫度為 5°C。如冰水出水需求溫度為 20°C 以上，則需依照現場條件選擇相對應適合的機組。 	石化業 造紙業 紡織業 光電業 半導體業

項次	低碳生產技術或設備	技術特點	適用範圍	考量因素	應用產業
6	螺桿式水蒸汽壓縮熱泵系統	<ol style="list-style-type: none"> ① 對原廢棄低壓蒸汽進行增壓再利用，可減少企業外購蒸汽，降低成本，同時減少二氧化碳排放及冷卻蒸汽的用水量； ② 熱電廠供熱蒸汽管網壓力浮動時，通過熱泵可穩定管網末端蒸汽壓力和流量，進而有助於穩定製程產品。 	<ol style="list-style-type: none"> ① 蒸汽量： 1~40 t/h 外形尺寸(m)： ② 單層6×2.5×2.5； 單層9×3×3； 單層12×3×4； 雙層10×3×4 ③ 機組重量： 5,000~80,000 kg 	<ol style="list-style-type: none"> ① 低壓蒸汽溫度、壓力和流量及所需提升之壓力。 ② 防爆等級、冷卻水、電力、儀錶、空氣等規格，安裝空間。 ③ 低壓蒸汽、增壓後蒸汽、電力等價格。 	石化業 紡織業 塑膠及塑膠製品業
7	高效率螺旋式鼓風機	<ol style="list-style-type: none"> ① 採用最尖端的螺旋轉子技術、VSD變速驅動及創新設計的全變頻油冷卻式馬達，提高產品效率與妥善性； ② 操作壓力與操作風量範圍(22~100%)輸出可滿足不同及應對所需操作條件，並同時達到運轉節能減碳效益。 	<p>舉凡有物料輸送、氣體類之升壓或輸送等製程需求及廢水處理之產業均可評估使用。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 馬達規格： 25~475 hp ② 供氣範圍： 135~5,356 CFM ③ 壓力範圍： 4.4~21.8 psi 	<ol style="list-style-type: none"> ① 安裝位置於屋內或屋外，屋外型亦具備雨遮套件防護。 ② 環境溫、溼度。 ③ 需求工作壓力、風量。 ④ 電源電壓別/頻率別。 ⑤ 安裝位置空間大小。 ⑥ 現場通風等。 	鋼鐵業 石化業 造紙業 紡織業 光電業 半導體業

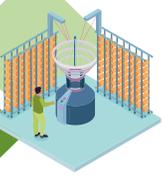


項次	低碳生產技術或設備	技術特點	適用範圍	考量因素	應用產業
8	吸收式冷凍機	摒棄傳統高耗電冰水主機所需設置的冷媒壓縮機，改用廢熱水、廢蒸汽熱源當動力，可節省9成以上的電費支出。	適用於大樓空調或產業界有供冷需求，且有廢熱熱源供應的區域。	<ol style="list-style-type: none"> 廢熱(熱水或蒸汽)之條件是否穩定足夠；是否為連續供應；廢熱蒸汽是否有腐蝕性。 廢熱型式與設備安裝位置之邏輯關係是否正確。 廢熱能源、能階不足及預算考量。 	燃氣發電廠 鋼鐵冶煉業 玻璃製造業 紡織業 製鋁業 造紙業 食品業 石化業
9	高效率軸流風扇	<ol style="list-style-type: none"> FRP葉片耐蝕性及使用年限較鋁合金葉片高。 安裝簡易，且不需變動現有風扇以外之其它設備。 	<ol style="list-style-type: none"> 高效率軸流風機直徑： 800~1,600 mm 最高風量： 16,500~76,500 CFM 馬達規格： 5~30 hp 	<ol style="list-style-type: none"> 葉片造型、切風角度、重量、表面光滑度、材質硬度。 現有設備尺寸與設計條件。 現有設備風量、風壓、轉速。 	鋼鐵業 水泥業 石化業 紡織業 光電業 半導體業
10	電磁式加熱設備	<ol style="list-style-type: none"> 同樣的發熱效果，頻率越高所需的磁通及感應線圈中的電流可以減小，感應設備的體積亦可減少。 電磁感應加熱的速度快，效率高。 	應用於加熱作業之設備如押出機、鋁熔爐、煅燒爐、加熱輪、農用烘乾設備等均可評估使用。	<ol style="list-style-type: none"> 施作空間。 原設備尺寸及原加熱器功率。 加熱標的物之材質。 被加熱物之流動速度(熱量被帶走之速度)。 	石化業 紡織業 塑膠原料業及 塑膠製品業

項次	低碳生產技術或設備	技術特點	適用範圍	考量因素	應用產業
11	低浴比染色機	<ul style="list-style-type: none"> ① 低浴比高溫染色機可節省蒸汽用量，並可減少廢水產生。 ② 以水流量代替噴嘴及更低的舉布距離來減少布的做功，可較同布容量染色機節省動力的使用。 	<p>應用於染整廠之染整設備可評估使用。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 容量： 300~600 kg ② 最高溫度： 140° C ③ 馬力： 12~32 hp 	<p>染整製程現場須具備冷水及熱水管路、蒸汽管路、廢水管路及廠房淨高空間至少4米以上。</p>	紡織業
12	定型機天然氣燃燒機	<ul style="list-style-type: none"> ① 直接加熱於熱風循環系統，可快速升溫，縮短升溫/降溫準備時間及減少熱能消耗，可降低燃料用量及節省能源成本。 ② 火焰溫度高，免除間接加熱設備(鍋爐)之排氣熱損失(約20~30%)。 	<ul style="list-style-type: none"> ① 依熱量需求，100,000~400,000 kcal/h之燃燒機設計。 ② 依據製程條件需求，可設計直接加熱及直間接共用系統。 	<ul style="list-style-type: none"> ① 烘箱氣體成分(如水性及油性)。 ② 溫度使用範圍。 ③ 被加工物料性質。 ④ 能源取得成本及其方便性。 ⑤ 燃料對環境之污染性。 ⑥ 環境保護法規要求。 	紡織業

備註：項次 1~7 為本年度 (2024) 新增之七項低碳生產技術。

項次 8~12 為前期 (2018 年) 彙編之五項低碳生產技術。

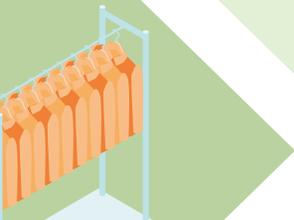
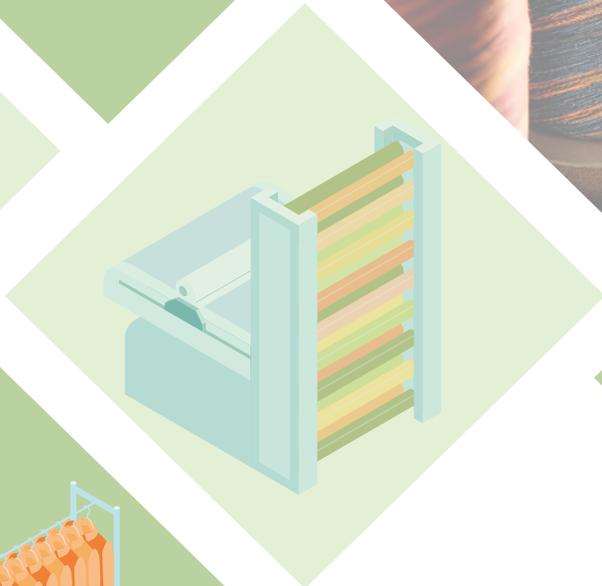
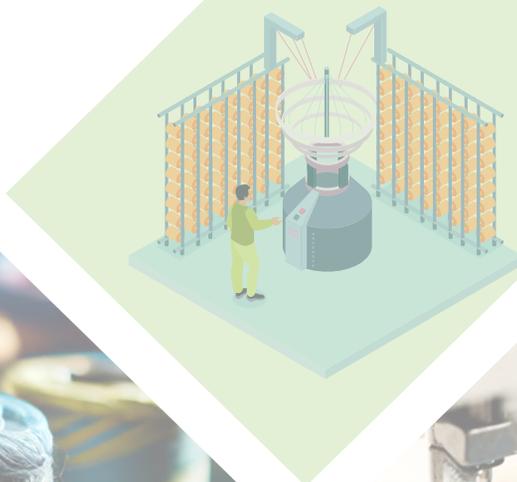


113
年度 **紡織業**
低碳生產技術彙編

113 年度 **紡織業**

低碳生產技術彙編

4. 低碳生產技術設備應用與實務案例





4. 低碳生產技術設備應用與實務案例

如緒言所述，產發署於 2018 年已完成紡織業低碳技術彙編，由於低碳生產技術發展日益更迭，此次新增七項技術（高溫圓形低浴比染色機、定型機餘熱回收設備、貫流式蒸汽鍋爐搭載台數控制、紡絲冷卻環吹系統、磁懸浮無油變頻離心冰水主機、螺桿式水蒸汽壓縮熱泵系統、高效率螺旋式鼓風機），並結合 2018 年技術彙編五項技術（吸收式冷凍機、高效率軸流風扇、電磁式加熱設備、低浴比染色機及定型機天然氣燃燒機），共計十二項低碳技術，期能加速低碳技術之產業應用。本章節所列低碳生產技術設備之類別、應用產業與實務案例，均為節能減碳效果佳或多數廠商可仿效之成功案例，其他產業如有相同或類似製程、設備者，亦得斟酌參考應用，以下進行紡織業節能技術設備與實務案例加以介紹。

4.1 高溫圓形低浴比染色機

4.1.1 應用場域

高溫圓形低浴比染色機應用產業為紡織業及染整製程單元，高溫圓形低浴比染色機如圖 4.1.1-1 所示，技術應用原理說明如下：

1. 技術應用原理

- (1) 由人孔蓋入布接著向上提升，染布於機台內循環流動，經帶布輪、噴嘴導管至擺布器，將染布前後左右排列整齊至滑籃口後，染布再依序無重力進入滑籃裡。
- (2) 當染布進入滑籃後，所有染液都會進入缸底染液收集槽內，為了不讓染布浸泡在染液中，透過輔助泵不間段地循環染液，將染料助劑充分攪拌均質，再由主泵浦將染液經加熱器送到均勻分配器，分配器可確保每組噴嘴等量等壓，達到一致性染液再進行染色，可解決管差問題。接著每管染液最後流向底部收集槽，可使染液在缸內循環流動。



資料來源：設備廠商提供

圖4.1.1-1 高溫圓形低浴比染色機

2. 技術特點與優勢

紡織業運用高溫圓形低浴比染色機有下列特點：

- (1) 智慧水洗系統 (Intelligent Washing System, IWS)，染缸內部的液體分析傳輸感應系統如圖 4.1.1-2 所示，可隨時了解染缸內部的液體狀況，並根據監測數值自動控制水洗過程，可精確控制流動液位，在極少的用水量下完成水洗工作。

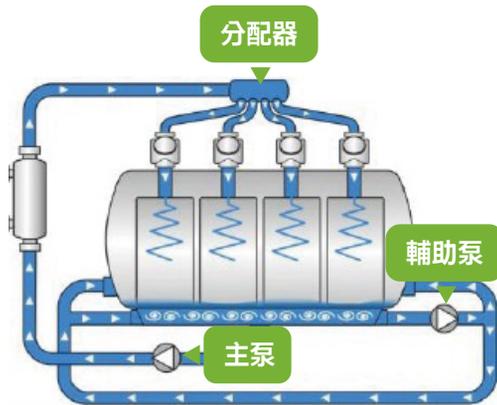


資料來源：設備廠商提供

圖4.1.1-2 智慧水洗之傳輸感應系統



- (2) 染液均勻混合系統 (Liquor Mixing System, LMS)，在輔助循環泵的幫助下，可使染液充分循環，泵浦抽送和適當的下管道設計 (染缸下部)，可避免染液沉降於定點，其系統如圖 4.1.1-3 所示。



資料來源：設備廠商提供

圖4.1.1-3 染液均勻混合系統

- (3) 流程控制系統 (Process Control System, PCS)，PCS 系統允許用戶最小化參數之設置操作，因高溫低浴比染缸開發的特殊軟體，PCS 系統可自動管理所有染缸參數，如泵速度、浴比、織物吸水量、織物搭接時間、可變噴嘴位置等，使染缸變得更易操作與呈現完美的染色再現性。
- (4) 擴充多缸連接系統 (Extended Coupling System, ECS)，創新式的多缸連接系統，提供具相同或不同負載能力的染缸之間的連接系統，大大提高了染缸生產的多功能性與產能，可優化能源使用及降低消耗，多缸連接系統如圖 4.1.1-4 所示。



資料來源：設備廠商提供

圖4.1.1-4 擴充多缸連接系統示意圖

3. 應考慮因素與限制

本技術規劃設計時應考慮因素包括：製程染整現場須具備冷水及熱水管路、蒸汽管路、廢水管路及廠房淨高空間至少 4 米以上。

4.1.2 實務案例介紹

1. 案例廠應用簡介

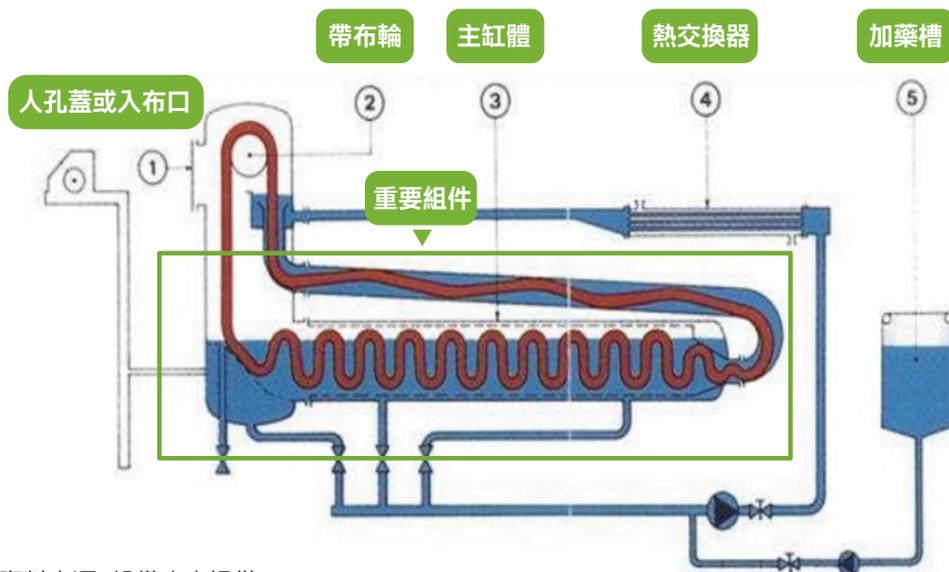
案例廠為紡織業戶外機能性布料生產廠商，為因應未來低碳生產趨勢，進行一系列減碳改善，其中染色製程優化是將舊型高浴比染色機更換為低浴比染色機，以減少用水量降低能源消耗，並達到減少化學品使用及降低廢水污染值。



2.改善方案執行過程

(1) 改善前情境說明

原採用 4 台規格為 600 kg 浴比 1:12 之舊型高溫染色機，改善前流程示意如圖 4.1.2-1，改善前設備如圖 4.1.2-2 所示。



資料來源：設備廠商提供

圖4.1.2-1 改善前流程示意圖

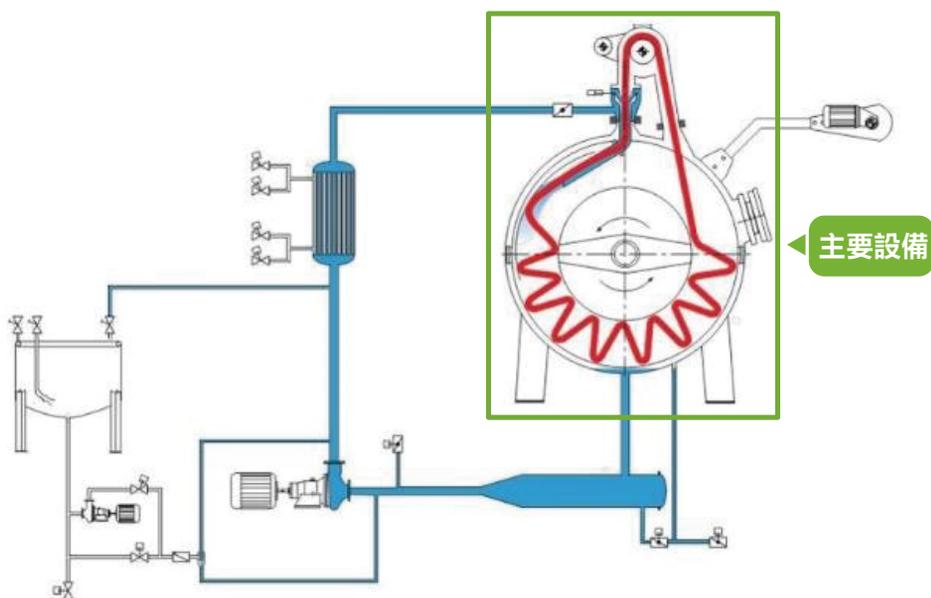


資料來源：設備廠商提供

圖4.1.2-2 案例廠改善前設備圖

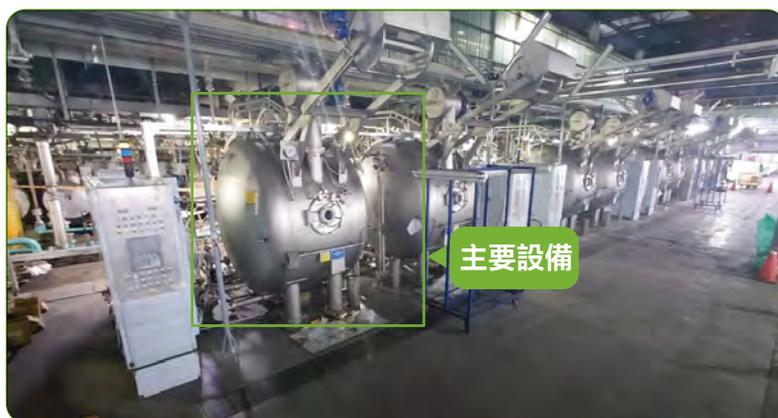
(2) 改善後情境說明

經規劃評估後，採用 8 台浴比為 1:6 之 250 kg 圓型高溫染色機，改善後流程示意如圖 4.1.2-3，改善後設備如圖 4.1.2-4 所示。



資料來源：設備廠商提供

圖4.1.2-3 改善後流程示意圖



資料來源：設備廠商提供

圖4.1.2-4 案例廠改善後設備圖



3.成效與節能減碳效益分析

(1) 應用高溫圓型低浴比染色機之節能量

將 4 台高溫染色機 (600 kg、浴比 1:12) 汰換為 8 台低浴比染色機 (250 kg、浴比 1:6)，依改善前後檢測結果之公斤布用汽量 (kg) 差異，計算相同投布量每缸布生產之減少用汽量如表 4.1.2-1 所示。

- 節煤量

節省蒸汽量 $5.9 \text{ kg} / \text{kg 布} \times \text{圓缸 } 250 \text{ kg 布} - \text{缸} / \text{台} \times 80\% \text{ 投布量} \times 3 \text{ 缸} / \text{日} \times 8 \text{ 台} / \text{日} \times 282 \text{ 日} / \text{年} \times 80\% \text{ 稼動率} \times \text{煤汽比 } 14\% \div 1,000 \text{ kg} / \text{公噸} = \underline{894 \text{ 公噸} / \text{年}}$

- 節能率

$(11.3 \text{ kg} - 5.4 \text{ kg}) \div 11.3 \text{ kg} = \underline{52 \%}$

- 節能績效

$894 \text{ 公噸} / \text{年} \times 4,690 \text{ 元} / \text{公噸} \div 10,000 \text{ 元} / \text{萬元} = \underline{420 \text{ 萬元} / \text{年}}$

(以 113 年煤炭單價 4,690 元 / 公噸計算)

- 減碳量

$894 \text{ 公噸} / \text{年} \times 2,408 \text{ kg-CO}_2\text{e} / \text{公噸} \div 1,000 \text{ kg} / \text{公噸}$

$= \underline{2,154 \text{ 公噸 CO}_2 / \text{年}}$

(以環境部溫室氣體排放係數管理表之燃料煤 2,408 kg CO₂e/kg 計算)

- 回收年限

$3,800 \text{ 萬元} \div 420 \text{ 萬元} = \underline{9.1 \text{ 年}}$

表4.1.2-1 染色機改善前後差異比較

染色機型式	圓型250 kg (改善前)	長型600 kg (改善後)	公斤布 能耗差異
布疋重量(kg)	161	332	
公斤布用水量(L)	21.6	150.5	128.9
公斤布用汽量(kg)	5.4	11.3	5.9
公斤布用電量(kWh)	0.5	0.5	0.0

(2) 投資效益

案例廠高溫圓型低浴比染色機之執行，其投資效益如下：

投資金額	約3,800萬元 (主體設備約3,040萬元，其他土木工程、管材閥件、電力供應系統、安裝工程等約760萬元)
節煤量	約894公噸/年 (以80%稼動率；煤汽比14%；年運轉時數282日/年計算)
節能率	約52%
節能績效	約420萬元/年 (以113年煤炭單價4,690元/公噸計算)
減碳量	2,154公噸CO ₂ e/年 (以環境部溫室氣體排放係數管理表之燃料煤2,408 kg CO ₂ e/kg計算)
回收年限	約9.1年



4.2 定型機餘熱回收設備

4.2.1 應用場域

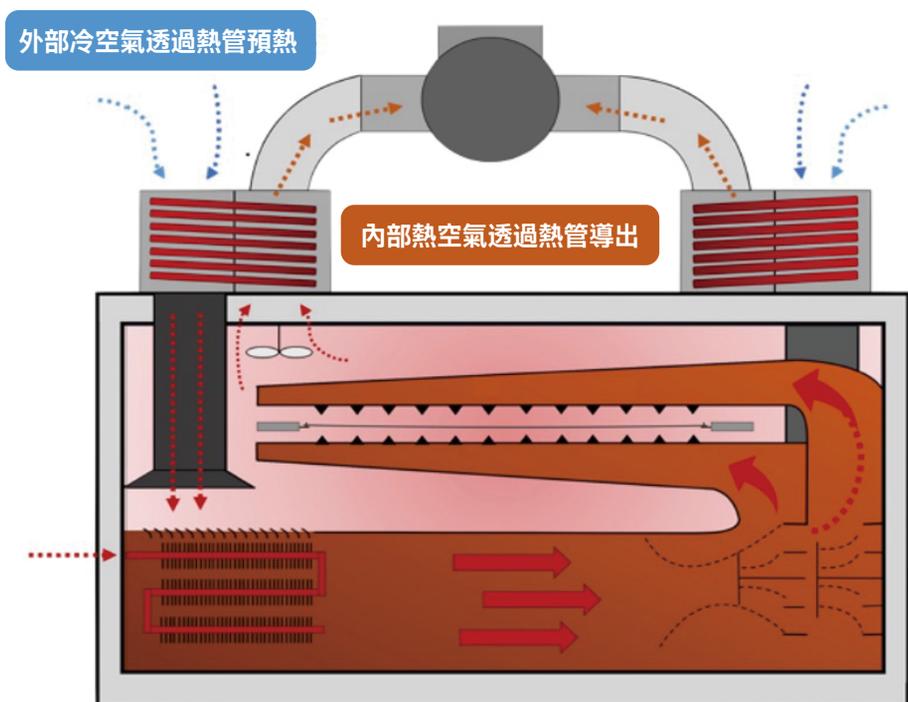
定型機之餘熱回收係應用氣對氣加熱系統，通過熱管技術高效吸收定型機排放熱氣，並在另一端加熱定型機之進氣，使進氣達到預熱效果，可減少定型機加熱所需之總能量，達到熱能回收目的。

目前此技術主要應用於紡織業，可應用之設備有定型機、一般烘乾機、無張力烘乾機、塗層機等，亦可在塑膠粒之高溫高壓烘乾系統中使用，其熱管之應用工作範圍為 250° C 以下。

1.技術應用原理

定型機餘熱回收原理如圖 4.2.1-1 所示，本技術的餘熱回收器（氣對氣換熱）主要應用熱管的高效傳熱特性，當定型機排出的高溫廢煙氣通過熱交換器的吸熱側時放出熱量，該熱量經熱管快速傳遞到熱交換器的放熱側，此時新鮮空氣通過熱交換器放熱側時吸收熱量，加熱後的新鮮空氣則利用定型機烘箱內的負壓吸入烘箱。本餘熱回收裝置可安裝於定型機烘箱的廢氣出口處，以達到最佳換熱效果。

為確保定型機餘熱回收設備的熱效率和使用壽命，防止廢煙氣中的纖維及油霧黏附，餘熱回收器設有沖洗孔，可在不停機情況下開啟壓縮空氣或蒸汽沖洗。在廢煙氣進入餘熱回收器的入口處設有專用濾網，可有效過濾定型機廢煙氣中的纖維，濾網可隨時抽出清理，維護方便快捷。



資料來源：設備廠商提供

圖4.2.1-1 定型機餘熱回收示意圖

2. 技術特點與優勢

定型機餘熱回收設備係將定型機排出的廢氣回收熱能，再送回定型機烘箱使用來達到節能之目的。比較目前市場上販售的同類產品，普遍存在漏風、漏油及熱管啟動溫度過高等缺點，紡織業運用定型機餘熱回收設備具有以下優點：

- (1) 高效率熱管：熱管內部熱阻與熱管內徑成反比，由此可知熱管內徑越大，其熱阻越小、傳熱效果越好。本設備採用外徑 20 mm 內徑；15 mm 的熱管，熱阻較同類產品降低 20%，且熱管工作流體採用低溫配方，可有效解決熱管啟動時溫度過高問題。透過熱管規格和工作流體的改進，餘熱回收裝置的廢氣溫度和進氣溫度差可控制在 30°C 以內，大幅提高了裝置的換熱效率。



- (2)吸熱側與放熱側有效隔離：產品內部吸熱側與放熱側之隔離採用雙層夾扣設計，可有效解決吸熱側和放熱側混合現象，同時強化設備的內部結構。
- (3)模組化設計：本設備特別將內部的熱管設計成模組化組立式結構，以利拆解重新組合成「熱管組」，每台熱交換器由多層組立式組合而成，所有模組統一尺寸，互換性強。當開啟熱交換器側板時，即可抽出熱管組進行清理維護。
- (4)與定型機頂板的法蘭連接：在法蘭與定型機頂板間安置密封墊，針對部分頂板較薄容易變形的定型機，可另外安裝底座，以徹底解決裝置與定型機頂板間的密封問題。
- (5)新穎的外殼設計：裝置的外殼設計簡潔新穎、多層烤漆、美觀防腐，其結構拆裝及保溫設計可依定型機烘箱規格客製化規劃設計。
- (6)有效回收廢（餘）熱：應用在定型機的廢熱回收可達約 10~15% 的總能源使用，例如定型機燃氣用量為 $2 \text{ km}^3/\text{日}$ ，則每日約可節省 $0.3 \text{ km}^3/\text{日}$ 。

3.應考慮因素與限制

本設備規劃設計應考慮因素包括：

- (1) 應考慮熱交換器及熱氣回收的設置位置，可依定型機規格進行調整。
- (2) 烘箱溫度高於 250°C 時不適用熱管。

4.2.2 實務案例介紹

1. 案例廠應用簡介

案例廠為中部某染整廠，既有定型機烘箱加熱作業係使用熱媒鍋爐，熱煤油循環流經天然氣鍋爐加熱，以供應定型機烘箱熱能。藉由回收高溫，經熱交換器回收熱能後送回烘箱使用，以減少天然氣用量，達到節能效果。

2. 改善方案執行過程

(1) 改善前情境說明

原採用 9 座循環烘箱之定型機台，排氣風車共有 2 座（前、後排氣風車），經量測前排氣風車組（5 組循環烘箱），排氣風車總排氣量為 96 CMM，平均排氣溫度在 150°C，後排氣風車在 130°C 以下。

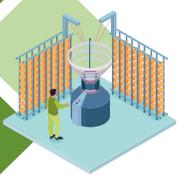
(2) 改善後情境說明

經評估後，排氣風車具回收熱能效益，故增設 9 台定型機餘熱回收設備，採每座烘箱獨立配置方式，將廢氣經熱交換器之熱導管進行熱交換，並安裝入流及出流空氣溫度計，進一步取得數據進行效益分析，改善後之照片如圖 4.2.2-1 所示。



資料來源：設備廠商提供

圖4.2.2-1 案例廠設備改善後示意圖



3.成效與節能減碳效益分析

(1) 應用定型機餘熱回收設備之節能量

改善後之節能計算如表 4.2.2-1 所示，補風環境溫度約 35° C，烘箱平均溫度約 170~185° C；烘箱入口平均溫度約 140~160° C；烘箱出口平均溫度約 150~175° C；平均回收效率可達 39%。單台定型機平均補風量為 1,082 m³/h，熱回收量為 38,819 kcal/h；9 台定型機合計熱回收量為 349,371 kcal/h，節省天然氣量 303,401 m³/年。

• 節能量

單台定型機平均補風量：1.67 m/s×0.18 m²×3,600 s/h= 1,082 m³/h

換算成焦耳：1,082 m³/h×1.293 kg/m³×1.01 kJ/kg° C×

(150-35)° C= 162,497 kJ/h

換算成千卡 (回收熱量)：162,497 kJ/h÷4.186 J/cal

= 38,819 kcal/h

9 台定型機合計回收熱量：38,819 kcal/h/台×9 台 = 349,371 kcal/h

節能量：349,371 kcal/h÷8,000 kcal/m³÷95%×6,600 h/年

= **303,401 m³/年**

(以年運轉時數 6,600 h/年計算)

• 節能績效

303,401 m³/年×12.3732 元/m³÷10,000 元/萬元= **375 萬元**

(以天然氣(2)單價 12.3732 元/m³計算)

• 平均熱回收效率

回收效率計算方式：[排氣溫度差×排氣速率×空氣比熱(SH)]÷

[補氣溫度差×補氣速率×空氣比熱(SH)]×100%

[(150° C-35° C)×1.67 m/s×0.18 m²×1.01 kJ/kg° C]÷[(180° C-35° C)×3.7 m/s×0.167 m²×1.01 kJ/kg° C]×100% = **39%**

- 減碳量

$$303,401 \text{ m}^3/\text{年} \times 1.879 \text{ tCO}_2\text{e}/\text{m}^3 \div 1,000 \text{ kg}/\text{公噸}$$

$$\doteq \underline{570 \text{ 公噸 CO}_2\text{e}/\text{年}}$$

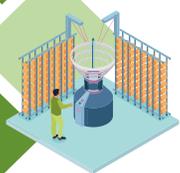
(以天然氣之排放係數 1.879 tCO₂e/ m³)

- 回收年限

$$97 \text{ 萬元} \div 375 \text{ 萬元} \doteq \underline{0.3 \text{ 年}}$$

表4.2.2-1 案例廠改善後系統之節能計算表

項目	數據
烘箱溫度(° C)	170~185
烘箱入口溫度(° C)	140~160
烘箱出口溫度(° C)	150~175
平均回收效率(%)	39
定型機平均補風風速(m/s)	1.67
流通面積(m ²)	0.18
運轉時間(s)	3,600
空氣密度(kg/m ³)	1.293
空氣比熱(kJ/kg ° C)	1.01
補風側溫度(° C)	150
環境溫度(° C)	35
單台平均補風量(m ³ /h)	1,082
單台熱回收量(kcal/h)	38,819
9台熱回收量(kcal/h)	349,371
熱交換器之換熱效率(%)	95



(2) 投資效益

案例廠定型機餘熱回收之執行，其投資效益如下：

投資金額	約97萬元
節能量	約303,401 m ³ /年 (以天然氣熱值8,000 kcal/h；運轉時數6,600 h/年計算)
平均熱回收效率	約39%
節能績效	約375萬元/年 (以天然氣(2)單價12.3732元/m ³ 計算)
減碳量	570公噸CO ₂ e/年 (以天然氣之排放係數1.879 tCO ₂ e/ m ³)
回收年限	約0.3年

4.3 貫流式蒸汽鍋爐搭載台數控制技術

4.3.1 應用場域

蒸汽鍋爐應用產業相當廣泛，包含造紙、紡織、食品、石化等，舉凡需使用鍋爐之行業。蒸汽的用途眾多，如加溫、滅菌、煮沸、蒸煮等，除了將蒸汽作為動力源外，主要是利用蒸汽作為熱能傳遞的媒介。因蒸汽鍋爐在有熱能需求的工廠中屬於碳排熱點，藉由提升鍋爐效能可減少燃料使用，除了降低工廠的生產成本外，亦能達到減少整體排碳量之效果。

鍋爐型式眾多，多數工廠以往多選用大型的水管式、煙管式鍋爐。近來因貫流式鍋爐具有靈活、高效率、占地空間少，以及法規限制少等特色，在產業中有越來越受青睞的趨勢。

在某些製程中（如紡織業染整製程）蒸汽用量可能受訂單影響而急遽變化，由於煙管式鍋爐具有較高的保有水量，因此通常被前述製程廠商列為首選的鍋爐型式。相較之下，保有水量低的貫流式鍋爐則被認為難以應對上述訂單遽增情況，因此多被用在蒸汽量需求穩定或蒸汽量需求較少的製程。

為因應貫流式鍋爐無法應對蒸汽用量遽增的問題，將貫流式鍋爐利用台數控制方式來應對產量變化明顯的場域，於此產生貫流式鍋爐搭配台數控制器能夠更靈活地滿足製程蒸汽需求的急遽變動。

1. 技術應用原理

以傳統控制方式而言，鍋爐是透過裝設的壓力開關，依據爐內的壓力大小進行燃燒啟停控制。因此，即使是在複數台鍋爐運轉時，每台鍋爐仍是依據自身情況進行運轉，容易產生啟停頻繁、應對現場需求反應過慢等問題。相對的，台數控制之運作邏輯是以蒸汽分配器的壓力作為控制各台鍋爐啟停的依據。簡單來說，台數控制器會透過預先的設定，配合現場的壓力狀況，來決定鍋爐的啟停或高低燃燒狀況，台數控制器架構圖如 4.3.1-1 所示。

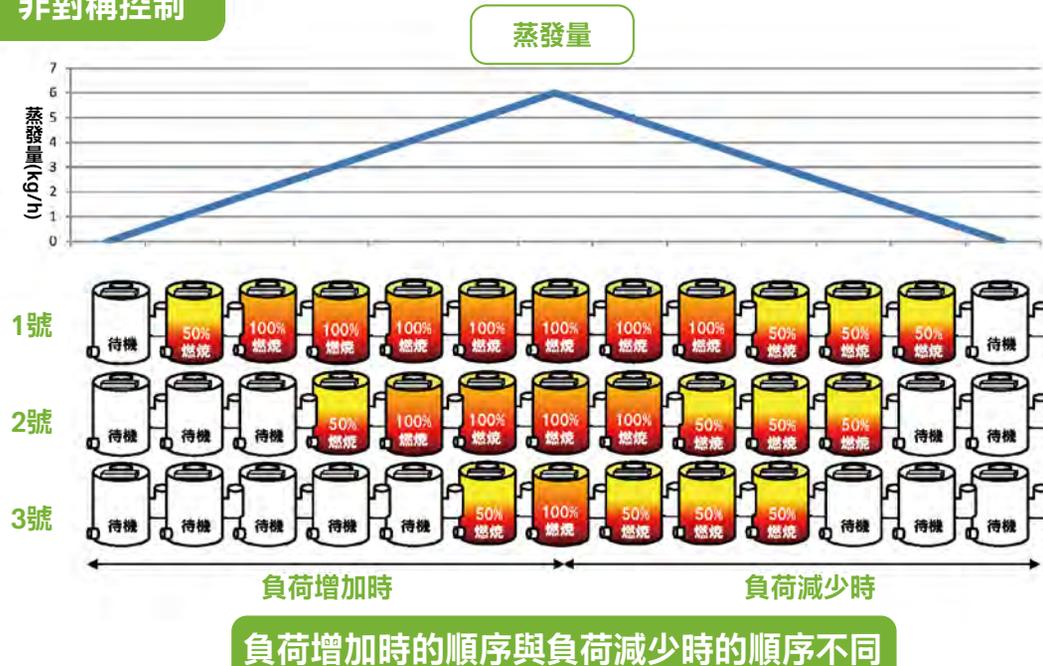


資料來源：設備廠商提供

圖4.3.1-1 台數控制器架構圖

鍋爐從燃燒狀況進入待機，或待機再進入燃燒狀況時都會需要約 20~30 秒的後送風時間。因此如果鍋爐啟停過多次數，將會損失過多能源，包括送風機運轉的電力消耗、送風時將爐內的熱氣排出造成熱能浪費等。此外，在送風時鍋爐是無法供應蒸汽，若要維持蒸汽的穩定，必須讓鍋爐儘可能維持在燃燒的狀況。言之，台數控制器的基本運作邏輯在於使燃燒中的鍋爐儘可能維持燃燒狀態，待機中的鍋爐則儘可能維持待機，也就是所謂的「非對稱控制」，其示意圖如圖 4.3.1-2 所示。

非對稱控制



資料來源：設備廠商提供

圖4.3.1-2 非對稱控制示意圖

2. 技術特點與優勢

貫流式蒸汽鍋爐搭載台數控制有以下特點：

- (1) 負荷追蹤能力佳：對於現場蒸汽用量的變化應對能力不遜於傳統煙管式鍋爐。
- (2) 靈活性佳：可依照現場需求搭配較節能或者較穩定的控制設定。
- (3) 節能性高：貫流式鍋爐本身放熱損失相對較小，搭配台數控制器能進一步提高高低負荷時的系統效率。
- (4) 法規管制較少：以紡織業來說，多數工廠對於壓力的需求都在 10 kg/cm^2 以下，因此只需要使用小型貫流式鍋爐即可，不需要進行每年的鍋爐定期檢查，操作人員僅需參加 18 小時的教育訓練。



3.應考慮因素與限制

貫流式蒸汽鍋爐搭配台數控制器，基本上即可應對大多數的現場需求，但仍有幾點事項需要注意：

- (1) 台數控制器的效果在台數越多情況下，效果越佳，反之當台數很少（如僅 2~3 台）時，能夠應對的狀況也會比較少。
- (2) 台數控制的設定並無標準設定值，需要按照現場的需求進行調整，才能達到最高效益。
- (3) 台數控制器的操作需要與鍋爐進行訊號連結，需確保鍋爐具有對應的功能。

4.3.2 實務案例介紹

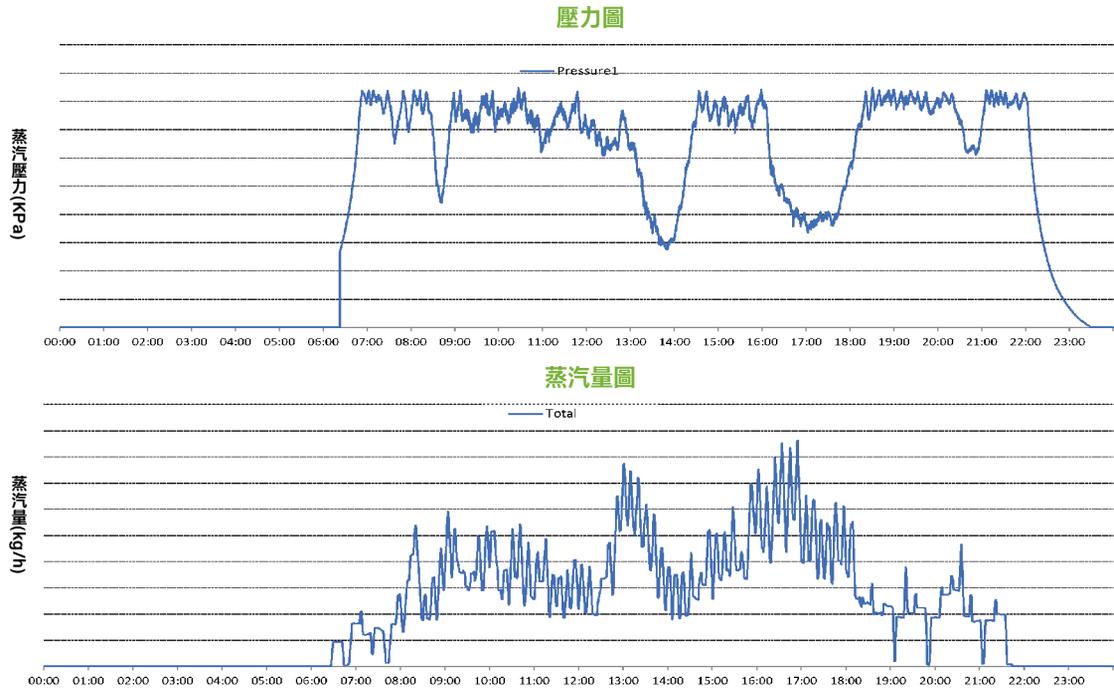
1.案例廠應用簡介

案例廠為一染整廠，原設有 1 台煤炭水管式鍋爐，以及 1 台重油煙管式鍋爐，採一用一備方式操作，由於煤炭及重油鍋爐排放不合法規標準，加上燃料費用高昂，因此評估更換為天然氣鍋爐。

2.改善方案執行過程

(1) 改善前情境說明

此案例廠使用之煙管式鍋爐蒸發量為 10.8 公噸 / 時，由於案例廠並未使用過貫流式鍋爐，因此在評估階段針對其使用狀況，進行蒸汽壓力及蒸汽量蒐集分析，數據分析結果如圖 4.3.2-1 所示，雖然使用煙管式鍋爐，但對於急遽的需求提升仍難以完全應對，壓力有明確下降情況，改善前給水溫度 80°C，重油用量 1,037.2 kL/ 年。

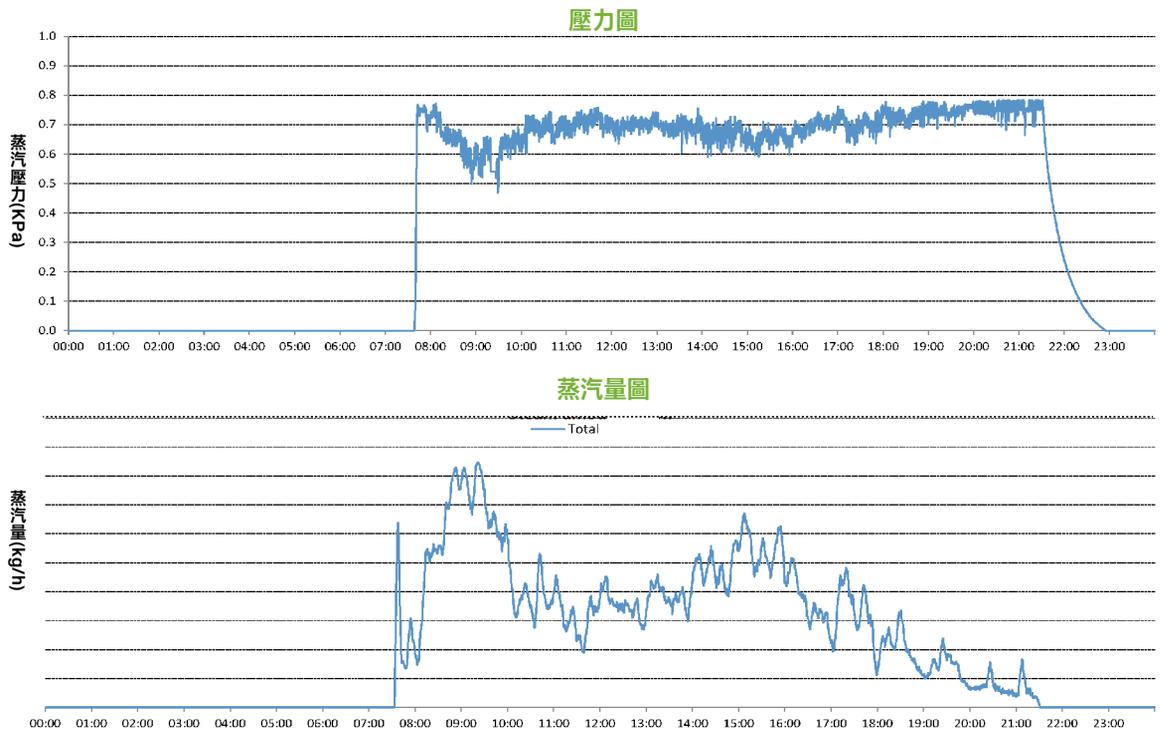


資料來源：設備廠商提供

圖4.3.2-1 改善前蒸汽壓力及蒸汽量分析圖

(2) 改善後情境說明

參考原設備數據分析結果後，可發現由於染色製程特性，在瞬間蒸汽用量會有超過鍋爐設計蒸發量的情況，導致蒸汽壓力驟降，但由於此製程對於蒸汽壓力的穩定性要求不高，因此使用上不會造成太大困擾。由於蒸汽的穩定用量約在 5~8 公噸 / 時，因此最後選用 5 台蒸發量 2 公噸 / 時的小型貫流式鍋爐。貫流式蒸汽鍋爐搭載台數控制後的運轉結果如圖 4.3.2-2 所示，面對蒸汽需求急遽變化時，雖然仍有壓力下降情況，但比起過往已有顯著改善，整體運轉壓力也較之前穩定許多，改善後給水溫度 80°C，天然氣用量 1,244.6 km³/ 年，改善後照片如圖 4.3.2-3 所示。



資料來源：設備廠商提供

圖4.3.2-2 改善後運轉結果



資料來源：設備廠商提供

圖4.3.2-3 改善後貫流式蒸汽鍋爐搭載台數控制

3. 成效與節能減碳效益分析

(1) 應用貫流式蒸汽鍋爐搭載台數控制之節能量

改善後之鍋爐系統效率及節能量如表 4.3.2-1 所示，系統效率由 83.1% 提升至 92.4%，整體提升約 9.3%，並將原有燃料重油（使用量 1,037.2 kL/年）替換成天然氣（使用量 1,244.6 km³/年），大幅降低溫室氣體排放量。

以每月天然氣使用值 103,717 m³/月計算：

- **增加天然氣用量**

$$103,717 \text{ (m}^3/\text{月)} \times 12 \text{ (月/年)} = \underline{1,244,604 \text{ m}^3/\text{年}}$$

推算若仍使用重油時，以天然氣熱值 8,000 kcal/m³，重油熱值 9,600 kcal/L 估算：

- **減少重油量**

$$1,244,604 \text{ m}^3/\text{年} \times 8,000 \text{ kcal/m}^3 \div 9,600 \text{ kcal/L} \div 1,000 \div = \underline{1,037.2 \text{ 公秉}}$$

- **節能績效**

$$\text{天然氣費用} = 1,244,604 \text{ (m}^3/\text{年)} \times 12.3732 \text{ (元/m}^3\text{)} = 1,540 \text{ 萬元}$$

$$\text{重油費用} = 1,037.2 \text{ 公秉/年} \times 21,048 \text{ (元/公秉)} = 2,183 \text{ 萬元}$$

$$2,183 \text{ 萬元} - 1,540 \text{ 萬元} = \underline{643 \text{ 萬元}}$$

- **系統改善效率**

$$92.4\% - 83.1\% = \underline{9.3\%}$$

- **減碳量**

$$(1,037.2 \text{ kL/年} \times 3.111 \text{ tCO}_2\text{e/公噸}) -$$

$$(1,244.6 \text{ km}^3/\text{年} \times 1.879 \text{ tCO}_2\text{e/公噸}) \div = \underline{888 \text{ 公噸 CO}_2\text{e}}$$

(以天然氣之排放係數 1.879 tCO₂e/公噸與重油之排放係數 3.111 tCO₂e/公噸計算)

- **回收年限**

$$950 \text{ 萬元} \div 643 \text{ 萬元} \div = \underline{1.5 \text{ 年}}$$

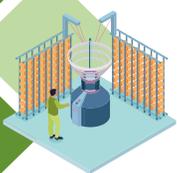


表4.3.2-1 案例廠改善前後鍋爐系統相關資料

項目	改善前	改善後
設備型式	煙管式鍋爐	小型貫流式鍋爐
設備數量(台)	1	5
蒸發量(t)	10.8	2
蒸汽壓力(kg/cm ²)	7.0	7.0
重油用量(kL/年)	1,037.2	0
天然氣用量(km ³ /年)	0	1,244.6
鍋爐效率(%)	83.1	92.4
重油熱值(kcal/L)	9,600	-
天然氣熱值(kcal/m ³)	-	8,000

(2) 投資效益

案例廠貫流式蒸汽鍋爐搭載台數控制之執行，其投資效益如下：

投資金額	約950萬元 (鍋爐加上附屬設備，以及安裝工程、舊有鍋爐拆除等工程)
節能量	減少重油用量1,037.2 kL/年， 增加天然氣用量1,244.6 km ³ /年
系統改善效率	約9.3%
節能績效	約643萬元/年 (以2024.08.06輕裂燃料油單價21,048元/kL及天然氣(2)單價12.3732元/m ³ 計算)
減碳量	888公噸CO ₂ e/年 (以天然氣之排放係數1.879tCO ₂ e/公噸與重油之排放係數3.111 tCO ₂ e/公噸計算)
回收年限	約1.5年

4.4 紡絲冷卻環吹系統

4.4.1 應用場域

紡絲冷卻環吹系統主要是應用於化纖產業紡絲製程之冷卻製程單元，傳統紡絲製程冷卻系統為側吹設計，將其改善為環吹系統，雖然設計初衷為改善絲束冷卻的均勻性，但同時可大量減少使用風量，達到節能減碳的效益。

1. 技術應用原理

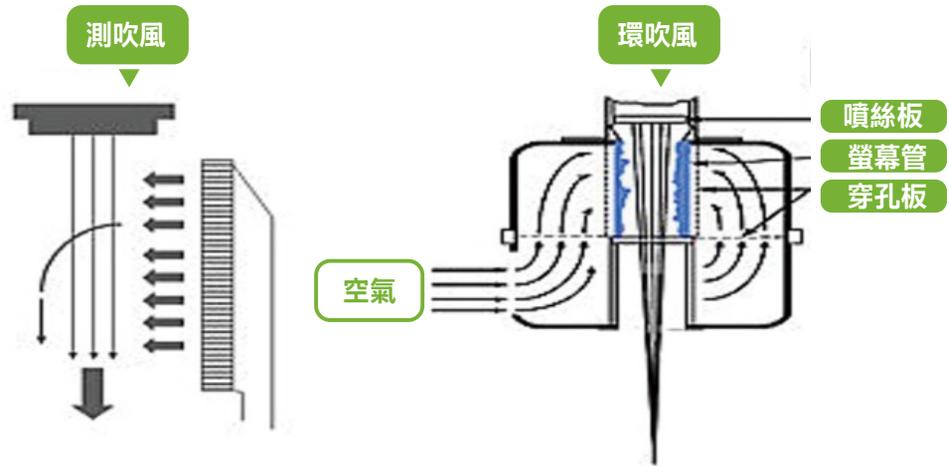
傳統紡絲冷卻之側吹系統出風量大，建置時於整面牆壁皆設有小風孔，風從風孔吹出來冷卻絲束，惟在冷卻絲束的同時，冷卻風也會流竄至寬闊的廠房空間內，造成能源的浪費。

環吹系統則是將冷卻風導入風箱內，風箱四周以鋼材圍起，可達到阻絕冷風外洩的效果。風箱內設置以五目、十目篩網層層堆疊。編織而成的風筒，透過風壓讓冷卻風滲透進入風筒內，並以 360 度的方式均勻冷卻絲束環吹系統之需求風量小，具有冷卻風不外漏的效果，且可達成節能減碳的效果。

此技術改變了以往單方向，大面積吹風冷卻方式，藉由包圍絲束來切斷外界風的干擾，冷卻風減少外流，均勻地從四周吹向每根絲束，無論是冷卻時間、絲束纖度、結晶度還是取向度皆均勻一致。此外，環吹技術所使用的風量約只有傳統側吹風的 30%，可達到節約能源，特別適用於細絲丹尼爾的紡絲生產。側吹系統與環吹系統之示意比較如圖 4.4.1-1 所示。

側吹風及環吹風相較有以下特點：

- (1) 風量消耗較傳統側吹系統少。
- (2) 吹風均勻，冷卻效果顯著。
- (3) 產品範圍在 0.3~2.5 細絲丹尼爾 (Denier Per Filament, DPF) 之間，並且多達 576 孔。
- (4) 可重複使用且壽命長。
- (5) 紡絲組件間間距小。



資料來源：設備廠商提供

圖4.4.1-1 紡絲冷卻環吹系統示意圖

2.技術特點與優勢

環吹系統在冷卻過程中將風量集中，均勻地分配在風筒當中，使每一絲束都能得到均勻的風量分配，達到冷卻時間、絲束纖度、結晶度及取向度皆均勻一致的效果。此外，由於環吹系統包圍絲束，切斷了外界風的干擾，冷卻風不外流，使用的風量減少，進而達到節約能源的效果。

3.應考慮因素與限制

本技術規劃設計時應考慮因素包括：

- (1) 組件形狀：環吹設備改造的原設備紡絲組件需為圓形。
- (2) 製程需求：需提供生產的原料及每小時最大相關押出量、紡絲規格及紡絲速度，風壓要求在 800 pa 以上。
- (3) 其餘條件：包含紡絲線基本資料、產品品質需求、相關附屬設備規格、紡絲層構築方式等詳細資訊，以利進行專業評估。

4.4.2 實務案例介紹

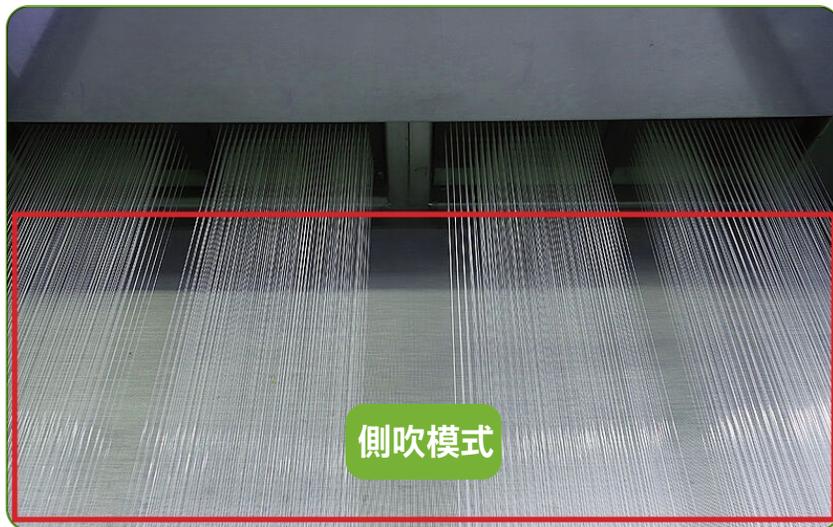
1. 案例廠應用簡介

案例廠為化纖製造廠，其紡絲製程設備為側吹式，送風機主要供應一條產線 24 紡位使用，因風從側面吹風孔吹出冷卻絲束，冷卻風也會流竄至室內，造成能源的浪費，經評估後進行紡絲冷卻環吹系統改善。

2. 改善方案執行過程

(1) 改善前情境說明

原供應產線 24 紡位之冷卻風以側吹方式進行散熱，改善前變頻器負載率為 64%，運轉轉速 960 rpm，送風機運轉功率 23 kW/ 台，改善前照片如圖 4.4.2-1 所示。



資料來源：設備廠商提供

圖4.4.2-1 案例廠設備改善前示意圖



(2) 改善後情境說明

經規劃評估將側吹方式改成環吹方式，降低風量後仍可維持品質要求，改善後之變頻器負載率為 52%，運轉轉速 780 rpm，送風機運轉功率 13 kW/ 台，改善後照片如圖 4.4.2-2 所示。



資料來源：設備廠商提供

圖4.4.2-2 案例廠設備改善後示意圖

3.成效與節能減碳效益分析

(1) 應用紡絲冷卻環吹系統之節能量

改善後之節能量如表 4.4.2-1 所示，其中送風機變頻負載率由 64% 下降至 52%，送風機功率由 23 kW/ 台下下降至 13 kW/ 台，節能率可達 43.5%，其每一束絲能均勻的風量分配，達到絲束的纖度、結晶度及取向度皆均勻一致的效果。

表4.4.2-1 案例廠改善前後系統相關資料

項目	改善前	改善後
設備型式	側吹	環吹
設備數量(台)	24	24
變頻器負載率(%)	64	52
運轉轉速(rpm)	960	780
單台設備功率(kW)	23	13

- **節能量**

$$(23 - 13) \text{ kW/台} \times 24 \text{ 台} \times 8,760 \text{ h/年} = \underline{2,102,400 \text{ kWh/年}}$$

(以年運轉時數 8,760 h/年計算)

- **節能績效**

$$2,102,400 \text{ kWh/年} \times 2.5 \text{ 元/kWh} \div 10,000 \text{ 元/萬元} = \underline{526 \text{ 萬元/年}}$$

(以電力單價 2.5 元/kWh 計算)

- **節能率**

$$(23 \text{ kW} - 13 \text{ kW}) \div 23 \text{ kW} \times 100\% = \underline{43\%}$$

- **減碳量**

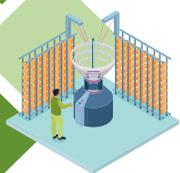
$$2,102,400 \text{ kWh/年} \times 0.494 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} \div 1,000 \text{ kg/公噸}$$

$$= \underline{1,039 \text{ 公噸 CO}_2\text{e/年}}$$

(以 112 年度電力排碳係數為 0.494 kgCO₂e/ kWh 計算之)

- **回收年限**

$$600 \text{ 萬元} \div 526 \text{ 萬元} = \underline{1.1 \text{ 年}}$$



(2) 投資效益

案例廠紡絲冷卻環吹系統之執行，其投資效益如下：

投資金額	約600萬元 (主體設備約576萬元，其他土木工程、管材閥件、電力供應系統、安裝工程等約24萬元)
節能量	約2,102,400 kWh/年 (以年運轉時數8,760 h/年計算)
節能率	約43%
節能績效	約526萬元/年 (以電力單價2.5元/kWh計算)
減碳量	1,039公噸CO ₂ e/年 (以經濟部公告112年電力排碳係數0.494 kg-CO ₂ e/kWh計算)
回收年限	約1.1年

4.5 磁懸浮無油變頻離心冰水主機

4.5.1 應用場域

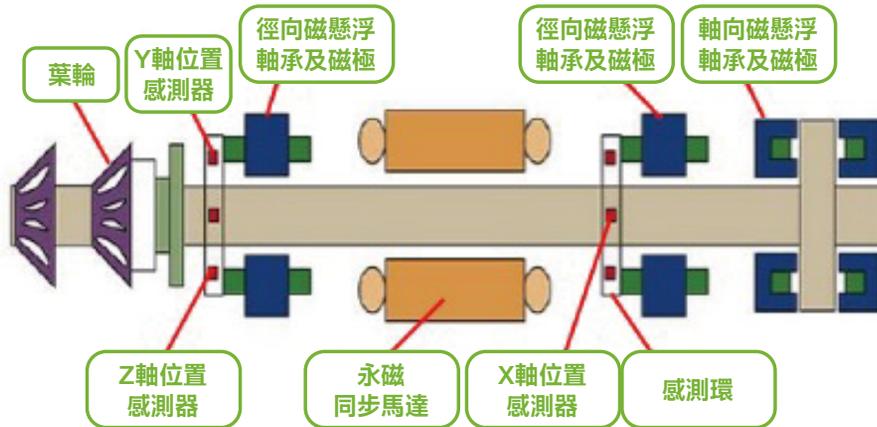
磁懸浮無油變頻離心冰水主機為目前最新式冰水主機，由於採用磁性軸承，可避免傳統壓縮機軸承的機械摩擦損失，以及不需冷凍油設置，使磁懸浮冰水主機不再需要高啟動電流即可快速啟動，運行負載範圍介於10%~100%，低負載(<50%)亦能高效率運行，當採用多台壓縮機組成的設計時，利用不同控制方式調配各壓縮機的負載量，使整體效率更加提高，有效減少能源消耗，達到節能減碳的目的。磁懸浮冰水主機操作的冰水溫度介於5°C~25°C，適用於一般空調及製程冷卻使用，適用產業包括紡織業、石化業、半導體、飯店、醫院、賣場、資料中心等。

1. 技術應用原理

傳統冰水主機的壓縮機為機械軸承，軸承採用滾珠液動壓軸承，轉子轉動過程中需要冷凍油持續潤滑轉子與軸承，接觸過程會產生磨耗，為避免轉子與軸承失去油潤滑而損壞壓縮機，必須利用回油系統，確保整體系統的正常運轉。因此傳統冰水主機噪音高、震動大，壓縮機油路系統會造成開關機時速度慢、可靠度不佳等問題，且冷凍油需定期更換，長期使用後會附著在熱交換器銅管上且無法清洗，造成傳統冰水主機長期使用之保養費用高，且能效逐年降低。

磁懸浮無油變頻離心冰水主機使用磁懸浮壓縮機，運用磁懸浮軸承可避免傳統冰水主機使用油路系統所帶來的相關問題。此外，壓縮機亦可整合永磁馬達及變頻控制，示意圖如 4.5.1-1~4.5.1-3，說明如下：

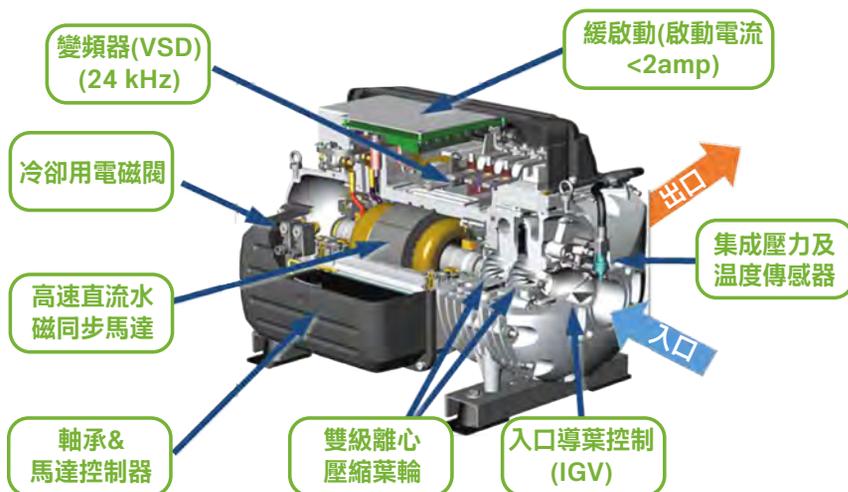
- (1) 前、後及止推磁懸浮軸承由永磁磁鐵及電磁磁鐵組成，通電後運用位置感測器讓轉子懸浮於軸承之中。位置感測器每秒 100,000 次定位，確保轉子不會偏移，如此可減少傳統機械軸承的噪音及震動，且無機械摩擦、無需使用冷凍油，使壓縮機效能更好，冰水主機長期使用均能維持一定的效能。



資料來源：設備廠商提供

圖4.5.1-1 磁懸浮軸承系統示意圖

(2)磁懸浮壓縮機整合了永磁馬達及變頻器，運用磁懸浮軸承無機械摩擦優勢，使其轉子轉速達到 20,000~45,000 rpm 不等，且幾乎無段變速，因此更能符合現場變頻控制需求，達到更好的溫度及節能控制。而葉輪設計使用兩段壓縮，搭配高轉速使其體積能有效縮小，加上所有零件都模組化，更方便後續維修保養。壓縮機自身使用冷媒冷卻，確保壓縮機所有零件不會因過熱而造成故障，可靠度更高。本磁懸浮離心式壓縮機採用 Danfoss Tutbocor 壓縮機，其構造如圖 4.5.1-2 所示。



資料來源：設備廠商提供

圖4.5.1-2 磁懸浮壓縮機構造示意圖

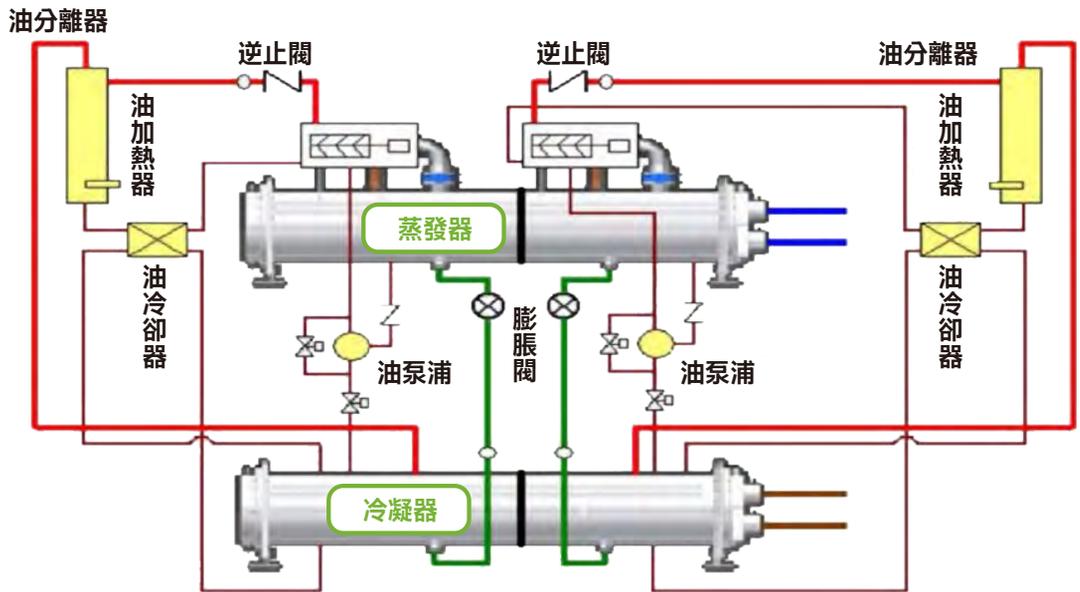
(3) 磁懸浮式冰水主機能設計成多壓縮機構，其構造示意圖如圖 4.5.1-3 所示，單台主機最多可配置 8 個壓縮機。每個磁懸浮壓縮機都能搭配獨立電源開關及冷媒隔離閥，因此具備冰水主機不停機之線上維修，甚至更換壓縮機的功能，可避免冷能中斷，使用上可靠度更高。



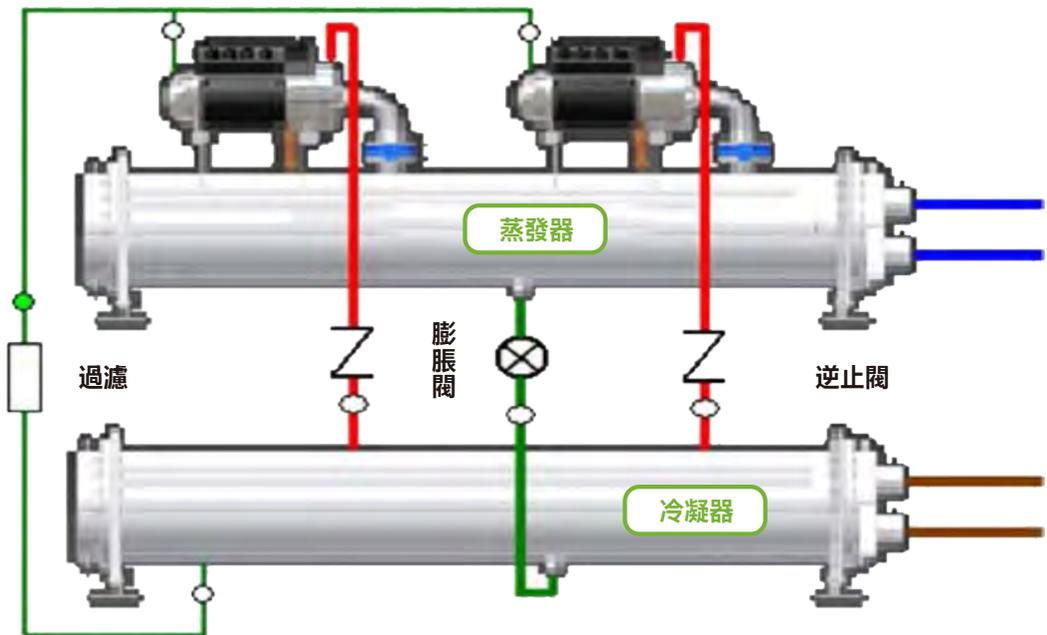
資料來源：設備廠商提供

圖4.5.1-3 磁懸浮冰水主機構造示意圖

傳統冰水主機需考慮到冷凍油系統，其管路配置將變得複雜，進而使設備故障之風險提高，傳統冰水主機與磁懸浮式冰水主機的管路配置差異比較如圖 4.5.1-4 所示。



傳統冰水主機的管路配置



Smardt 磁懸浮無油變頻離心冰水主機的管路配置

資料來源：設備廠商提供

圖4.5.1-4 傳統冰水主機與磁懸浮式冰水主機的管路配置差異比較

為了應對製冷負載的變化，傳統冰水主機必須設置多台不同噸數機組，以供應不同負載需求，一般冰水主機最佳效率維持在 80~90% 負載率下運轉，在低負載情況下，通常是透過減少運轉的冰水主機台數或採低負載操作方式，冰水主機在低負載運轉狀態時，容易造成效率不佳情況。磁懸浮冰水主機係由多台壓縮機組成，負載變化可介於 10%~100%，透過智慧控制系統調控分配各壓縮機的負載量及運轉台數，可使每台壓縮機運轉在最佳效率點，進而提升整體冰水主機效率。

2.技術特點與優勢

紡織業運用磁懸浮無油變頻離心冰水主機，具有無油、無段變速、負載變化大、效率高、安靜無震動，可靠度高等特點，說明如下：

- (1) 高效節能、水溫變化小，適用大範圍的負載變化 (10~100%)、更高的部分負載效能及無段變速功能，讓冰水溫度控制更貼近現場負載，因而達到更高的節能成效。
- (2) 磁懸浮冰水主機可靠度高、可線上維修，使製程冷能不中斷，使用風險更低。
- (3) 磁懸浮冰水主機不使用冷凍油，因此保養費用低，長期使用效率不衰減，生命週期維護保養費用比傳統冰水主機低。
- (4) 磁懸浮冰水主機噪音低、無震動，且無熱氣排出 (使用冷媒冷卻)，可提高使空調機房環境舒適度，更方便現場人員作業。
- (5) 磁懸浮冰水主機控制智慧化，能搭配一次泵變頻流量變化，加上整合監控系統，使冰水系統效能更高，且智慧化控制可減少維護及巡檢人力。



3.應考慮因素與限制

本設備規劃設計時應考慮因素包括：

- (1) 進場動線確認：如現場進場空間有限，可使用分體式磁懸浮冰水主機，其安裝無需動火焊接，現場組裝容易。
- (2) 現場水溫條件：磁懸浮冰水主機最低冰水出水溫度為 5°C。如冰水出水需求溫度為 20°C 以上時，則需依照現場條件選擇相對應的合適機組。
- (3) 冷卻水條件：磁懸浮冰水主機如有故障，大部分原因來自冷卻水水質，因此需加強冷卻水水質控制（如酸鹼值、導電度等）。在無法提供冷卻水區域或考量設置位置時，則可考慮使用氣冷式磁懸浮冰水主機，目前最大規格為 500 RT，一樣具有效能高、可靠度高，噪音震動低等優勢。

4.5.2 實務案例介紹

1.案例廠應用簡介

案例廠為紡織產業纖維製造廠商，產品包括尼龍纖維、聚酯纖維等，原設有 1 台 1,000 RT 定頻離心式冰水主機，供現場製程使用，因節能考量評估後進行磁懸浮無油變頻離心冰水主機改善。

2.改善方案執行過程

(1) 改善前情境說明

原採用 1 台為 1,000 RT 之定頻離心式冰水主機，搭配備用 750 RT 定頻離心式冰水主機（備援主機）提供現場冷能。整體系統運轉效能約 0.945 kW/RT，改善前照片如圖 4.5.2-1 所示。



資料來源：設備廠商提供

圖4.5.2-1 案例廠設備改善前照片

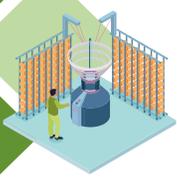
(2) 改善後情境說明

經評估後，採用1台800 RT之磁懸浮冰水主機來替代原有1,000 RT定頻離心式冰水主機，改善後整體系統效能可達到0.751 kW/RT以下；改善後照片如圖4.5.2-2所示。



資料來源：設備廠商提供

圖4.5.2-2 案例廠設備改善後照片



3.成效與節能減碳效益分析

(1) 應用磁懸浮無油變頻離心冰水主機之節能量

改善後之節能量如表 4.5.2-1 所示，原 1,000 RT 定頻離心式冰水主機汰換為 800 RT 磁懸浮冰水主機，實測系統效率由 0.945 kW/RT 提升至 0.751 kW/RT，節能率達 21 %。

表4.5.2-1 案例廠改善前後系統相關資料

項目	改善前	改善後
設備型式	定頻離心式	磁懸浮式
設備規格(RT)	1,000	800
系統效率(kW/RT)	0.945	0.751
負載率(%)	69	86

- **節能量**

$(1,000 \text{ RT} \times 0.945 \text{ kW/RT} \times 69\% \times 8,760 \text{ h/年}) -$
 $(800 \text{ RT} \times 0.751 \text{ kW/RT} \times 86\% \times 8,760 \text{ h/年}) \doteq \underline{1,185,771 \text{ kWh/年}}$
 (以年運轉時數 8,760 h/年計算)

- **節能績效**

$1,185,771 \text{ kWh/年} \times 2.3 \text{ 元/kWh} \div 10,000 \text{ 元/萬元} \doteq \underline{273 \text{ 萬元/年}}$
 (以電力單價 2.3 元/kWh 計算)

- **節能率**

$(0.945 \text{ kW/RT} - 0.751 \text{ kW/RT}) \div 0.945 \text{ kW/RT} \times 100\% = \underline{21\%}$

- **減碳量**

$1,185,771 \text{ kWh/年} \times 0.494 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} \div 1,000 \text{ kg/公噸}$
 $\doteq \underline{586 \text{ 公噸 CO}_2\text{e/年}}$
 (以 112 年度電力排碳係數為 0.494 kgCO₂e/ kWh 計算之)

- 回收年限

1,500 萬元 ÷ 273 萬元 = 5.5 年

(2) 投資效益

案例廠磁懸浮無油變頻離心冰水主機之執行，其投資效益如下：

投資金額	約1,500萬元 (主體設備約1,100萬元，其他土木工程、管材閥件、電力供應系統、安裝工程等約400萬元)
節能量	約1,185,771 kWh/年 (以年運轉時數8,760 h/年計算)
節能率	約21%
節能績效	約273萬元/年 (以電力單價2.3元/kWh計算)
減碳量	586公噸CO ₂ e/年 (以經濟部公告112年電力排碳係數0.494 kg-CO ₂ e/kWh計算)
回收年限	約5.5年



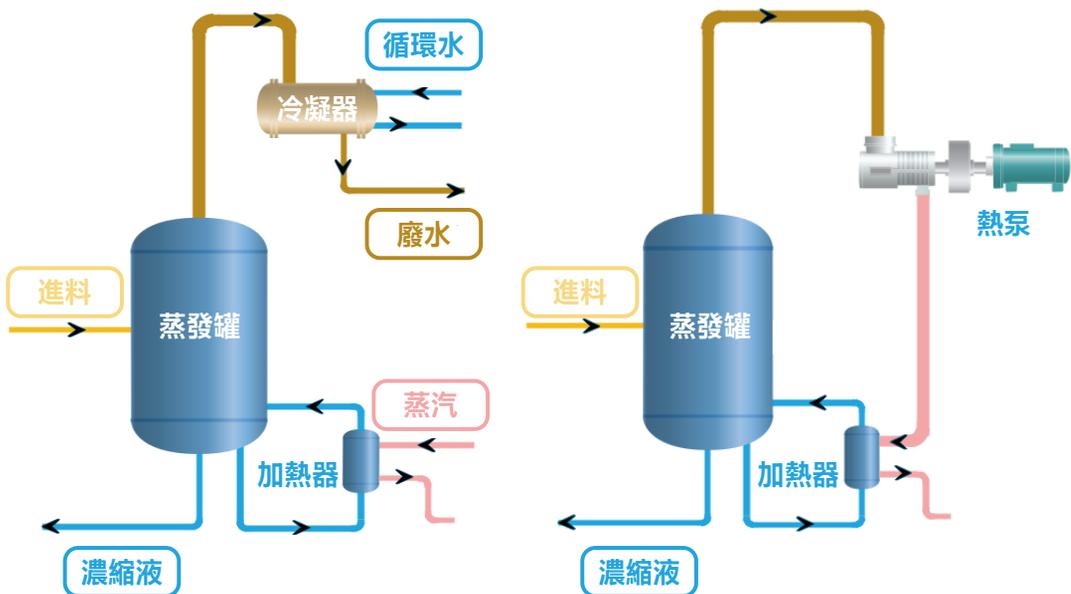
4.6 螺桿式水蒸汽壓縮熱泵系統

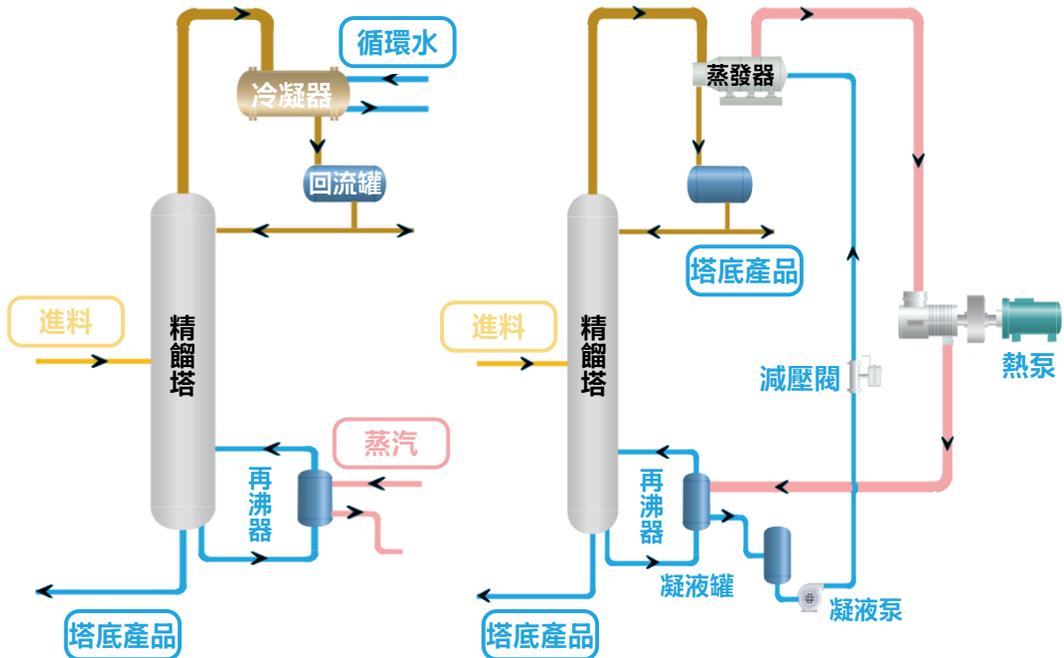
4.6.1 應用場域

螺桿式水蒸汽壓縮熱泵應用領域主要包括石油化工、煤化工、天然氣、精細化工、無機化工、鋼鐵冶煉、電力、鋰電池、太陽光電系統、生物發酵、污水處理、印染紡織、製酒……等多個行業和領域，舉凡製程有低溫餘熱或需大量使用蒸發、精餾、乾燥等高耗能產業皆可評估使用。

1. 技術應用原理

傳統蒸發或精餾單元是將蒸發器 / 精餾塔利用蒸汽加熱或濃縮，蒸汽經熱交換後會形成較低壓蒸汽或冷凝水，此較低壓蒸汽或冷凝水未經利用，通過迴圈水或空冷直接冷卻，消耗了大量能源及冷卻水，且造成熱量的損失及浪費。由於換熱後之蒸汽溫度壓力較低，可以應用的加熱製程較少，很難直接再利用。近來因能源價格日趨高漲，蒸汽價格隨之提高，將原生蒸汽機械增壓後二次利用成為降低能耗的有效手段，故螺桿式水蒸汽壓縮熱泵應運而生。上述傳統蒸發 / 精餾及螺桿式壓縮熱泵的蒸發 / 精餾原理如圖 4.1 所示。



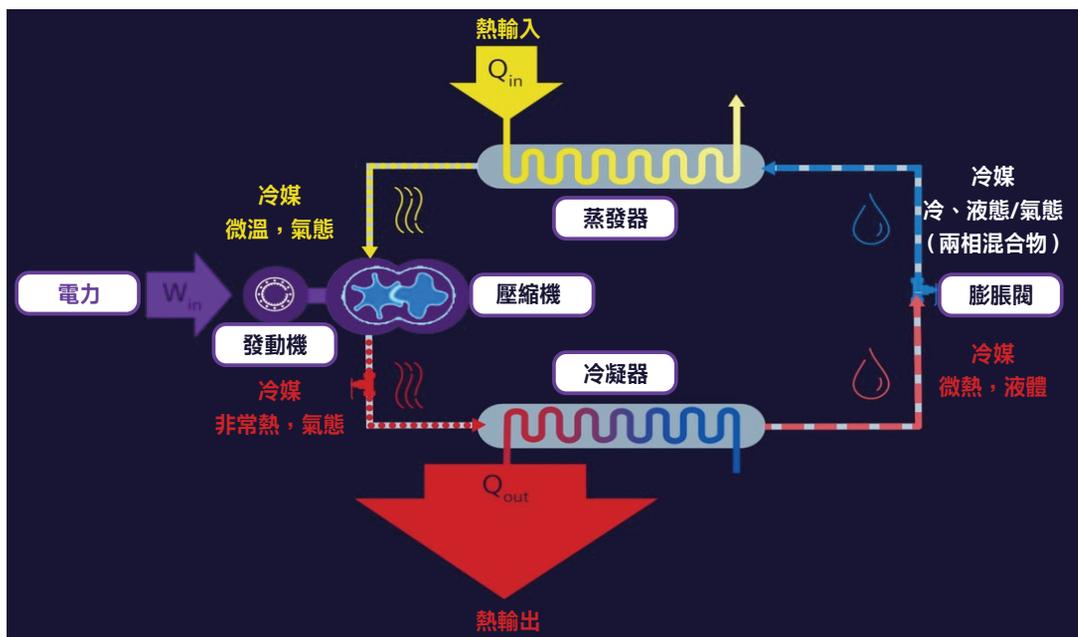


資料來源：設備廠商提供

圖4.6.1-1 傳統蒸發/機械壓縮及螺桿式壓縮熱泵的蒸發/精餾原理

螺桿式水蒸汽壓縮熱泵是一種充分利用低壓蒸汽熱能的高效節能裝置，其工作原理是消耗少量電能，將焓值較高的低溫低壓飽和蒸汽壓縮成高溫高壓蒸汽，可應用於蒸汽管網或熱交換器，實現低壓飽和蒸汽的高效利用，可降低企業用熱成本和冷卻水消耗，減少二氧化碳排放，實現較大幅度的節能減排。

螺桿式蒸汽壓縮熱泵流程將精餾塔塔頂排氣或蒸發產生的二次蒸汽，經螺桿熱泵增壓後，溫度、壓力均升高，物料焓值亦增加，然後送至蒸發器之熱交換器或精餾塔的再沸器，作為熱源使釜內料液濃縮或乾燥，蒸汽加壓後釋放相變潛熱並冷凝成水，熱量得到充分利用，既節省塔頂冷卻所需能源或二次蒸汽冷凝所需冷卻水消耗，同時減少了加熱器或再沸器汽化所需蒸汽使用，只需消耗蒸汽壓縮機之電能，即可大幅提高系統熱效率。螺桿式蒸汽壓縮熱泵技術可應用在石油煉製精餾、反應熱回收、濃縮、海水淡化及污泥乾燥等製程，螺桿式蒸汽壓縮熱泵如圖 4.6.1-2 所示。



資料來源：設備廠商提供

圖4.6.1-2 螺桿式水蒸汽壓縮熱泵示意圖

2.技術特點與優勢

紡織業運用螺桿式水蒸汽壓縮熱泵具有以下特點：

- (1) 自動操作：高度模組化、智慧化設計，可實現一鍵啟停及無人值守；
- (2) 熱效率高：螺桿式水蒸汽壓縮熱泵的性能係數 (coefficient of performance, COP) 至少 7 以上，意即消耗一定電能可獲得至少 7 倍以上的熱量輸出；
- (3) 運轉節能：螺桿式水蒸汽壓縮熱泵汽量和轉速成近似線性關係，無極變頻調節可實現低負荷節能運行；
- (4) 節能環保：廢水零排放，無 CO_2 和 SO_x 污染，裝置高度電氣化；
- (5) 適應性強：對製程波動不敏感，可滿足含塵、帶液、組分易聚合等製程；
- (6) 可靠性高：結構簡單，無易損無件，連續運轉時間可達 3 年以上。

螺桿式蒸汽壓縮熱泵應用於一次蒸汽或二次蒸汽壓縮時，需根據裝置特點、介質特性等綜合評估，也需根據系統的熱量匹配選擇補充蒸汽，或將多餘蒸汽冷凝，亦可與其他節能技術結合，如多效蒸發、蒸汽補焓等，以達成節能最大化。綜言，螺桿式蒸汽壓縮熱泵在不同裝置中的應用，需以結合其特點進行量身定制及優化設計。

3. 應考慮因素與限制

本設備規劃設計時應考慮因素包括：

- (1) 設備安裝空間。
- (2) 現場環境條件。
- (3) 裝置製造流程。
- (4) 建造工程價格。
- (5) 壓縮介質特性。
- (6) 設備材質選擇。
- (7) 自動控制操作設計。

4. 降低危害風險

本設備規劃設計時應考慮降低的危害風險包括：

- (1) 機械安全風險：採用入口噴液方式降低壓縮排氣過熱，以避免機械部件因高溫導致機械磨損或設備故障及安全事故。
- (2) 經濟性風險：通過技術創新確保系統經濟可行且具效益。
- (3) 系統穩定性風險：選擇合適熱交換方式、壓縮氣體之特性及控制條件。
- (4) 維護和可靠性風險：選擇耐用材料和組件，並規劃維護頻率。
- (5) 噪音和震動風險：採取必要的減震降噪措施。



4.6.2 實務案例介紹

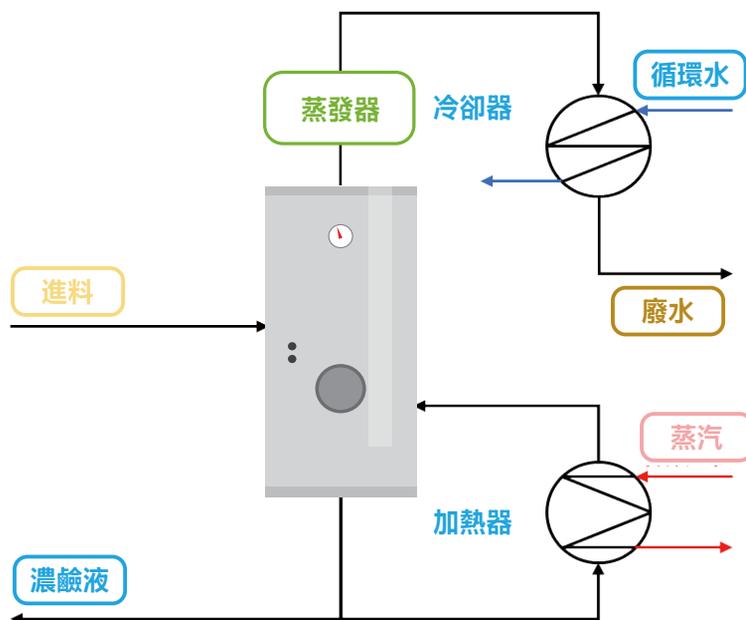
1. 案例廠應用簡介

案例廠為一家染整廠，生產產品包括各類織物和纖維製品，原設有多台傳統換熱設備，主要供應生產過程中所需的熱能和動力，因面對能源成本上升及環保法規壓力，評估利用螺桿式水蒸汽壓縮熱泵系統改善現有生產流程。

2. 改善方案執行過程

(1) 改善前情境說明

案例廠在引入螺桿式水蒸汽壓縮熱泵之前，原採用 1 台燃氣鍋爐來提供精煉、漂白、烘乾等製程中的熱能需求。為因應節能減碳國家政策，並確保生產操作不間斷，同時可有效降低染整廠的生產能耗，故決定將製程中鹼液濃縮過程進行技術升級，改善前流程示意如圖 4.1.2-1。



資料來源：設備廠商提供

圖4.6.2-1 改善前流程示意圖

(2) 改善後情境說明

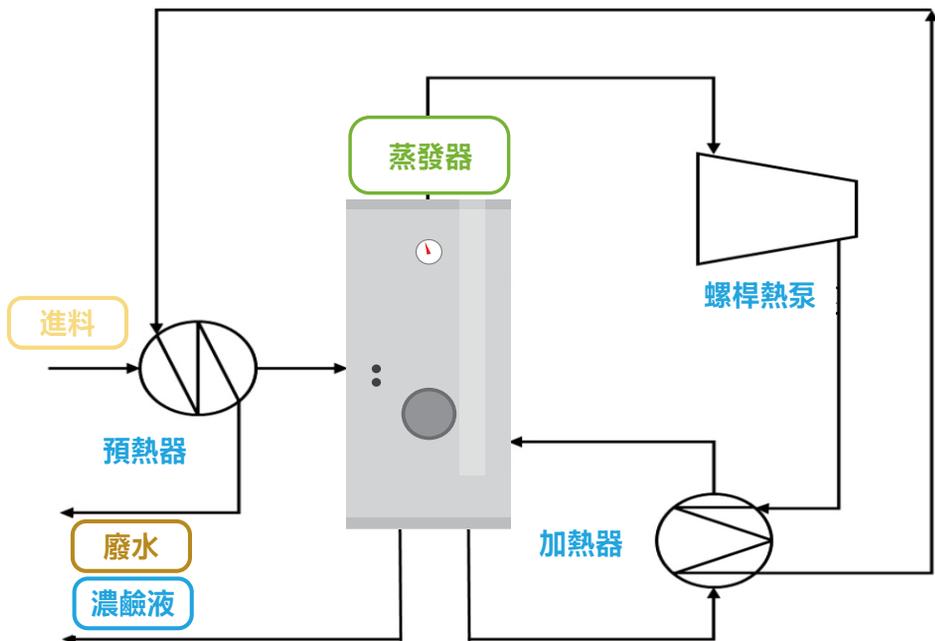
經過詳細的規劃評估後，案例廠導入 1 台高效能螺桿式水蒸汽壓縮熱泵，應用在鹼液濃縮製程，經濃縮加熱後之低壓蒸汽壓縮後用來替代鍋爐提供之蒸汽，換熱後的蒸汽冷凝水進一步提供進料做為預熱使用，最後蒸汽冷凝水再回到蒸汽鍋爐作為飼水再利用。導入高效能螺桿式水蒸汽壓縮熱泵可顯著提高生產效率，大幅降低蒸汽消耗和操作費用。改善後流程如圖 4.6.2-2 所示，改善後照片如圖 4.6.2-3，螺桿式水蒸氣壓縮熱泵操作條件如下：

A: 蒸汽量: 5,300 kg/h (water: ~100%)

B: 入口壓力: 0.12 MPa(A), 105°C

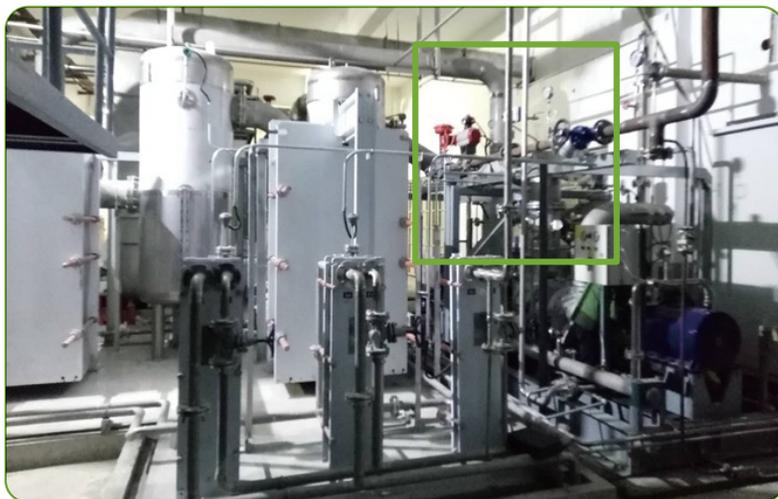
C: 出口壓力: 0.27 MPa(A), 130°C

D: 高效能螺桿式水蒸汽壓縮熱泵軸功率: 290 kW



資料來源：設備廠商提供

圖4.6.2-2 改善後流程示意圖



資料來源：設備廠商提供

圖4.6.2-3 案例廠設備改善後示意圖

3.成效與節能減碳效益分析

(1) 應用螺桿式水蒸汽壓縮熱泵之節能量

案例廠改善前後能量消耗如表 4.6.2-1 所示，其中燃氣鍋爐產生的蒸汽價格為 990 元 / 公噸，冷卻水價格 0.9 元 / 公噸，電價 2.7 元 / kWh，每公噸蒸汽相變能耗為 610 kWh / 公噸；每公噸冷卻水換熱量為 9.305 kWh / 公噸，每年系統操作時間以 8,000 小時計算，預估每年節省操作費用約 4,090 萬元，節能率達 74%。

• 節能量

$$[(\text{每公噸蒸汽相變熱} \times \text{蒸汽耗量 (公噸 / 小時)} + \text{每公噸冷卻水換熱量} \times \text{冷卻水耗量 (公噸 / 小時)} - \text{耗電量})] \times \text{年運轉時數}$$

$$[(610\text{kWh/公噸} \times (6.62\text{公噸 / 小時} - 0.97\text{公噸 / 小時}) + (9.305\text{kWh/公噸} \times (400\text{公噸 / 小時} - 64\text{公噸 / 小時}) - 290\text{kWh})] \times 8,000\text{ h/年} = \underline{50,263,840\text{ kWh/年}}$$

(以年運轉時數 8,000 h / 年計算)

- 節能績效

$50,263,840 \text{ kWh/年} \times 2.7 \text{ 元/kWh} \div 10,000 \text{ 元/萬元} \doteq \underline{13,571 \text{ 萬元/年}}$

(以電力單價 2.7 元/kWh 計算)

- 節能率

$(5.65 \text{ 公噸/小時} \times 610 \text{ kWh/公噸} + 336 \text{ 公噸/小時} \times 9.305 \text{ kWh/公噸}) \div (6.62 \text{ 公噸/小時} \times 610 \text{ kWh/公噸} + 400 \text{ 公噸/小時} \times 9.305 \text{ kWh/公噸}) \times 100\% \doteq \underline{85\%}$

- 減碳量

$50,263,840 \text{ kWh/年} \times 0.494 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} \div 1,000 \text{ kg/公噸}$

$\doteq \underline{24,830 \text{ 公噸 CO}_2\text{e/年}}$

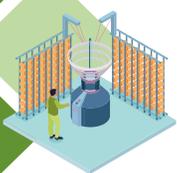
(以 112 年度電力排碳係數為 0.494 kgCO₂e/ kWh 計算之)

- 回收年限

$5,400 \text{ 萬元} \div 13,571 \text{ 萬元} \doteq \underline{0.4 \text{ 年}}$

4.6.2-1 案例廠改善前後系統相關資料

項目	改善前	改善後	節省
蒸汽耗量 (公噸/時)	6.62	0.97	5.65
冷卻水耗量 (公噸/時)	400	64	336
耗電量 (kWh)	0	290	-290
操作費用 (元/時)	6,914	1,801	5,123
年操作費用 (萬元/年)	5,531	1,441	4,090



(2) 投資效益

案例廠螺桿式水蒸汽壓縮熱泵之執行，其投資效益如下：

投資金額	約5,400萬元 (主體設備約4,050萬元，其他土木工程、管材閥件、電力供應系統、安裝工程等約1,350萬元)
節能量	約50,263,840 kWh/年 (以年運轉時數8,000 h/年計算)
節能率	約85%
節能績效	約13,571萬元/年 (以電力單價2.7元/kWh計算)
減碳量	24,830公噸CO ₂ e/年 (以經濟部公告112年電力排碳係數0.494 kg-CO ₂ e/kWh計算)
回收年限	約0.4年

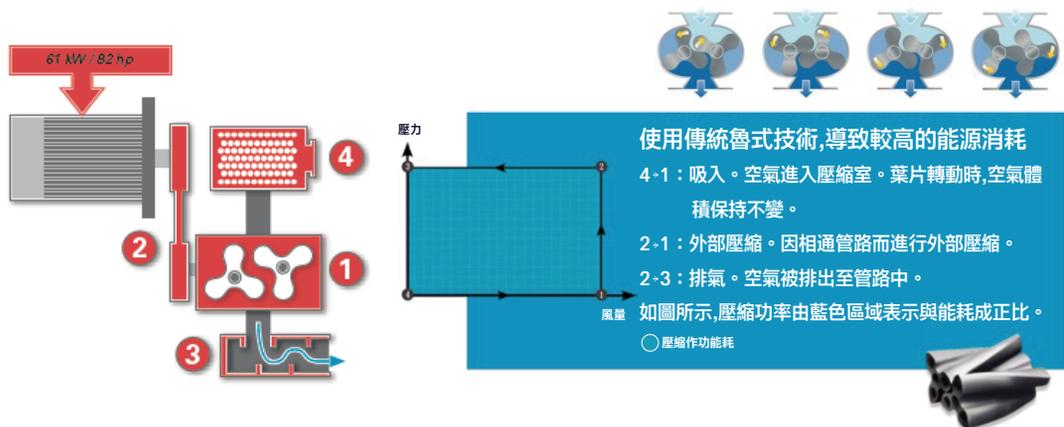
4.7 高效率螺旋式鼓風機

4.7.1 應用場域

本設備應用產業相當廣泛，包括電子業、面板業、製造業、鋼鐵業、造紙業、食品飲料業、製藥業、生技業、石化業、化工廠、航運船舶等，舉凡廠內有各式低壓鼓風機需求者均可使用，如半導體與光電產業的製程廢水處理系統，其生物曝氣、污水擾動調節、生物薄膜過濾系統 (Membrane Bio-Reactor, MBR) 等處理流程；另如食品飲料業應用於食品乾燥、酵母發酵、生技製藥等，可透過智能控制器整合變頻器與變頻馬達，即時偵測出口端不同風壓及風量需求自動調節輸出，能以最低運轉耗能滿足所需之操作風量，達成最佳使用效率，與持續節能效益。

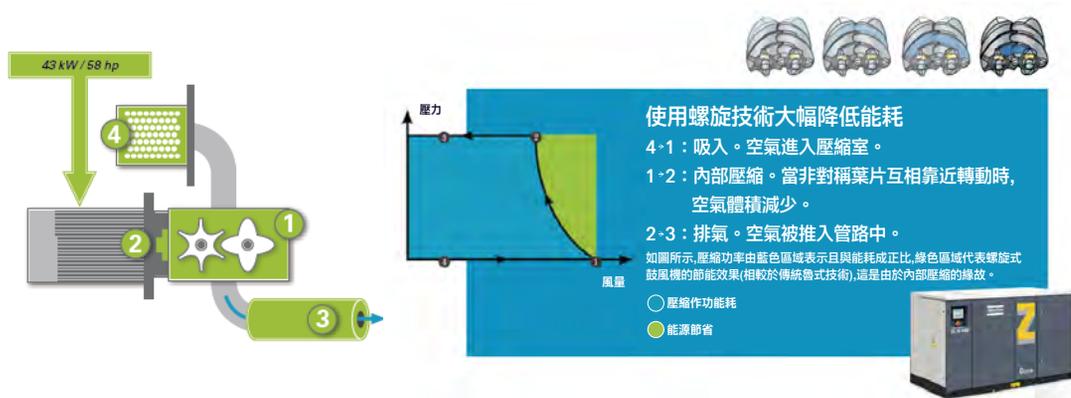
1. 技術應用原理

傳統魯式鼓風機的設備構造圖如圖 4.7.1-1 所示，螺旋式鼓風機構造圖如圖 4.7.1-2。傳統魯式鼓風機驅動方式為馬達透過皮帶普利盤轉動魯式鼓風機本體（間接傳動），完成吸氣、掃氣壓縮、排氣等三步驟後進行容積式壓縮循環，達到壓縮鼓風之作用；而高效率螺旋式鼓風機之驅動方式則為馬達直驅或透過聯軸器傳動高效率變速齒輪箱轉動螺旋式鼓風機本體，同樣進行吸氣、掃氣壓縮、排氣等三步驟完成容積式壓縮循環。



資料來源：設備廠商提供

圖4.7.1-1 魯式鼓風機流程圖



資料來源：設備廠商提供

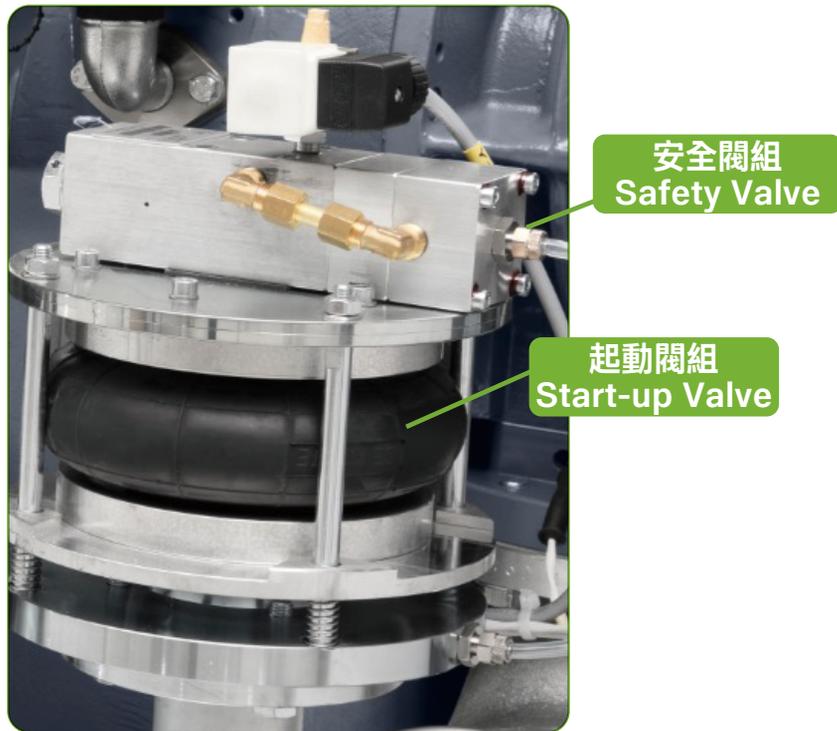
圖4.7.1-2 螺旋式鼓風機流程圖

變頻驅動技術 (Variable Speed Drive, VSD) 加無油螺旋式鼓風機是新一代高效率無油螺桿式鼓風機，為新世代低壓鼓風機的設計，整合搭載 IE5 超優級效率永磁變頻馬達及領先的 VSD 變頻驅動技術，集成式設計與隨插即用的概念，讓高效率無油螺桿式鼓風機可安裝於各種需求環境（屋內或戶外），使用者可輕易於智慧人機控制面板上，設定操作所需的吐出風壓 (bar) 及風量 (m³/min)，相較於傳統魯式鼓風機有 30% 以上的節能效益。

變頻無油螺旋式鼓風機 (Screw Blower, SB) 產品設計之核心技術為一組非對稱的公母螺桿轉子，由馬達驅動聯軸器傳動高效率齒輪箱，驅動最佳 4/6 比例公母葉片的螺旋轉子，於壓縮室內以相對方向運轉，產生空氣受壓縮效果，即為鼓風機作用。螺桿的公母轉子於極小的間隙距離，無接觸干擾情況下（相同於無油式空壓機的乾式壓縮），依馬達運轉速度連續進行吸氣、壓縮、排氣等產氣循環行程。

以最佳黃金搭配公 4 母 6 葉輪比例設計的螺桿式鼓風機，可於掃氣壓縮行程時，利用非對稱螺桿轉子的內壓縮效應特性，相較於傳統對稱式魯式鼓風機，於相同產氣風量與風壓條件下，可達到 30% 以上的節能效益。如搭配變頻式驅動運轉，可使變頻螺旋式鼓風機更貼近實際操作需求，達到運轉與使用最佳化，且不浪費能源。

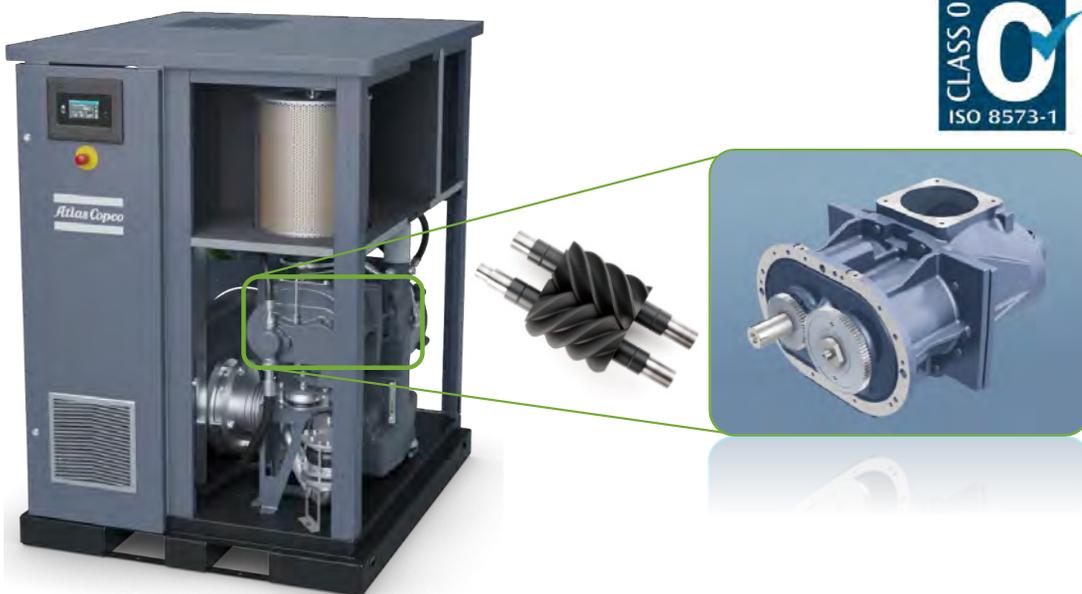
螺旋式風機同時搭配整合啟動閥與安全閥為一體的啟動運轉元件，如圖 4.7.1-3 所示，可使鼓風機不受管線上的背景壓力影響，隨時運轉啓動輸出所需風壓與風量；而安全閥組 (Safety Valve, SV) 可於鼓風機運轉狀態下，偵測系統設定的壓力是否超出設定值或管線的背景壓力，當超出設定值時，監控系統將自動進行調整壓力與啟動卸載動作。



資料來源：設備廠商提供

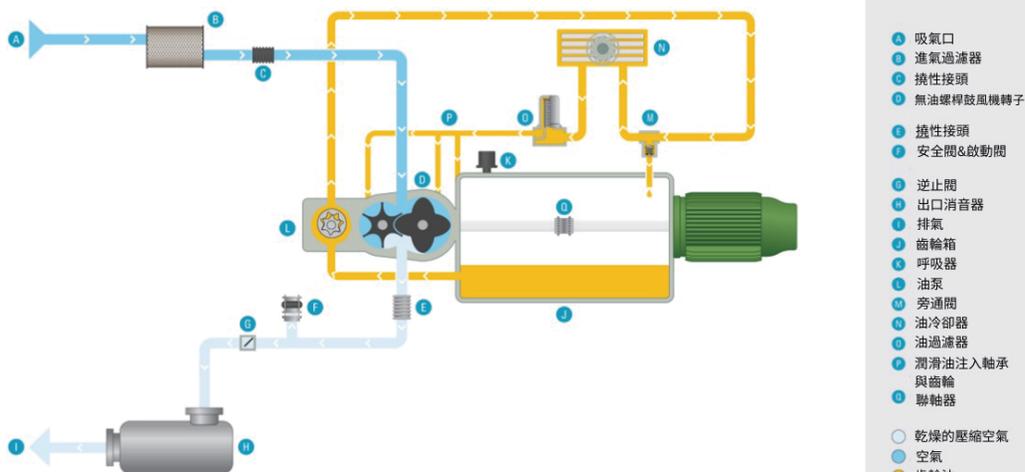
圖4.7.1-3 啟動閥與安全閥組

變頻驅動技術加無油螺旋式鼓風機與常見之空壓機箱體式設計概念相同，讓使用者可輕易安裝與快速維護保養，相較傳統魯式鼓風機所需的占地空間更小，可有效利用鼓風機機房。變頻驅動技術加無油螺旋式鼓風機設備如圖 4.7.1-4 所示，設備構造如圖 4.7.1-5 所示。



資料來源：設備廠商提供

圖4.7.1-4 變頻驅動技術加無油螺旋式鼓風機外觀圖



資料來源：設備廠商提供

圖4.7.1-5 變頻驅動技術加無油螺旋式鼓風機設備構造圖

2. 技術特點與優勢

高效率螺旋式鼓風機具有以下特點：

- (1) 性能超群：卓越的性能遠勝於市售魯式鼓風機。
- (2) 效率更高：採用最尖端的螺旋轉子技術、VSD 變速驅動及創新設計的全變頻油冷卻式馬達，提高產品效率與妥善性。
- (3) 操作運行：操作壓力與操作風量輸出範圍為 22%~100%，可滿足不同需求所需操作條件，並同時達到運轉節能減碳效益。
- (4) 穩定可靠：螺旋式轉子的優異效率與轉動系統，可達成最佳能耗，協助使用者實現可持續的生產力。
- (5) 綠色環保：高性能、高可靠度的濾材與齒輪箱油氣回收裝置，使本設備可持續運轉 8,000 小時，保養耗材相對減少。

3. 應考慮因素與限制

本設備規劃設計時應考慮因素包括：

- (1) 所需的安裝場地大小，依產氣風量及操作壓力條件提供而有所差異，須確保機台體積大小並預留四周約一米間距，而且環境溫度需保持於 45°C 以下。
- (2) 安裝位置於屋內或戶外，戶外型具備雨遮防護套件。
- (3) 環境溫度、溼度。
- (4) 需求操作壓力、風量。
- (5) 電源電壓 / 頻率。
- (6) 安裝位置空間大小。
- (7) 現場通風等。



4.7.2 實務案例介紹

1. 案例廠應用簡介

案例廠 – 紡織染整污水處理場鼓風機節能案，該廠主要生產尼龍絲：全延伸絲、半延伸絲、高順向絲及織布染整、染紗等。基於永續發展理念持續精進低碳生產技術，將原先 2 台定頻式 75 hp 魯式鼓風機更換為 1 台 120 hp VSD 變頻無油螺旋式鼓風機。

2. 改善方案執行過程

(1) 改善前情境說明

原採用 2 台定頻式 75 hp 魯式鼓風機，單機操作風壓 0.6 kg/cm^2 ，輸出風量 $2,250 \text{ m}^3/\text{h}$ ，總產氣量需求 $4,500 \text{ m}^3/\text{h}$ 。改善前 2 台魯式鼓風機運轉總耗電為 116 kW，案例廠設備改善前照片如圖 4.7.2-1 所示。



魯式鼓風機



魯式鼓風機能耗檢測

資料來源：設備廠商提供

圖4.7.2-1 案例廠設備改善前照片

(2) 改善後情境說明

經規劃汰換為 1 台 120 hp VSD 變頻無油螺旋式鼓風機，設計吐出風壓為 $0.3 \sim 0.8 \text{ kg/cm}^2$ ，吐出風量範圍 $28 \sim 92 \text{ m}^3/\text{min}$ ，改善後單台變頻無油螺旋式鼓風機運轉總耗電為 52.4 kW，案例廠設備改善後照片如圖 4.7.2-2 所示。



資料來源：設備廠商提供

圖4.7.2-2 案例廠設備改善後照片

3. 成效與節能減碳效益分析

(1) 應用高效率螺旋式鼓風機之節能量

改善前後之相關資料如表 4.7.2-1 所示，將 2 台定頻式 75 hp 魯式鼓風機替換為 1 台 120 hp VSD 變頻無油螺旋式鼓風機，設備耗電量由 116 kW 降為 52.4 kW，節能率達 55%。

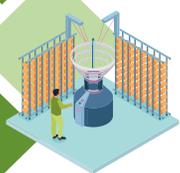


表4.7.2-1 案例廠改善前後系統之相關資料

項目	改善前	改善後
設備型式	魯式鼓風機	變頻無油螺旋式鼓風機
設備規格(hp)	75	120
設備數量(台)	2	1
實測耗用量(kW)	116	52.4

- **節能量**

$$(116-52.4)\text{kW}\times 8,760\text{ h/年} = \underline{557,136\text{ kWh/年}}$$

(以年運轉時數 8,760 h/年計算)

- **節能績效**

$$557,136\text{ kWh/年}\times 2.5\text{元/kWh}\div 10,000\text{元/萬元} = \underline{139\text{萬元/年}}$$

(以電力單價 2.5 元/kWh 計算)

- **節能率**

$$557,136\text{ kWh/年}\times 0.494\text{ kgCO}_2\text{e/kWh}\div 1,000\text{ kg/公噸}$$

$$= \underline{275\text{公噸 CO}_2\text{e/年}}$$

(以 112 年度電力排碳係數為 0.494 kgCO₂e/ kWh 計算之)

- **回收年限**

$$250\text{萬元}\div 139\text{萬元} = \underline{1.8\text{年}}$$

(2) 投資效益

案例廠高效率螺旋式鼓風機之執行，其投資效益如下：

投資金額	約250萬元 (主體設備約180萬元，其他土木工程、管材閥件、電力供應系統、安裝工程等約70萬元)
節能量	約557,136 kWh/年 (以年運轉時數8,760 h/年計算)
節能率	約55%
節能績效	約139萬元/年 (以電力單價2.5元/kWh計算)
減碳量	275公噸CO ₂ e/年 (以經濟部公告112年電力排碳係數0.494 kg-CO ₂ e/kWh計算)
回收年限	約1.8年



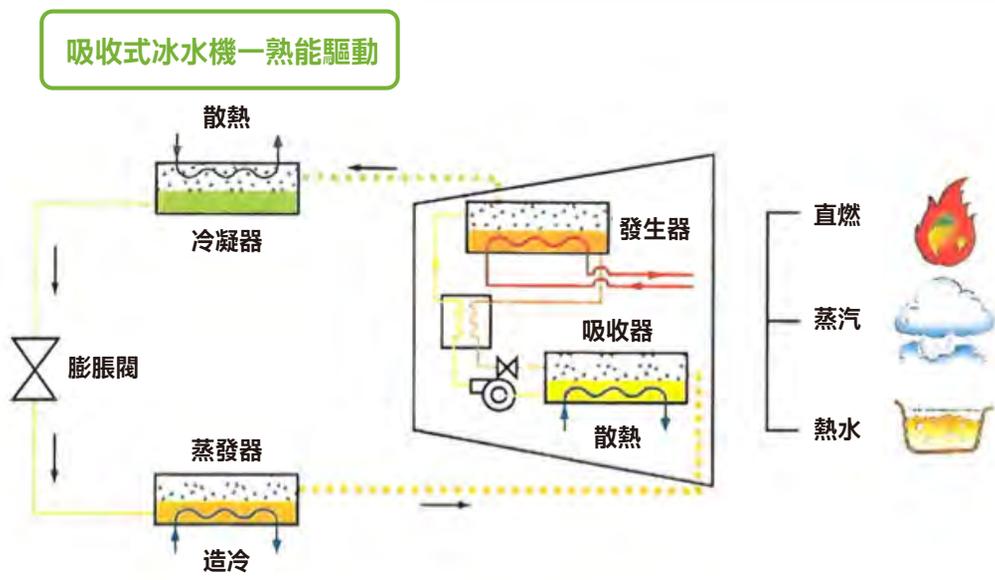
4.8 吸收式冷凍機

4.8.1 應用場域

吸收式冷凍機向來被應用於廢熱回收 / 冷凍空調冷卻系統。應用產業相當廣泛，包括燃氣發電廠、鋼鐵冶煉業、製鋁業、造紙業、玻璃製造業、紡織業、食品業、石化業、垃圾焚化廠...等，舉凡需使用鍋爐或製程產生廢(餘)熱之行業，或是區域集中提供蒸汽之工業區有剩餘或低壓無法再利用之蒸氣或熱水時，皆可應用吸收式冷凍機產出冷凍水，提供製程或空調系統使用，更可應用於熱泵系統。

1.技術應用原理

吸收式冷凍機與壓縮式冷凍機最主要的差異是吸收式冷凍機僅藉由發生器－吸收器的組合來取代高馬力的壓縮機。吸收式冷凍機是利用「熱能來驅動」，而熱能來源可能是瓦斯直燃、鍋爐蒸汽或熱水，吸收式冷凍機－熱能驅動示意圖如 4.8.1-1 所示。



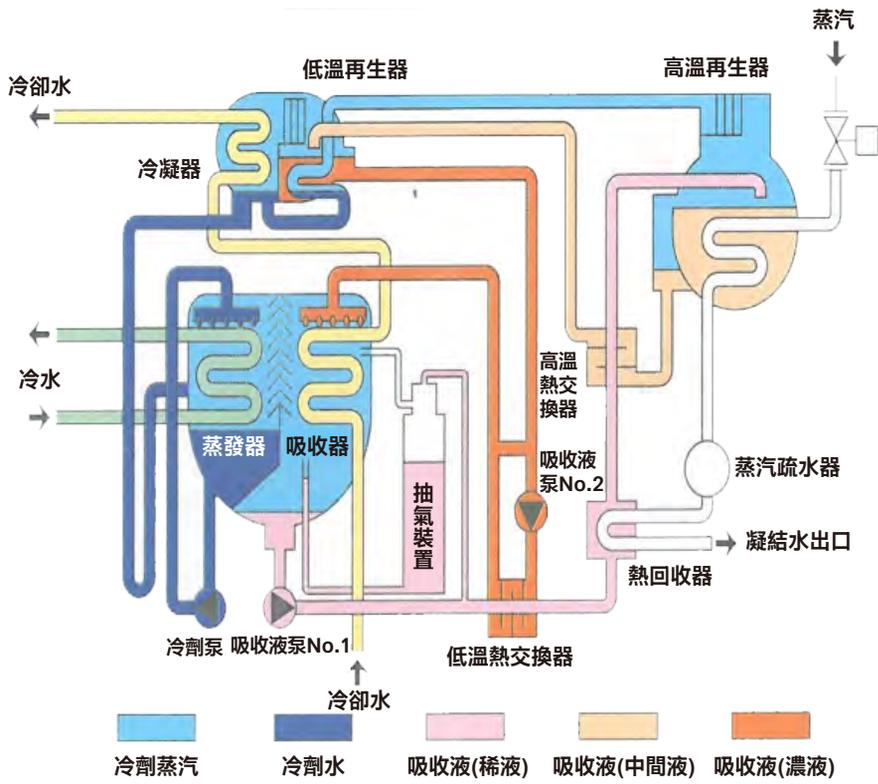
資料來源：設備廠商提供

圖4.8.1-1 吸收式冰水機—熱能驅動示意圖

2. 溴化鋰吸收式冷凍機工作原理

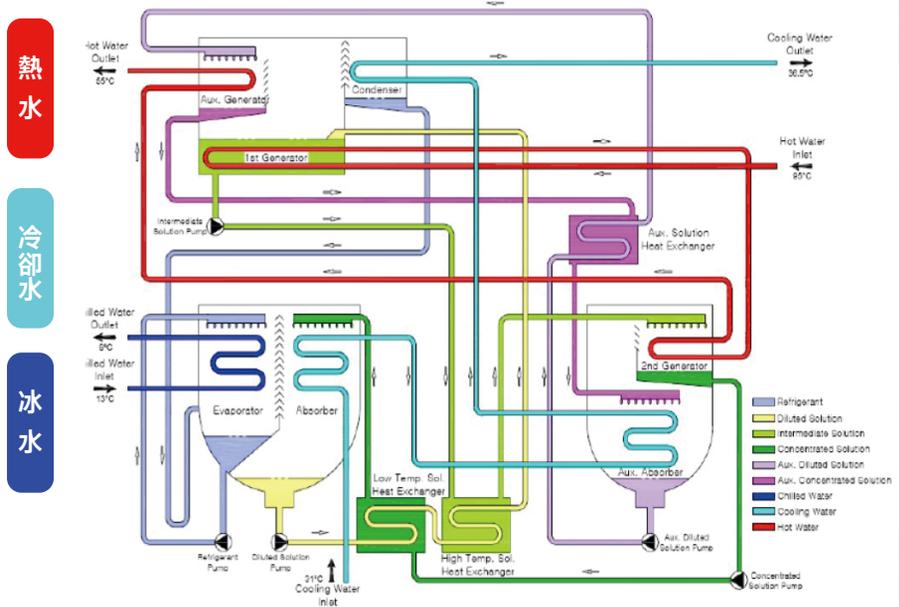
溴化鋰吸收式冷凍機之內容物溴化鋰需以熱能為動力源，如以純水為冷媒，溴化鋰溶液為吸收劑，可利用不同溫度下溴化鋰水溶液對冷媒的吸收與釋放來實現製冷的目的，這種循環要利用外界熱源來製造冷凍水，稱為溴化鋰吸收式冷凍機。溴化鋰吸收式冷凍機主要由發生器、冷凝器、蒸發器、吸收器、熱交換器、循環泵等設備元件組成，運行過程如圖 4.8.1-2 及圖 4.8.1-3，當冷媒通過膨脹閥進入蒸發器內吸收 12°C 冷凍水熱量製冷後，冷媒水不斷汽化被吸收器內的溴化鋰吸收後，溴化鋰溶液濃度逐步降低，再由吸收液泵回送至發生器，發生器的熱量將溴化鋰稀溶液內的冷媒蒸發出來，溴化鋰溶液濃度逐步升高，溴化鋰濃溶液經冷卻後回到吸收器。被蒸發出的冷媒水蒸汽進入冷凝器後，被冷凝器內的冷卻水降溫成為高壓低溫的液態水，再通過膨脹閥進入蒸發器，如此循環不息連續製造冷能，達到降溫製冷的目的。由於溴化鋰稀溶液在吸收器內已被冷卻，溫度較低，為了節省加熱稀溶液所需熱量，以提高整個裝置的熱效率，在系統中增加一個熱交換器，讓發生器流出的高溫濃溶液與吸收器流出的低溫稀溶液進行熱交換，提高稀溶液進入發生器的溫度。吸收式溴冷凍機外觀如圖 4.8.1-4 所示。

溴化鋰吸收式冷凍機使用之熱源主要有蒸汽、熱水、燃氣和燃油等，可分為直燃型、蒸汽型和熱水型。蒸汽型機組主要應用在蒸汽使用場合，如城市集中供熱熱網、熱電冷聯供系統、紡織、化工、冶金等行業；熱水型機組可利用 65°C 以上的熱水，如地熱、太陽能熱能、工業製程產生的餘熱熱水製取冷水。直燃型機組可利用燃氣為賓館、醫院、辦公大樓、機場等大型建築物提供空氣調節。由於是以熱製冷，溴化鋰冷凍機還可以利用工業廢餘熱，為工業提供製程所需冷水或空調。



資料來源：設備廠商提供

圖4.8.1-2 單效蒸汽型溴化鋰吸收式冷凍機工作循環示意圖



資料來源：設備廠商提供

圖4.8.1-3 雙效熱水型溴化鋰吸收式冷凍機示意圖



資料來源：設備廠商提供

圖4.8.1-4 溴化鋰冷凍機外觀圖

3. 技術特點與優勢

吸收式溴化鋰冷凍機應用於廢熱回收方案中具有下列特點：

- (1) 非常低的電力消耗。
- (2) 可利用廢熱驅動吸收式溴化鋰冷凍機。
- (3) 較低的運轉成本。
- (4) 機體無轉動機件、無震動及機台運轉安靜。
- (5) 無機體磨損及較低的停機期。
- (6) 無冷媒洩漏及冷媒不需補充填滿。
- (7) 低程度保養需求。
- (8) 採用環保友善冷媒 – 水。
- (9) 零臭氧層破壞潛勢。
- (10) 零全球暖化潛勢。



4.應考慮因素與限制

廢熱驅動吸收式溴化鋰冷凍機必須考慮設備安裝之搬運動線、機房空間是否足夠、更換熱交換器管路是否有預留抽換作業空間，須由專案規劃人員進行專業評估。

本設備規劃設計時應考慮因素包括：

- (1) 廢熱（熱水或蒸汽）之條件是否穩定足夠？是否為連續供應？廢熱蒸汽是否有腐蝕性？
- (2) 廢熱型式與設備安裝位置之邏輯關係是否正確？
- (3) 限制條件為：廢熱能源能階不足。

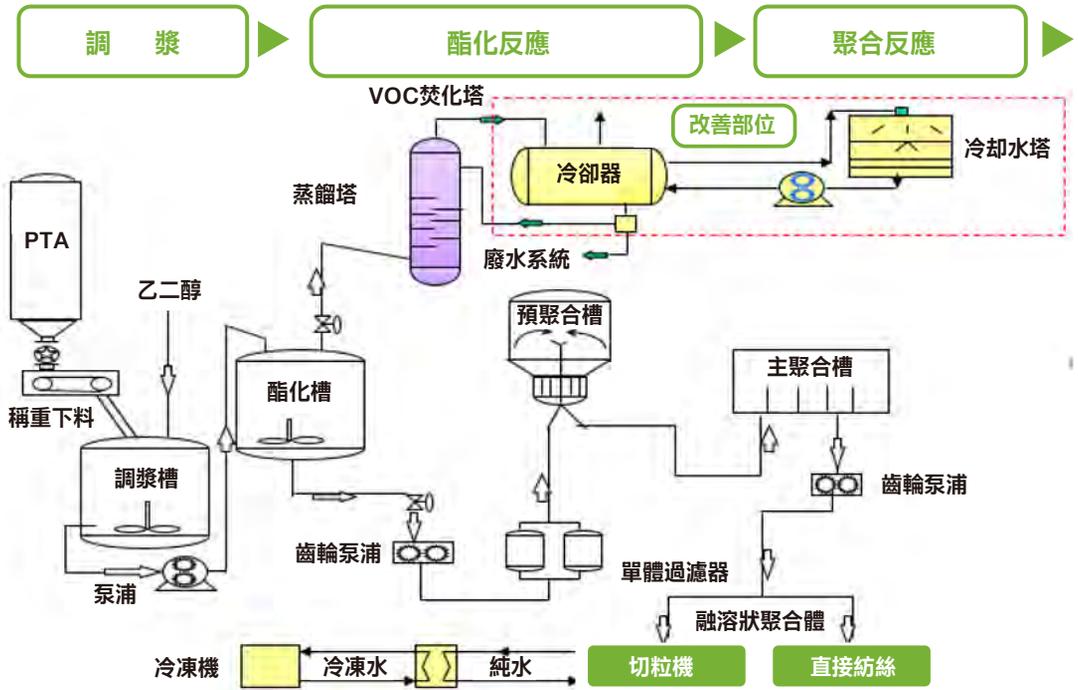
4.8.2 實務案例介紹

1.案例廠應用簡介

聚酯 (Polyester) 是一種在主鏈上含有酯基官能團的聚合物，聚酯可分為「飽和聚酯」和「不飽和聚酯 (Unsaturated Polyester, UP)」兩類，通常由一種或多種多元酸（酸酐），以及一種或多種多元醇經縮聚製程產生。

聚酯包括天然化合物（如植物角質），以及通過逐步縮合而成的合成纖維（如聚碳酸酯和聚（對苯二甲酸 / 己二酸）乙二酯）。天然聚酯和部分合成聚酯是可以生物降解的，但絕大部分合成聚酯都不會被生物降解。雖然聚酯有很多類型，但「聚酯」一詞通常指的是聚對苯二甲酸乙二酯 (PET)。

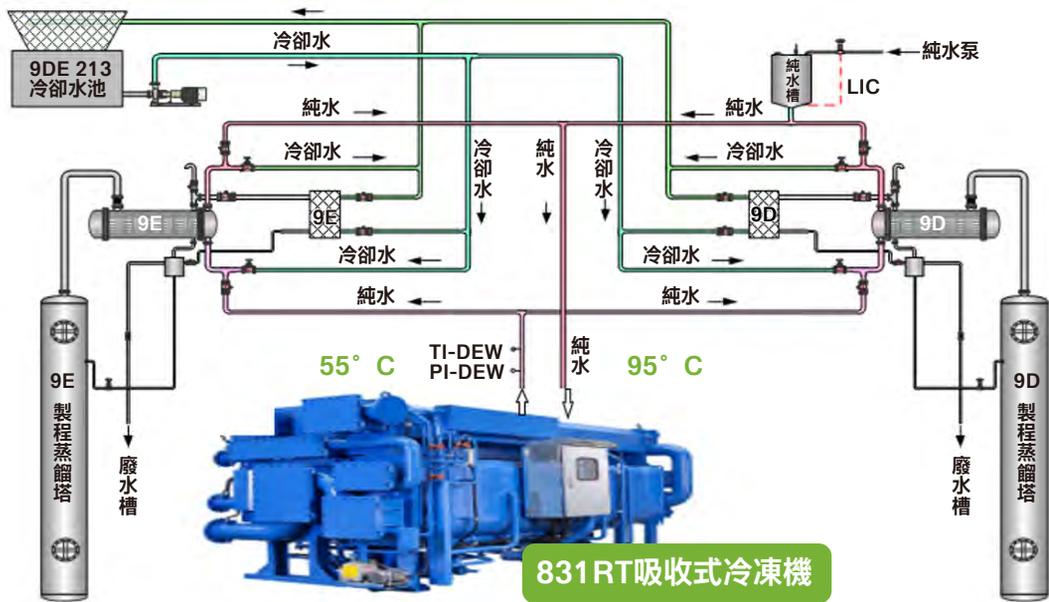
直接酯化縮聚法以高純度對苯二甲酸 (PTA) 與乙二醇直接酯化生成對苯二甲酸雙羥乙酯，然後進行高分子縮合聚合反應 (condensation polymer reaction)。該技術的關鍵是解決 PTA 與乙二醇的均勻混合，提高反應速度和制止醚化反應，如此能更易製造分子量熱穩定性佳的聚合物，聚酯 PET 人造纖維聚合製程如圖 4.8.2-1 所示。



資料來源：設備廠商提供

圖4.8.2-1 聚酯PET聚合製程

聚合製程酯化後含乙二醇的廢水，需經酯化蒸餾塔將水份蒸餾，留下乙二醇回收再利用，蒸餾出的水蒸汽利用熱交換器的大量冷卻水冷卻成廢水後排出，此水蒸汽的熱焓值未利用，爰以吸收式冷凍機回收製程蒸餾塔之餘熱，流程圖如 4.8.2-2。



資料來源：設備廠商提供

圖4.8.2-2 吸收式冷凍機回收製程蒸餾塔之餘熱流程圖

蒸餾塔出口蒸汽對銅管有腐蝕性，若於案場屋頂蒸餾塔旁就近設置高效率之蒸汽型吸收式冷凍機，必須採用耐蝕不鏽鋼熱交換管，將使體積龐大笨重，受限於現場空間及樓板強度而無法設置蒸汽型吸收式冷凍機轉，故選擇熱水雙效型溴化鋰吸收式冷凍機，規格為 831 RT，產生熱水溫度範圍 55 ~ 95°C。

2.改善方案執行過程

(1) 改善前情境說明

蒸餾塔產出的廢熱需使用 1,500 RT 冷卻水塔冷卻，利用冷卻水泵強制循環將廢熱移除。

(2) 改善後情境說明

經計算蒸餾塔產出廢熱熱量約 400 萬大卡，可將 55°C 100 公噸的熱水提高到 95°C，此熱水供溴化鋰吸收式冷凍機製造出約 830 RT 的冷凍量，可取代 1 台 1,000 RT 離心式老舊冷凍機，平均可節省約 500 ~ 600 kWh 電力。

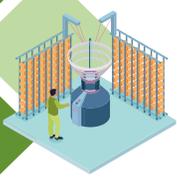
3. 成效與節能減碳效益分析

(1) 設置吸收式冷凍機回收熱能之節能量

改善後之節能量如表 4.8.2-1 所示，改善後照片如圖 4.8.2-3。

表4.8.2-1 吸收式冷凍機回收餘熱之節能量

吸收式冷凍機回收餘熱	節能量(kWh/h)
1.節省離心式冷凍機壓縮機用電量 $0.7 \text{ kWh/RT} \times 831 \text{ RT}$	581.7
2.節省冷卻水泵和冷卻水塔用電 $1.732 \times 380\text{V} \times 50\text{A} \div 1,000 \times 0.8$	26.3
3.增加輔助設備用電量	
(1)熱水循環泵 $98 \text{ m}^3/\text{h} \times 40 \text{ m} \times 1 \text{ ST}$	-13.4
(2)吸收式較離心式冷凍機冷卻水循環量增加泵浦 用電 $7.4 \text{ m}^3/\text{min} \times 30 \text{ m} \times 1 \text{ ST}$ (吸收式 $20 \text{ m}^3/\text{min}$ 離心式 $12.6 \text{ m}^3/\text{min}$)	-45.4
(3)冷凍機本體輔助泵浦	-17.1
(4)小計	-75.9
4.合計節省電力	532.1



● 節能量

$$[(0.7 \text{ kW/RT} \times 831 \text{ RT}) + (\sqrt{3} \times 380\text{V} \times 50\text{A} \times 0.8 \div 1000 \text{ W/kW})] - [(13.4 + 45.4 + 17.1)] \times 8,760 \text{ h/年} = \underline{4,661,196 \text{ kWh/年}}$$

(以年運轉時數 8,760 h/年計算)

● 節能績效

$$4,661,196 \text{ kWh/年} \times 2 \text{ 元/kWh} \div 10,000 \text{ 元/萬元} = \underline{932 \text{ 萬元/年}}$$

(以電力單價 2 元/kWh 計算)

● 減碳量

$$4,661,196 \text{ kWh/年} \times 0.494 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} \div 1,000 \text{ kg/公噸} \div 1,000 \text{ kg/公噸} = \underline{2,303 \text{ 公噸 CO}_2\text{e/年}}$$

(以 112 年度電力排碳係數為 0.494 kgCO₂e/ kWh 計算之)

● 回收年限

$$2,800 \text{ 萬元} \div 932 \text{ 萬元} \div 1 \text{ 年} = \underline{3 \text{ 年}}$$



製程蒸餾塔



製程蒸餾塔監控系統



吸收式冷凍機



吸收式冷凍機操作介面

資料來源：設備廠商提供

圖4.8.2-3 吸收式冷凍機回收製程蒸餾塔之餘熱改造

(2) 投資效益

案例廠吸收式冷凍機回收餘熱之執行，其投資效益如下：

投資金額	約2,800萬元
節能量	約4,661,196 kWh/年 (以年運轉時數8,760 h/年計算)
節能績效	約932萬元/年 (以電力單價2元/kWh計算)
減碳量	2,303公噸CO ₂ e/年 (以經濟部公告112年電力排碳係數0.494 kg-CO ₂ e/kWh計算)
回收年限	約3年



4.9 高效率軸流風扇

4.9.1 應用場域

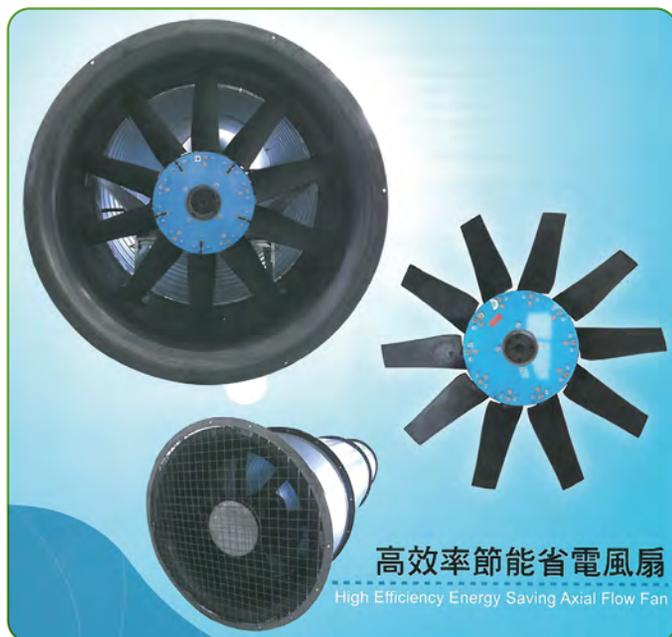
本設備多應用於紡織產業，如紡織廠中央空調系統、紡織廠加濕系統、化纖廠中央空調系統、連續式及間歇式中央集塵系統、無菌無塵室中央空調系統、大樓中央空調系統等。

1.技術應用原理

傳統風扇節能可利用變頻器或永磁調速器，於設備低負載時降低轉速，利用降低風車設備負載來達到節能目的，惟轉速降低時風量與風壓也會依比例降低，且若製程處於高負載需求狀況時，將無法採用此技術，節能效益受限。採用碳纖維強化塑膠葉片來提供風扇運轉效率，能耗可降低至少 15% 以上，葉片結構如圖 4.9.1-1 所示。

碳纖維強化塑膠葉片之節能原理說明如下：

- (1) 風機的選用是首要條件，須適材適所。以目前技術而言，碳纖維強化塑膠葉片僅適用於軸流風機，對於高靜壓的離心式風機尚無法應用。
- (2) 葉片的設計亦是考量重點，例如葉片造型、切風角度、重量、表面光滑度、材質硬度.....等因素。
- (3) 風機葉片的數量與風機靜壓有相對關係。
- (4) 對氣候的耐蝕性決定於產品之使用年限，目前市面售之鋁合金葉片，尤其使用於送風系統經過半年後，將因水洗室空調 (air washer, AW) 高濕環境造成葉片切風面受損、表面腐蝕影響風機動平衡等原因，效率逐年下降。
- (5) 節能軸流風機葉片皆經過精密之動平衡測試，因此風機的震動值較低，對於風機節能及馬達軸承壽命有極大助益。



資料來源：設備廠商提供

圖4.9.1-1 碳纖維強化塑膠葉片風扇結構

2. 技術特點與優勢

高效率軸流風扇具有下列特點：

- (1) 碳纖維強化塑膠 (carbon fiber reinforced polymer, CFRP) 葉片耐蝕性及使用年限較鋁合金葉片長 (鋁合金葉片一般使用 7~10 年；CFRP 葉片可超過 10 年)。
- (2) 軸流風機葉片皆經過精密之動平衡測試，風機的震動值都相對較低，對於風機節能及馬達軸承壽命有極大助益。
- (3) 安裝簡易，且不需更動現有風扇以外之其它設備。
- (4) 葉片角度可依客戶需求調整風量大小。



3.應考慮因素與限制

本設備規劃設計時應考慮因素包括：

- (1) 葉片造型、切風角度、重量、表面光滑度、材質硬度。
- (2) 現有設備尺寸與設計條件。
- (3) 現有設備風量、風壓、轉速。
- (4) 操作環境溫度。
- (5) 業主對改善的訴求（提升性能或節能改善）。

風扇設備改善過程中僅拆換舊風扇輪轂與葉片，馬達、傳動系統、電路皆無需變動。在高效率軸流風扇風量不低於原設備風量情況下，能耗可降低至少 15% 以上，並可視業主需求，在高效率軸流風扇與舊風扇相同能耗基準上，提升 10% 風量。

4.9.2 實務案例介紹

1.案例廠應用簡介

案例廠主要從事整經、漿經、併經、撚絲、加工絲、織物設計、織布、染色、印花及功能性加工等，是專業、一貫作業的長、短纖梭織布製造廠，主要製程分為撚絲、織布、浸染、包裝等。

簾布製程 9 台 ICBT 撚絲機台機頭設有排風機，其排風機為軸流風扇，每日以 24 小時運作，原材質為鋁合金，因鋁合金重量及葉片設計，經長時間運轉後，葉片有腐蝕及軸承震動現象發生，考量葉片壽命、風壓需求及節電，更換為碳纖維強化塑膠葉片風扇，以降低操作成本。

2. 改善方案執行過程

(1) 改善前情境說明

簾布製程 9 台 ICBT 撚絲機台機頭排風機葉片材質為鋁合金，設備規格如表 4.9.2-1，改善前照片如圖 4.9.2-1 所示。

表4.9.2-1 高效率軸流節能風機改善前規格

高效率軸流節能風機 尺寸(單位mm)	最高風量		馬達
	m ³	CFM	hp
Ø800	27,000	16,500	5-7.5

資料來源：案例廠商提供



撚絲機台機頭之排風機



排風機之風扇葉片(鋁合金)



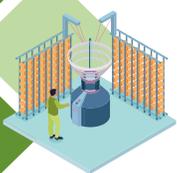
改善前排風機電流



改善前排風機風量

資料來源：案例廠商提供

圖4.9.2-1 改善前排風機相關資料



(2) 改善後情境說明

改善後簾布製程 9 台 ICBT 撚絲機台排風機葉片材質為碳纖維，設備規格如表 4.9.2-2，改善後照片如圖 4.9.2-2 所示。

表4.9.2-2 高效率軸流節能風機改善後規格

高效率軸流節能風機 尺寸(單位mm)	最高風量		馬達
	m ³	CFM	hp
Ø800	27,000	16,500	5-7.5

資料來源：案例廠商提供



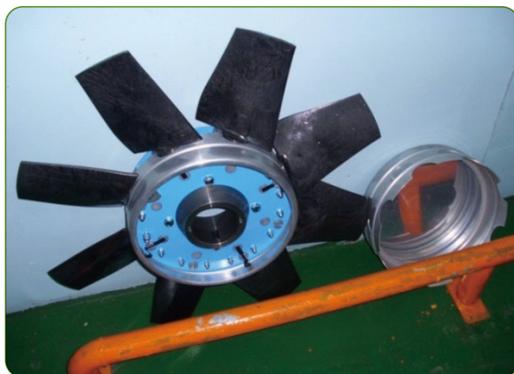
排風機改善施工



排風機之風扇葉片(碳纖維)



鋁合金風扇葉片



碳纖維風扇葉片



改善後排風機電流



改善後排風機風量

資料來源：案例廠商提供

圖4.9.2-2 改善後排風機相關資料

3. 成效與節能減碳效益分析

(1) 設置高效率軸流風扇之節能量

改善前 9 台排風機總電流 57.6A，電壓 380V，功率因數 0.85。

改善後 9 台排風機總電流 43.0A，電壓 380V，功率因數 0.85。

• 節能量

$$(57.6\text{A} - 43\text{A}) \times 0.38 \text{ kV} \times \sqrt{3} \times 0.85 \times 8,592 \text{ h/年} = \underline{70,180 \text{ kWh/年}}$$

(以年運轉時數 8,592 h/年計算)

• 節能績效

$$70,180 \text{ kWh/年} \times 2.36 \text{ 元/kWh} \div 10,000 \text{ 元/萬元} = \underline{16.6 \text{ 萬元/年}}$$

(以電力單價 2.36 元/kWh 計算)

• 節能率

$$(57.6\text{A} - 43\text{A}) \div 57.6\text{A} \times 100\% \doteq \underline{25\%}$$



- **減碳量**

$$70,180 \text{ kWh/年} \times 0.494 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} \div 1,000 \text{ kg/公噸} \\ \doteq \underline{\underline{35 \text{ 公噸 CO}_2\text{e/年}}}$$

(以 112 年度電力排碳係數為 0.494 kgCO₂e/ kWh 計算之)

- **回收年限**

$$34 \text{ 萬元} \div 16.6 \text{ 萬元} \doteq \underline{\underline{2.1 \text{ 年}}}$$

(2) 投資效益

案例廠設置高效率軸流風扇之執行，其投資效益如下：

投資金額	約34萬元
節能量	約70,180 kWh/年 (以年運轉時數8,592 h/年計算)
節能率	約25%
節能績效	約16.6萬元/年 (以電力單價2.36元/kWh計算)
減碳量	35公噸CO ₂ e/年 (以經濟部公告112年電力排碳係數0.494 kg-CO ₂ e/kWh計算)
回收年限	約2.1年

4.10 電磁式加熱技術

4.10.1 應用場域

將傳統耗電量大之電阻式加熱設備改造為電磁感應式加熱，可降低能源耗用，並同時達到節能減碳之效果。本技術應用產業相當廣泛，包括製鋁、紡織、食品、石化等行業，舉凡具有加熱製程之行業均可應用。其擠出機、鋁熔爐、煅燒爐、加熱輪、農用烘乾...等設備。

1. 技術應用原理

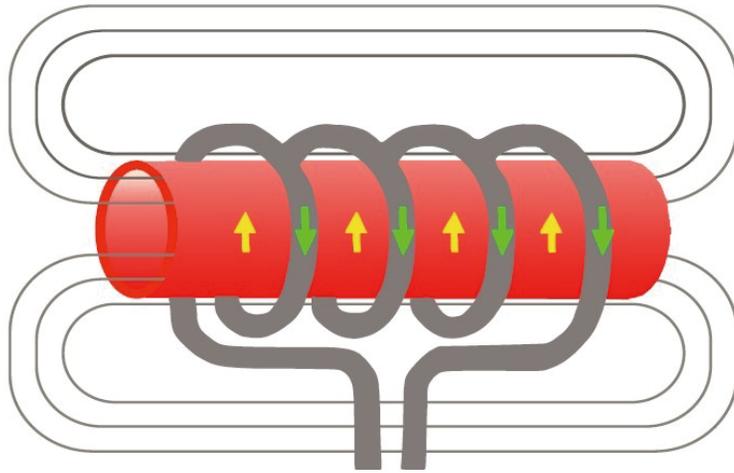
感應加熱基本上是根據法拉第電磁感應效應來產生熱能，其工作原理與變壓器類似，線圈產生交變磁場，經鐵心將電能轉換為磁能，轉換過程中會產生能量損失，此損失會使鐵心溫度升高，進而達到加熱效果。

感應加熱系統基本架構如圖 4.10.1-1 所示，其中包含交流電源、AC/DC 整流器、DC/AC 逆變器、感應線圈與被加熱物件所組成的串並聯諧振電路。系統導入頻率 60Hz 之交流電，再利用 AC/DC 整流器及 DC/AC 逆變器轉成不同頻率的交流電源，供給負載端之加熱線圈，使加熱線圈產生交變磁場，再將具有磁性或非磁性的金屬導電加熱物件，置於線圈所建立的交變磁場內。由於磁力線切割會在加熱物件上產生感應電流，而加熱物件因材料本身的阻抗特性，會使感應渦流產生電功率，並將加熱物件內部溫度升高，來達到熱處理的目的，如圖 4.10.1-2 所示。



資料來源：產業節能減碳資訊網，106 年低碳製程技術研討會^[10]

圖4.10.1-1 感應加熱系統基本架構



資料來源：產業節能減碳資訊網，106 年低碳製程技術研討會^[10]

圖4.10.1-2 電磁感應加熱原理圖

電磁感應加熱是電熱變換的一種形式，它是利用被加熱物體在高頻磁場內磁力線的作用下，使被加熱物體中產生感應電動勢，從而產生渦流。由於被加熱物體具有電阻，將使被加熱物體發熱，這種運用感應渦流的熱效應進行加熱的方式稱為感應加熱。同樣的發熱效果，當頻率越高時所需的磁通及感應線圈電流可以減小，感應設備的體積也可以隨之減小，因此電磁感應加熱廣泛並用在中高頻電源，加熱系統如圖 4.10.1-3。



資料來源：產業節能減碳資訊網，106 年低碳製程技術研討會^[10]

2. 技術特點與優勢

電磁式加熱技術具有下列特點：

- (1) 可大幅為降低工作環境溫度，意即可減輕操作者的勞動強度，同時在高溫季節還可節約用於環境降溫的設備耗電。
- (2) 同樣的發熱效果，頻率越高所需的磁通及感應線圈電流可以減小，感應設備的體積亦可隨之減小。基此，電磁感應加熱被廣泛應用於中高頻電源。
- (3) 電磁感應加熱的速度快、效率高，比一般電阻加熱速度至少快三分之一以上。因此採用電磁感應加熱，在節能的前提下還能提高日產能。
- (4) 可降低能源耗用，達到節能減碳之效果。

3. 應考慮因素與限制

本設備安裝所需場地依設備大小及功率不同而有所差異，須由專案規劃人員進行專業評估。本設備規劃設計時應考慮因素包括：

- (1) 施作空間。
- (2) 原設備尺寸及原加熱器功率。
- (3) 加熱標的物之材質。
- (4) 被加熱物之流速（熱量被帶走之速度）。



4.10.2 實務案例介紹

1. 案例廠應用簡介

案例廠生產之長纖產品包括聚酯原絲及聚酯加工絲兩類，涵蓋冷熱、調溫、耐燃等功能性纖維及雙組份特殊纖維。於 2016~2017 年將工業用絲製程之押出機由電阻加熱方式改為電磁加熱方式，工業用絲製程如圖 4.10.2-1，各單元生產流程說明如下：

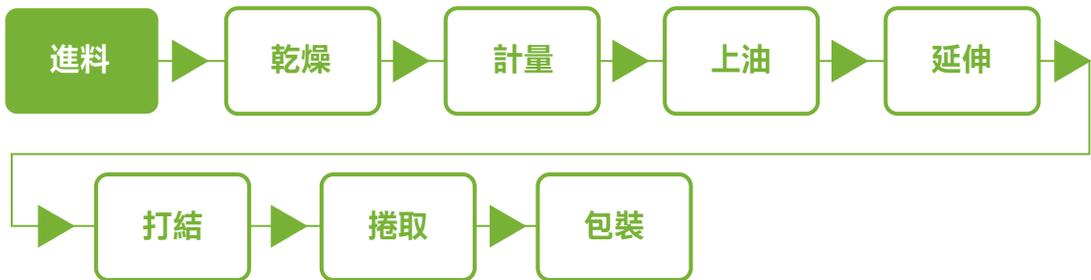
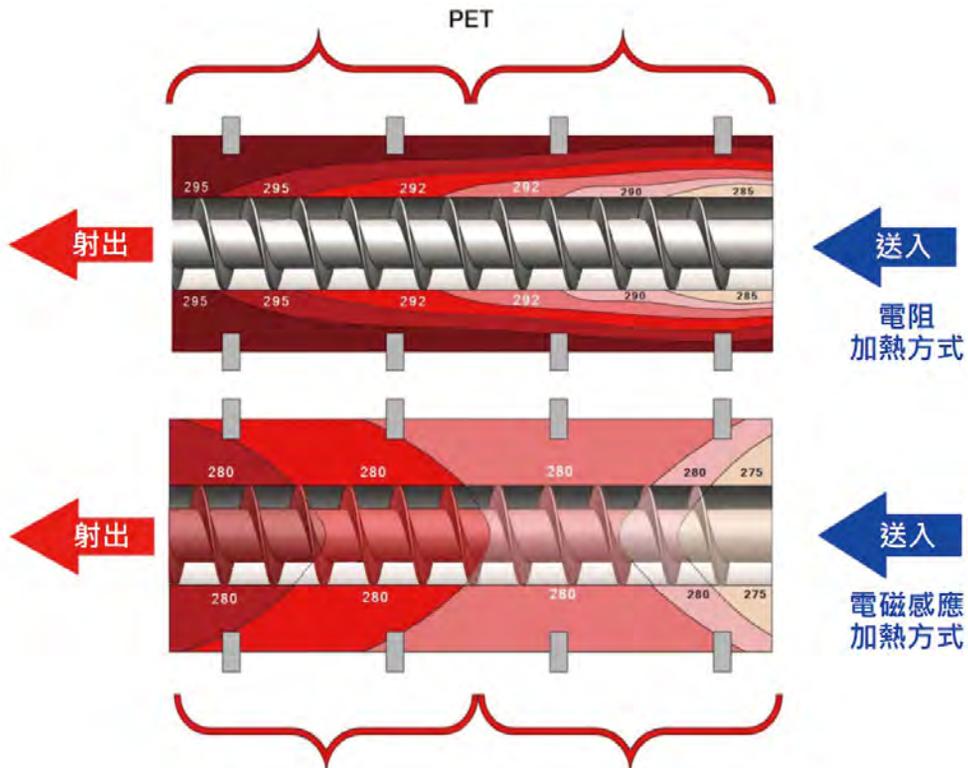


圖4.10.2-1 案例廠工業用絲生產流程

- (1) 進料：由 G-380 吸料進儲槽再輸送到 F-200，再送進 D-200 乾燥。
- (2) 乾燥：乾燥 8 小時後酯粒水分在 30 ppm 以下時，開始進行紡絲，此時打開下料閥使酯粒進入押出機，進行熔融。
- (3) 計量：經由計量泵計量後（計量控制丹尼），進入紡嘴（紡嘴孔數控制根數），再進到冷卻管冷卻成型。
- (4) 上油：成型之絲束，再經過油嘴上紡絲油予以適當潤滑，以利後續延伸加工。
- (5) 延伸：在延伸羅拉上給予適當圈數與溫度，進行延伸及加工，使絲束具有特殊物性。
- (6) 打結：絲束最後進行打結，使絲束有適當抱合性。
- (7) 捲取：最後進行捲取，使絲束成型為絲餅，以利搬運。
- (8) 包裝：絲餅在檢查外觀及物性後，合格品包裝後即可進入倉儲與販售。

押出機加熱區在壓縮段之套筒，傳統加熱方式主要是採電阻式加熱，本次押出機加熱改採電磁式加熱。

電阻式及電磁感應式加熱聚酯粒之熔融過程比較如圖 4.10.2-2。電阻式加熱係由外層加熱至內層，升溫慢且分布不均勻，對於溫度之控制較難；電磁感應式加熱是由內層加熱至外層，加熱速度快、效率高，且在溫度分布上較均勻，溫度要求較容易。電磁感應加熱比一般電阻式加熱速度至少快三分之一以上。



資料來源：產業節能減碳資訊網，106 年低碳製程技術研討會^[10]

圖4.10.2-2 電阻式及電磁感應式加熱聚酯粒之熔融過程比較



2.改善方案執行過程

(1) 改善前情境說明

案例廠工業絲製程押出機 #1~#21 進行電磁式加熱方式改善，押出機電阻式加熱設備改善前照片如圖 4.10.2-3，改善前進行押出機 #12~17 功率值量測，各押出機之功率值如表 4.10.2-1。



資料來源：案例廠商提供

圖4.10.2-3 押出機電阻式加熱器改善前照片

表4.10.2-1 L12~L17押出機電阻式加熱器改善前功率

押出機編號	L12	L13	L14	L16	L18	L19	L17	合計
功率(kW)	22.3	20	22.8	22.3	22	22.2	14.4	146

資料來源：案例廠商提供

(2) 改善後情境說明

工業絲製程押出機 #12~#17 進行電磁式加熱方式改善，改善後照片如圖 4.10.2-4，改善後進行功率值量測，各押出機之功率值如表 4.10.2-2。



資料來源：案例廠商提供

圖4.10.2-4 押出機電磁式加熱改善後照片

表4.10.2-2 L12~L17押出機電磁式加熱器改善後功率

押出機編號	L12	L13	L14	L16	L18	L19	L17	合計
功率(kW)	12.7	11	13.5	12.5	12	13	10	84.7

資料來源：案例廠商提供



3.成效與節能減碳效益分析

(1) 應用電磁式加熱方式之節能量

案例廠 L12~L17 押出機電磁感應式加熱改善之節電量，以每年操作時數 8,640 小時計算，各押出機節電量如表 4.10.2-3 所示，合計節電量為 529,632 kWh。

表4.10.2-3 L12~L17押出機電磁式加熱器改善節電量

押出機編號	L12	L13	L14	L16	L18	L19	L17	合計
節電(kWh)	82,944	77,760	80,352	84,672	86,400	79,488	38,016	529,632

資料來源：案例廠商提供

- 節能量

$$(146 \text{ kW} - 84.7 \text{ kW}) \times 8,640 \text{ h/年} = \underline{529,632 \text{ kWh/年}}$$

(以年運轉時數 8,640 h/年計算)

- 節能績效

$$529,632 \text{ kWh/年} \times 2.4 \text{ 元/kWh} \div 10,000 \text{ 元/萬元} = \underline{127 \text{ 萬元/年}}$$

(以電力單價 2.4 元/kWh 計算)

- 節能率

$$(146 \text{ kW} - 84.7 \text{ kW}) \div 146 \text{ kW} \times 100\% = \underline{42\%}$$

- 減碳量

$$529,632 \text{ kWh/年} \times 0.494 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} \div 1,000 \text{ kg/公噸}$$

$$= \underline{262 \text{ 公噸 CO}_2\text{e/年}}$$

(以 112 年度電力排碳係數為 0.494 kgCO₂e/ kWh 計算之)

- 回收年限

$$392 \text{ 萬元} \div 127 \text{ 萬元} = \underline{3.1 \text{ 年}}$$

(2) 投資效益

案例廠電磁式加熱方式改善之執行，其投資效益如下：

投資金額	約392萬元
節能量	約529,632 kWh/年 (以年運轉時數8,640 h/年計算)
節能率	約42%
節能績效	約127萬元/年 (以電力單價2.4元/kWh計算)
減碳量	262公噸CO ₂ e/年 (以經濟部公告112年電力排碳係數0.494 kg-CO ₂ e/kWh計算)
回收年限	約3.1年



4.11 低浴比染機

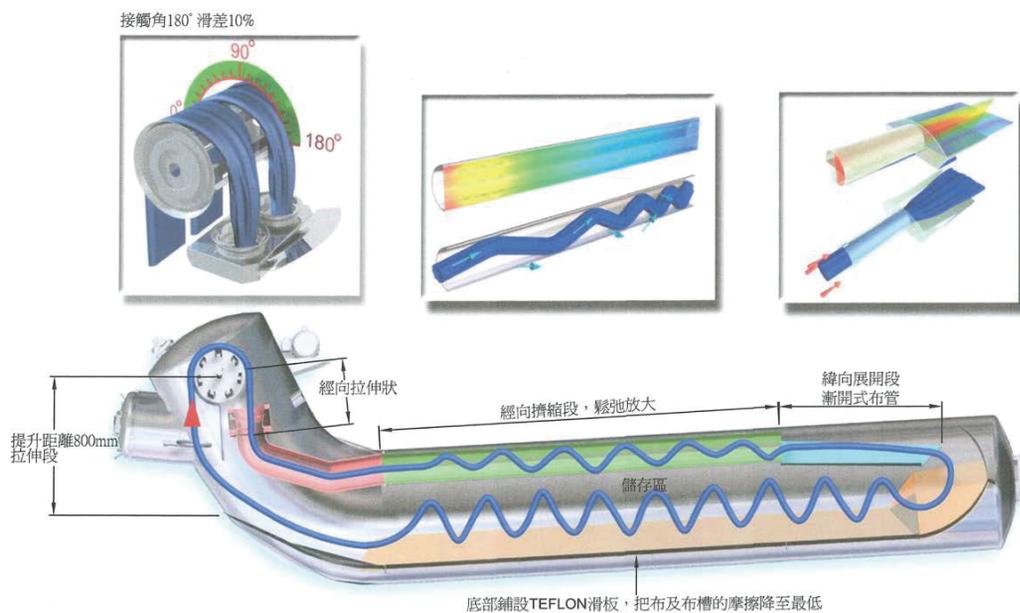
4.11.1 應用場域

紡織染整業面臨原物料及能源價格上漲、市場需求減弱及環保法規加嚴等挑戰，廠商營運日漸艱困。設備廠商紛紛推出各式低浴比、省能源、省成本、高布料品質的染色機種，為客戶創造價值與競爭力。傳統染色機浴比高達 1：10 ~ 15，經濟部產發署結合紡織產業綜合研究所與設備廠商，共同研發低浴比染色機，將浴比降至 1：4 ~ 8，並可提升對色率及再現性，全力為客戶節省能源、降低成本及提高品質。低浴比設計可降低染程用水量，水量減少亦可節省循環水泵用電、染料及助劑用量，更能減少製程廢水的處理負荷，所節省的費用可讓客戶之投資在幾年內即可回收。

1.技術應用原理

- (1) 噴壓在 $0.5 \sim 1 \text{ kg/cm}^2$ 之間可正常運行，極適合於彈性布及低張力布種的特殊運轉需求。
- (2) 染色機缸身長較舊式染色機缸身減少 150 公分。
- (3) 舉布距離由 120 公分減少至 80 公分。
- (4) 採上走式染色機，並加入省水、省時、省能源之多項先進設計概念。
- (5) 內部無效空間縮減，創新擺布系統設計。
- (6) 布面接觸面加鋪 Teflon 滑板，減小布面的磨擦力。
- (7) 全自動噴射式高壓水流，適用於：超細纖維、強撚布、梭織布、捲邊布、經編布……等。
- (8) 依 ASME 及 JIS 規範製做，高強度耐高壓筒身及熱交換器。
- (9) 主泵浦馬力由 40 hp 降至 20 hp。

低浴比染色機缸體示意及染色機台如圖 4.11.1-1 及圖 4.11.1-2 所示。



資料來源：設備廠商提供

圖4.11.1-1 低浴比染色機缸體示意圖



資料來源：設備廠商提供

圖4.11.1-2 低浴比染色機台



2.技術特點與優勢

低浴比染機具有下列特點：

- (1) 低浴比高溫染色機可節省蒸汽用量，並減少廢水產生。
- (2) 以水流量代替噴嘴，以及更低的舉布距離減少布的做功，較同布容量染色機可節省動力的使用。
- (3) 除可節省能源使用外，並可節省化學藥品用量，相對降低廢水量與污染物濃度，更可減少對環境的破壞，可謂一舉數得。

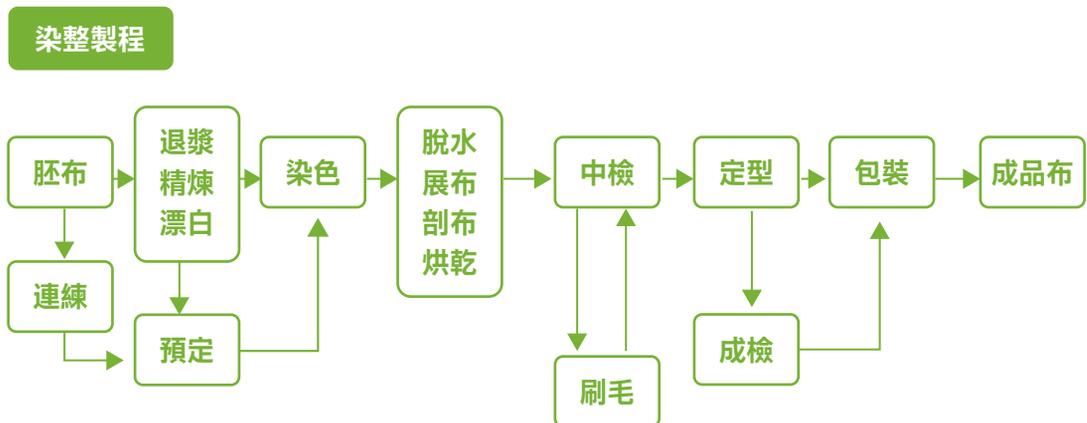
3.應考慮因素與限制

雖無特別限制，但仍建議由專案規劃人員進行專業評估。

4.11.2 實務案例介紹

1.案例廠應用簡介

案例廠主要製程有經編、染整、塗佈、定型、刷毛等單元，染整代工或銷售之紡織品主要供作休閒服飾、運動服飾、一般衣著及工業用布等用途，染整廠產能 6,000,000 碼 / 月，針織廠產能 800,000 碼 / 月，染整及織布製程如圖 4.11.2-1 所示。



織布製程



圖4.11.2-1 案例廠生產流程圖

染色製程分為精練、染色、還原洗、中和洗、柔化及水洗出布等操作單元，如圖 4.11.2-2 所示。染色製程需依靠蒸汽加熱及排水降溫，將胚布及染液控制在不同染程之需求溫度，其主要耗用能源為蒸汽。



圖4.11.2-2 染色製造流程圖

染色機配置循環水泵，使染液及胚布均勻接觸，水泵在整個染程全程運轉，如能減低水泵作工，在長時間的累積下能獲得較高的節能績效。目前染整業係利用變頻器，依照布量及染程所需時間進行轉速調整，可有效減少動力浪費及噴壓的控制。

蒸汽主要用於加熱布匹及染液，所以染色機之浴比（布匹與染液的比值）攸關蒸汽使用量。目前設備廠商致力於降低浴比，以節省整個染程之用水、用電、蒸汽及染色助劑，並可降低廢水之處理量。



2.改善方案執行過程

(1) 改善前情境說明

染色機基本資料：300 kg 上走式高溫染色機（如圖 4.11.2-3）。

主泵浦：40 hp。

投布量：200 kg。

缸身長度：900 cm。

浴比：1：13.6。

染色機改善前量測結果：

- 入布量：194 kg/ 缸。
- 操作時間：9:00 ~ 16:30(7.5 小時)。
- 耗電量：44.488 kWh(40 hp 循環泵 + 變頻 36 Hz)。
- 耗水量：25,152 L，水浴比 2,700 L/194=13.9。
- 蒸汽使用量：1,852 kg(蒸汽壓力 5 kg/cm²)。



浴比1:13.6



蒸汽及用水量量測



用電量測

資料來源：案例廠商提供

圖4.11.2-3 改善前染色機(浴比1:13.6)及能耗量測

(2) 改善後情境說明

染色機基本資料：250 kg 上走式高溫染色機（如圖 4.11.2-4）。

主泵浦：20 hp。

投布量：200 kg。

缸身長度：750 cm。

浴比：1：4 ~ 8。

染色機改善後量測結果：

- 入布量：195 kg/ 缸。
- 操作時間：p.m. 10:30 ~ a.m. 5:30(7 小時)。
- 耗電量：32 kWh(20 hp 循環泵 + 變頻 39 Hz)。
- 耗水量：12,860 L，水浴比 1,300 L/195=6.7。
- 蒸汽使用量：1,127 kg(蒸汽壓力 5 kg/cm²)。



資料來源：案例廠商提供

圖4.11.2-4 改善後染色機(浴比1:6.7)



3.成效與節能減碳效益分析

(1) 應用低浴比染機改善技術之節能量

本案例之低浴比染機改善共汰換 13 台染色機，改善前總馬力數 615 hp(配置變頻器)；改善後總馬力數 400 hp(配置變頻器)，馬達效率 0.85，變頻變化差異值 0.6；每缸操作 7 小時；每日操作 3 缸，每年操作 280 天。

• 節電量

$$\begin{aligned} \text{節能量} &= (615 - 400) \text{ hp} \times 0.746 \text{ kWh/hp} \times 0.85 \times 0.6 \times 21\text{h/D} \times 280\text{D} / \text{年} \\ &= \underline{480,978 \text{ kWh/年}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{節能績效} &= 480,978 \text{ kWh/年} \times 2.8 \text{ 元/kWh} \div 10,000 \text{ 元/萬元} \\ &= \underline{135 \text{ 萬元/年}} \text{ (以電力單價 2.8 元/kWh 計算)} \end{aligned}$$

$$\text{減碳量} = 480,978 \text{ kWh/年} \times 0.494 \text{ kg-CO}_2/\text{kWh} = \underline{238 \text{ 公噸 CO}_2/\text{年}}$$

• 節煤量

新染色機浴比介於 1：6.5 ~ 6.7，以平均浴比 6.7 計算。

當浴比由 1：13.6 變更為 1：6.7 時，實量測蒸汽用量自 1.852 公噸 / 缸下降為 1.127 公噸 / 缸，每缸可節省 0.725 公噸蒸汽

$$\text{年度總生產量} = 1,955,173 \text{ kg} \div 195 \text{ kg/缸} = 10,027 \text{ 缸}$$

$$0.725\text{T 蒸汽/缸} \times 10,027 \text{ 缸/年} = 7,270 \text{ 公噸 - 蒸汽/年}$$

燃煤鍋爐之煤水比為 7.5

$$\text{節煤量} = 7,270 \text{ 公噸 - 蒸汽} \div 7.5 = \underline{967 \text{ 公噸 - 煤/年}}$$

$$\begin{aligned} \text{節能績效} &= 957 \text{ 公噸 - 煤} \times 2,600 \text{ 元/公噸 - 煤} \div 10,000 \text{ 元/萬元} \\ &= \underline{252 \text{ 萬元/年}} \text{ (以 1 公噸煤 = 2,600 元計算)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{減碳量} &= 969 \text{ 公噸 - 煤} \times 2.2786 \text{ 公噸 CO}_2/\text{公噸 - 煤} \\ &= \underline{2,208 \text{ 公噸 CO}_2/\text{年}} \end{aligned}$$

- 總計節能績效

135 萬元 / 年 + 252 萬元 / 年 = 387 萬元 / 年

- 總計減碳量

238 公噸 CO₂/ 年 + 2,208 公噸 CO₂/ 年 = 2,446 公噸 CO₂/ 年

- 回收年限

2,086 萬元 ÷ 387 萬元 = 5.4 年

(2) 投資效益

案例廠低浴比染機改善技術之執行，其投資效益如下：

投資金額	約2,086萬元
節能量	約480,978 kWh/年 (以年操作280天計算)
節煤量	約969公噸/年
節能績效	約387萬元/年 (以電力單價2.8元/kWh；1公噸煤= 2,600元計算)
減碳量	2,446公噸CO ₂ e/年 (以經濟部公告112年電力排碳係數0.494kg-CO ₂ e/kWh計算； 煤炭係數2.2786 公噸CO ₂ /公噸-煤)
回收年限	約5.4年 (未包含節水、減少助劑用量、減少廢水量、減少維修等費用)



4.12 定型機天然氣燃燒機

4.12.1 應用場域

本設備主要用於紡織業的定型機或烘乾機等，需要利用烘箱升溫加熱，將織物布樣定型或烘乾的製程。

1. 技術應用原理

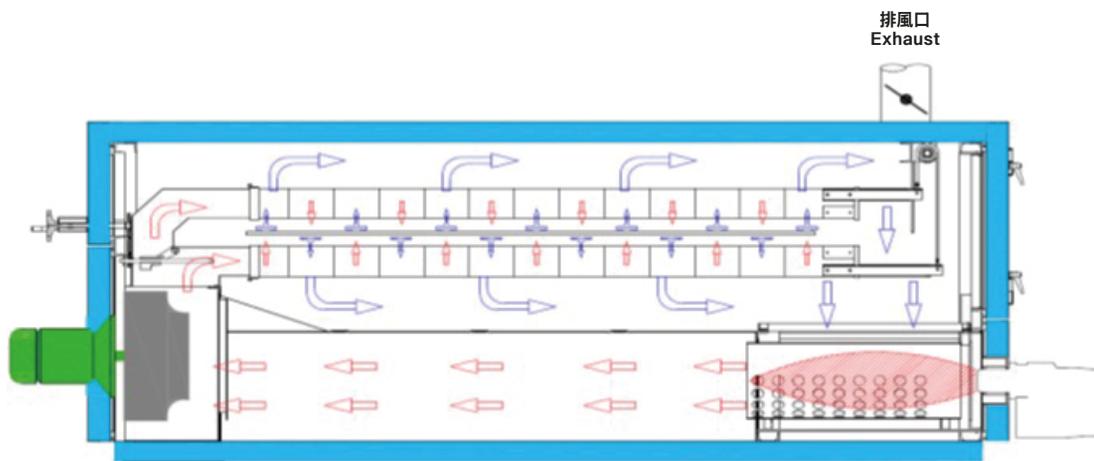
烘箱加熱方式及熱源包括間接加熱、直接加熱及間接與直接結合共用等三種，如表 4.12.1-1 所列，定型機天然氣燃燒機如圖 4.12.1-1 及圖 4.12.1-2 所示。

表4.12.1-1 烘箱加熱方式及熱源

烘箱加熱方式	熱源加熱方式說明
間接加熱	蒸汽熱交換器加熱
	熱媒油熱交換器加熱
	燃燒機(天然氣或LPG)間接加熱
直接加熱	電加熱器直接加熱
	燃燒機(天然氣或LPG)直接加熱
間接與直接結合共用	燃燒機(天然氣或LPG)直接與間接加熱共用設計

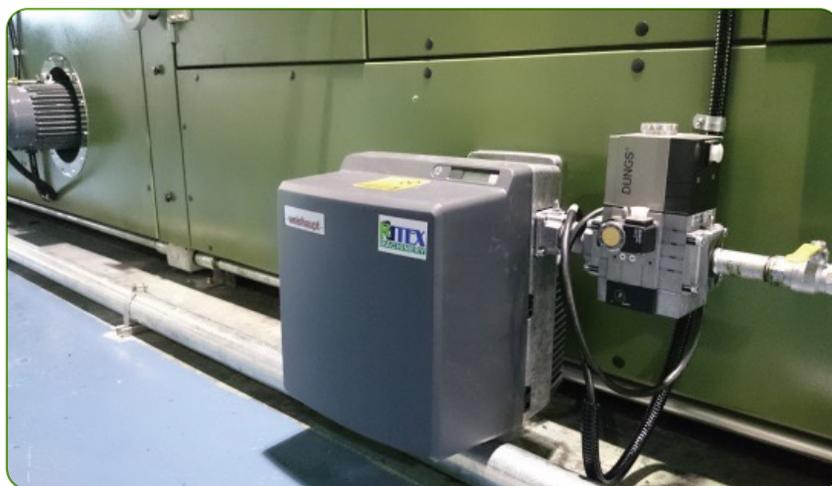
資料來源：產業節能減碳資訊網，106 年低碳製程技術研討會^[10]

利用燃燒低碳燃料，如天然氣或液化石油氣 (Liquefied Petroleum Gas, LPG)，直接加熱於循環空氣，取代原來利用間接加熱（如熱媒油或蒸汽）方式，可免除熱轉換的損失及熱媒介之輸送動力。採用精密溫控設計搭配比例式燃燒控制，可確保需求溫度之均勻性及滿足熱量需求，將熱量直接加熱於烘箱，可減少排氣熱損失。



資料來源：產業節能減碳資訊網，106 年低碳製程技術研討會^[10]

圖4.12.1-1 直燃式天然氣燃燒機直接加熱示意圖



資料來源：產業節能減碳資訊網，106 年低碳製程技術研討會^[10]

圖4.12.1-2 定型機天然氣燃燒機(德國Weishaupt)



2.技術特點與優勢

定型機天然氣燃燒機具有下列特點：

- (1) 直接加熱於熱風循環系統，可快速升溫，縮短升溫 / 降溫準備時間及減少熱能消耗，可降低燃料用量及能源成本，預期比原有間接加熱設備（鍋爐）節能 20 ~ 30% 左右。
- (2) 火焰溫度高，免除間接加熱設備（鍋爐）之排氣熱損失（約 20 ~ 30%）。
- (3) 比例式燃燒控制及熱氣流混合設計，確保溫度之均勻性。
- (4) 人機介面 (PLC+HMI) 控制系統，智能化控制運轉以節約能源，同時利用設備運轉與否來控制直接加熱系統之啟停，可節省能源約 5 ~ 10%。
- (5) 提升經濟效益，免除鍋爐之年檢及維修保養費用，並可節省熱媒油之輸送動力費用。
- (6) 使用潔淨能源，減少空氣污染，降低環境負荷，若原來燃料為重油或煤炭，應用此技術可節省空氣污染防制費。

3.應考慮因素與限制

利用既有設備空間即可修改，本設備規劃設計時應考慮因素包括：

- (1) 烘箱氣體成分（如水性或油性）。
- (2) 溫度使用範圍。
- (3) 被加物件性質。
- (4) 能源取得成本及其便利性。
- (5) 燃料對環境之污染性。
- (6) 環保法規要求。
- (7) 須確保 LPG、天然氣及進氣空氣之純度，以確保燃燒完全，避免布面在定型後黃化或產生黃斑。

4.12.2 實務案例介紹

1. 案例廠應用簡介

案例廠主要產品為梭織印花布，其印花製程如圖 4.12.2-1 所示。



圖4.12.2-1 案例廠梭織印花布製造流程圖

梭織印花布於絲光前，須加以拉幅以利絲光時能得到所需的幅寬，的拉幅機原使用熱媒鍋爐加熱，後續改成天然氣加熱。

考量原系統利用熱媒鍋爐供熱時，有升降溫度緩慢，運轉成本較高，且所需空污防制設備較多等缺點，因而改採天然氣直燃方式供熱，以減少燃料操作成本。

- (1) 原系統由熱媒鍋爐提供熱能，將 15,000 公升熱媒油加熱至 230°C 後，輸送至 150 公尺距離外的拉幅機進入熱交換器；烘箱內冷風以循環風車吸入，經過內有 230°C 熱媒油的熱交換器後成為高溫熱風，再經風管吹出使布面得到烘乾或定型效果。
- (2) 新系統針對拉幅機的每一烘箱（共九座）進行改造，各增設一加熱室並安裝天然氣燃燒機，直接燃燒天然氣將加熱室內冷風加熱至所需溫度，再經循環風車吸入後自風管吹出，使布面得到烘乾或定型效果。



2.改善方案執行過程

(1) 改善前情境說明

本案例經採批次作業，因產品變化極大，沒有標準耗用量，故能耗採用估算值，其計算基準如下：

拉幅機熱交換器耗能：1,260,000 kcal/h。

每日產能：35,000 碼。

每日生產時間：10 小時。

每月生產天數：22 天。

熱媒鍋爐每週停機 1 次，每月由常溫升溫至 230°C 以 4 次計算。

每月產量以 77 萬碼計算。

● 拉幅機採用熱媒鍋爐之重油耗用量計算

基本升溫所需油量（由常溫 50°C 升溫至 230°C）：

熱媒油總量 15,000 公升 / 週 × (230°C - 50°C) × 熱媒油密度 0.875(kg/L) × 熱媒油比容積 2.5(kcal/kg-°C) ÷ 重油熱值 9,600(kcal/L) = 615L / 週。
每月 4 次時合計為 2,460(L/M)。

拉幅機熱交換器耗能計算：

1,260,000(kcal/h) ÷ 0.78(熱媒鍋爐效率 80% - 管路損失 2%) ÷ 重油熱值 9,600(kcal/L) = 168.3(L / 時)。

168.3(L / 時) × 10(h/d) × 22(d/M) = 37,026(L/M)

總計耗油量 39,486 L/M

重油量單耗 = 39,486 L/M ÷ 77 萬碼 = 0.051 L / 碼。

一碼布重油費用 = 0.051 L / 碼 × 21.048 元 / L = 1.073 元 / 碼。

(2) 改善後情境說明

• 拉幅機採用天然氣直燃方式供熱之天然氣用量計算

拉幅機熱交換器耗能計算：

$$1,260,000(\text{kcal/h}) \div 0.98(\text{瓦斯燃燒效率}) \div \text{欣桃瓦斯熱值 } 8,500(\text{kcal/m}^3) = 151.3(\text{m}^3/\text{時})。$$

$$151.3(\text{m}^3/\text{時}) \times 10(\text{h/d}) \times 22(\text{d/M}) = 33,286(\text{m}^3/\text{M})。$$

$$\text{天然氣量單耗} = 33,286 \text{ m}^3/\text{M} \div 77 \text{ 萬碼} = 0.0432 \text{ m}^3/\text{碼}。$$

$$\text{一碼布天然氣費用} = 0.0432 \text{ m}^3/\text{碼} \times 12.3732 \text{ 元/m}^3 = 0.534 \text{ 元/碼}。$$

3. 成效與節能減碳效益分析

(1) 應用定型機天然氣燃燒機之節能量

以 107 年 1 ~ 7 月天然氣使用量平均值 $21,139(\text{m}^3/\text{月})$ 計算：

• 增加天然氣用量

$$21,139(\text{m}^3/\text{月}) \times 12(\text{月/年}) = 253,668 \text{ m}^3/\text{年}$$

$$\begin{aligned} \text{天然氣費用} &= 253,668 (\text{m}^3/\text{年}) \times 12.3732 (\text{元/m}^3) \div 10,000 \text{ 元/萬元} \\ &= \underline{\underline{314 \text{ 萬元}}} \end{aligned}$$

• 減少重油量

上述計算之每月重油使用量為 $39,486 \text{ L/月}$

$$\text{每年重油使用量為 } 39,486 \text{ L/月} \times 12(\text{月/年}) = \underline{\underline{437,832 \text{ L/年}}}$$

$$\begin{aligned} \text{重油費用} &= 437,832 \text{ L/年} \times 21,048 (\text{元/公秉}) \div 10,000 \text{ 元/萬元} \\ &= \underline{\underline{922 \text{ 萬元}}} \end{aligned}$$

• 節能績效

$$(1.073 \text{ 元/碼} - 0.534 \text{ 元/碼}) \times 77 \text{ 萬碼} \times 12 \text{ 個月} = \underline{\underline{498 \text{ 萬元}}}$$



- 減碳量

(437.832 kL/年 × 3.111 tCO₂e/公噸) –

(253.668 m³/年 × 1.879 tCO₂e/ m³) ≙ **885 公噸 CO₂**

(以天然氣之排放係數 1.879 tCO₂e/ m³ 與重油之排放係數 3.111 tCO₂e/ 公噸計算)

- 回收年限

800 萬元 ÷ 316 萬元 ≙ **2.5 年**

(2) 投資效益

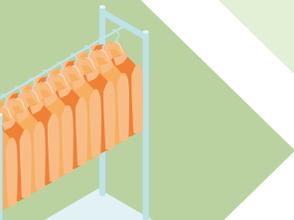
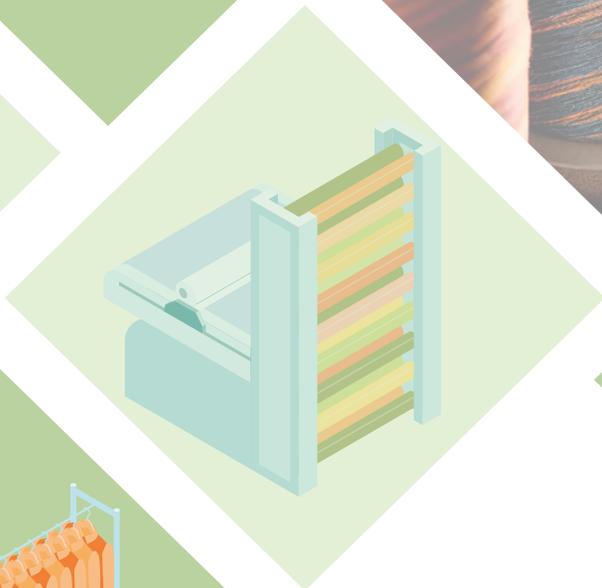
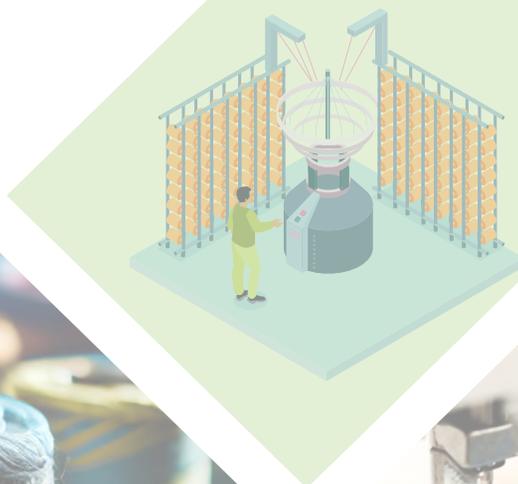
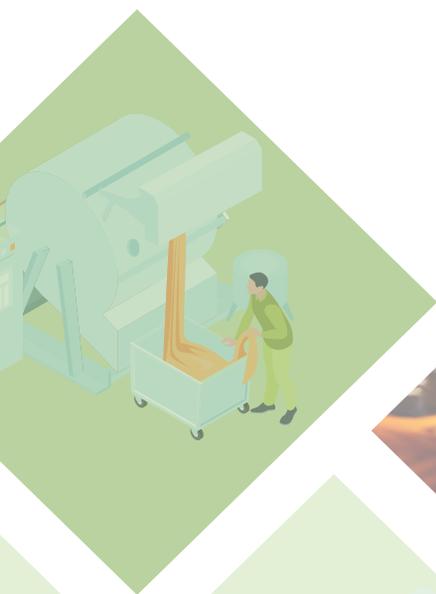
案例廠定型機天然氣燃燒機執行，其投資效益如下：

投資金額	約800萬元
節能量	減少重油用量約437,832 L/年； 增加天然氣使用量約253,668 m ³ /年
節能績效	約498萬元/年 (以2024.08.06輕裂燃料油單價21,048元/kL及天然氣(2)單價12.3732元/m ³ 計算)
減碳量	885公噸CO ₂ e/年 (以天然氣之排放係數1.879 tCO ₂ e/ m ³ 與重油之排放係數3.111 tCO ₂ e/公噸計算)
回收年限	約2.5年

113 年度 紡織業

低碳生產技術彙編

結語





結語

本彙編收錄之技術及案例可應用於紡織產業鏈，各項技術如：磁懸浮無油變頻離心冰水主機、高效率螺旋式鼓風機、高效率軸流風扇等，不僅可單獨運用，亦可搭配應用在製程其他系統，惟參採時仍須考量個案適用性，依廠內現有設備運轉情形及製程需求等條件，進行經濟面、技術面、工程面及現場操作條件之改善規劃與效益評估，同時考量後續大數據蒐集及 AI 應用機器學習等，讓 AI 智慧化運轉更順暢，同時達到節能減碳目的。

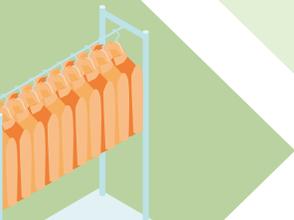
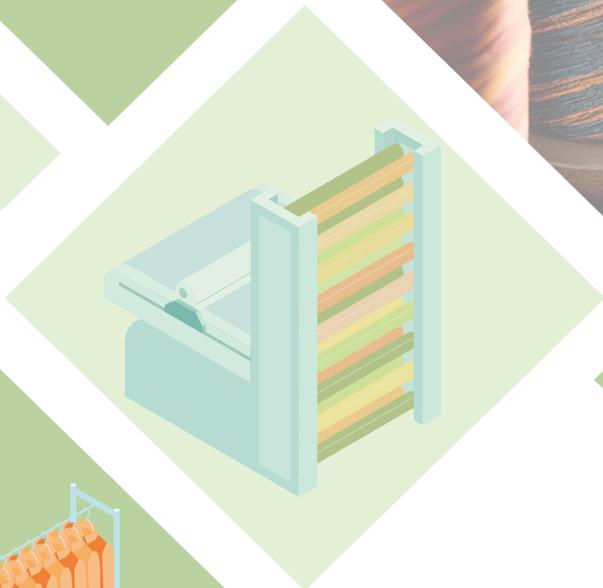
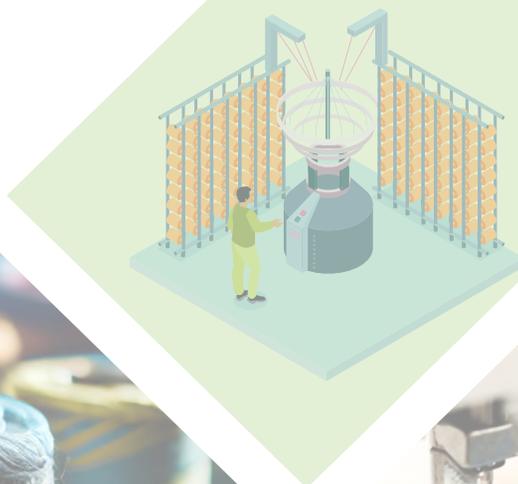
各耗能設備或系統可應用之節能技術眾多，本彙編收錄及分析較完整之節能應用案例，期能對紡織產業鏈或相關技術領域之從業人員有參考與應用價值，並有助於國內推動產業低碳生產工作。

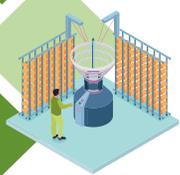
在碳有價化及外部成本內部化的國內外趨勢下，企業未來在面對減碳措施之投資規劃時，應將碳排放相關費用（例如：碳邊境稅、碳費等），納入改善方案投資效益與回收年限評估中，才能真實反映碳資產價值，在碳有價化的時代，企業進行低碳甚至零碳轉型才能實現永續營運目標。

113 年度 紡織業

低碳生產技術彙編

參考文獻





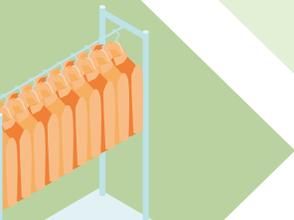
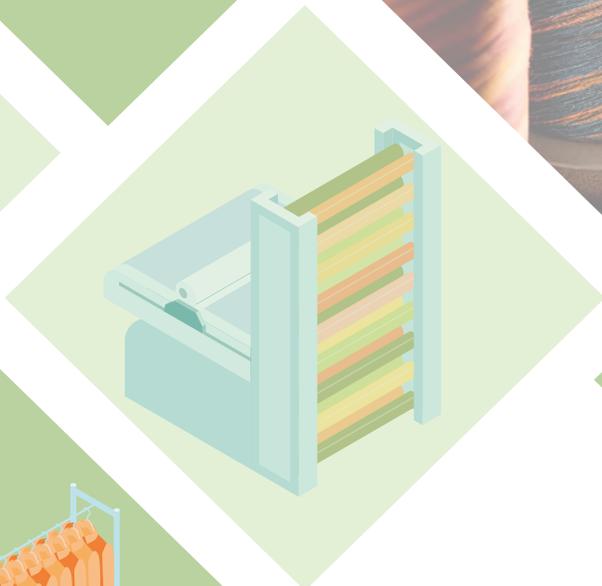
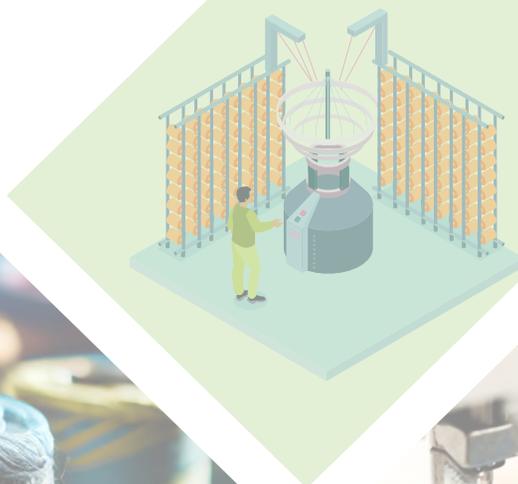
參考文獻

1. 環境部氣候變遷署，氣候變遷因應法，2023 年 2 月。
<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=O0020098>
2. 環境部氣候變遷署，2024 年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告，2024 年 8 月。
3. 產業價值鏈資訊平台，紡織產業鏈簡介，2024 年。
<http://ic.tpex.org.tw/introduce.php?ic=O000>
4. 行政院主計總處，行業標準分類第 11 次修訂，2024 年。
<https://www.dgbas.gov.tw/ct.asp?xItem=38933&ctNode=3111&mp=1>
5. 經濟部統計處，紡織所 ITIS 計畫整理推估，2024 年 4 月。
https://www.tipo.org.tw/tc/about_textile_2.aspx
6. [IEA, Net Zero by 2050- A Roadmap for the Global Energy Sector, 2021 年 7 月。
7. 國家發展委員會，淨零轉型之階段目標及行動，2022 年。
https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=733396F648BE2845
8. 經濟部產業發展署，製造部門 2030 年淨零轉型路徑報告，2022 年。
9. Carbon Border Adjustment Mechanism，歐盟碳邊境調整機制 - 背景說明與摘要，2023 年 5 月。
https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en

10. 產業節能減碳資訊網, 產業節能減碳資訊網, 106 年低碳製程技術研討會。
https://ghg.tgpf.org.tw/Resources/lecture_more?id=d1a24f183be240c3883c27c429bfc255
11. 感應加熱系統之研究, 吳宏遠研究員, 2013 年。
12. 電磁感應加熱改造簡介, 高鋒企業公司, 2016 年。
13. 經濟部能源署, 112 年度電力排碳係數。
https://www.moeaea.gov.tw/ecw/populace/content/ContentDesc.aspx?menu_id=26391
14. 產業節能減碳資訊網, 低碳製程技術資料庫。
<https://lgiptd.tgpf.org.tw/page/TechnologyList.aspx>

113
年度 **紡織業**
低碳生產技術彙編

延伸閱讀





延伸閱讀

- 能源密集產業低碳製程典範案例彙編 (112 年)
- 低碳生產技術彙編 - 石化業低碳生產技術彙編 (112 年)
- 低碳生產技術彙編 - 製程動力系統節能技術應用篇 (111 年)
- 低碳生產技術彙編 - 製程冷卻系統節能技術應用篇 (110 年)
- 低碳生產技術彙編 - 製程餘熱回收技術應用篇 (110 年)
- 造紙業低碳製程技術彙編 (109 年)
- 光電業低碳製程技術彙編 (109 年)
- 能源密集產業低碳製程典範案例彙編 - 紡織業 (109 年)
- 半導體業低碳製程技術彙編 (108 年)
- 石化業低碳製程技術彙編 (108 年)
- 能源密集產業低碳製程典範案例彙編 - 半導體業 (108 年)
- 能源密集產業低碳製程典範案例彙編 - 石化業 (108 年)
- 紡織業低碳製程技術彙編 (107 年)
- 玻璃相關產業低碳製程技術彙編 (107 年)
- 能源密集產業低碳製程典範案例彙編 - 造紙業 (107 年)
- 能源密集產業低碳製程典範案例彙編 - 鋼鐵業 (107 年)
- 鋼鐵業低碳綠色製程技術選用評估彙編 (106 年)
- 水泥業低碳綠色製程技術選用評估彙編 (106 年)
- 能源密集產業低碳製程典範案例彙編 - 水泥業 (106 年)





經濟部產業發展署
Industrial Development Administration
Ministry of Economic Affairs

106臺北市信義路三段41-3號
電話：(02)2754-1255
傳真：(02)2703-0160
網址：<http://www.ida.gov.tw>