



鋼廠動態

- | | |
|---------------------------|---|
| 1. JFE 鋼鐵環保和能源有效利用的舉措 | 1 |
| 2. 安賽樂米塔爾日本製鐵印度公司啟用廢鋼加工廠 | 2 |
| 3. 普銳特冶金技術與奧鋼聯合作開發創新煉鐵廠 | 3 |
| 4. 淺析美國鋼鐵工業脫碳項目佈局 | 3 |
| 5. 美國鋼鐵業脫碳政策研究 | 4 |
| 6. MOPCO 利用蒂森克虜伯碳捕捉增強尿素生產 | 5 |
| 7. 首鋼京唐成功完成轉爐 55%廢鋼比冶煉 | 6 |
| 8. 河鋼張宣科技氫冶金綠色汽車板連鑄生產線投產 | 6 |
| 9. 新加坡與馬來西亞就跨境碳和可再生能源貿易 | 6 |

技術/生產資訊

- | | |
|---|----|
| 1. 綠色低碳高爐煉鐵技術創新與應用 | 8 |
| 2. 廢鋼回收利用的挑戰 | 9 |
| 3. 創新技術助力鋼鐵行業脫碳 | 10 |
| 4. 氮氣對球團氫基直接還原過程的影響 | 11 |
| 5. CO ₂ 在 210t 轉爐混合噴吹中的研究與實踐優化 | 12 |

技術專欄

※全球鋼廠發展鋼化聯產現況與實例

14

1. JFE 鋼鐵環保和能源有效利用的舉措

JFE 集團秉持與環境共生的理念，將氣候變遷列為核心經營議題，積極推動 2050 年碳中和目標。為此，鋼鐵業務制定了明確的短、中、長期減碳路線圖，並實施多項減排對策。集團參與了日本鋼鐵業於 2021 年展開的「碳中和行動計畫」，涵蓋四大策略：

一	透過最佳節能技術與創新材料，提升製程能效並減少排碳
二	供應高性能鋼材，如汽車用鋼板與電工鋼板，助力最終產品階段的 CO ₂ 減排
三	推動節能解決方案的全球擴散，協助海外鋼鐵業降低排放
四	積極參與氫還原煉鐵與 CO ₂ 回收等創新技術開發，並在綠色創新基金支持下持續深化研究

此外，JFE 集團透過數位轉型 (DX) 與 IT/DS 技術整合，開發鋼鐵廠能源運營模型與電力設施數智化維護系統，提升能源使用效率與設備穩定性，並導入蒸汽與燃料供需最佳化系統，促進年輕世代操作員掌握能源管理。JFE 亦著重廢熱回收與先進燃燒技術的應用，結合熱電元件與廢熱供電系統，提升整體能源效益。環境管理方面，集團實施嚴格的監查制度與環保教育，對各廠區進行定期稽查，並鼓勵員工取得專業資格。

在污染防治上，JFE 採用脫硫脫硝設備、低 NO_x 燃燒器與低硫燃料，有效減少 SO_x 與 NO_x 排放，同時透過除塵器升級與原料堆場灑水等措施抑制粉塵；水資源方面，則以超過 90% 的循環利用率為目標，2022 年實際達到 93.2%，並對廢水進行嚴格處理，以符合高標準的排放規範。在生物多樣性保護方面，JFE 進行棲地保育、稀有植物移植等工作，並於橫濱市合作推動「Marine Block®」等

鋼渣再利用技術，改善海域生態與水質。

最後，在資源循環方面，JFE 達成了 99.5%的副產品回收率，並積極推廣鋼渣於水泥、土木與海洋工程等領域的應用，落實資源的有效利用與循環再生。透過全面性的環境、能源與資源管理措施，JFE 展現其作為鋼鐵產業永續發展領導者的決心與行動力。

(摘自：世界金屬導報 N.2702 B14-15 2025-01-07)

2. 安賽樂米塔爾日本製鐵印度公司啟用廢鋼加工廠

安賽樂米塔爾日本製鐵印度公司 (AM / NS India) 計畫在印度開發的四座廢鋼處理工廠，以滿足鋼鐵生產對高品質廢鋼日益增長的需求並加強印度國內廢鋼供應鏈。其中，第一座廢鋼加工廠於馬哈拉施特拉邦 (Maharashtra) 的科波利 (Khopoli) 製造基地啟用並投產，年產能 12 萬噸，為 35 億盧比 (約 12.3 億新台幣) 投資計劃的一部分。

印度廢鋼供應鏈目前高度分散，廢鋼材料須經過多個中間商才能到達消費者，這個複雜的過程會增加成本並降低廢鋼材料品質。若能透過 AM / NS India 自家工廠處理廢鋼材料，則能提升材料品質和產量，同時降低轉換和物流成本，使廢鋼產業正規化。印度的目標是到 2047 年將廢鋼在鋼鐵生產中的佔比提升至 50%。而根據 AM / NS India 在 2024 年氣候行動報告中提出的脫碳路線圖，該公司的目標是到 2030 年將煉鋼產能中的廢鋼佔比從目前的 3-5%提升到 10%以上。

AM / NS India 是安賽樂米塔爾與新日鐵的合資企業，該公司是印度領先的綜合扁平碳鋼生產商，每年 900 萬噸的粗鋼產能，球團產能達 2,000 萬噸。

(摘自： [First India2025-03-27](#))

3. 普銳特冶金技術與奧鋼聯合作開發創新煉鐵廠

普銳特冶金技術 (Primetals Technologies) 與奧鋼聯 (voestalpine)、力拓 (Rio Tinto) 及三菱商事合作，於奧地利建設一座結合氫直接還原與電熔煉技術的示範工廠，預計於 2027 年中投產。該專案將實現氫基還原連續生產技術，產出熱壓鐵塊、鐵水、生鐵，並獲奧地利政府、歐盟潔淨鋼鐵夥伴關係 (Clean Steel Partnership) 及氫能合作計畫資助。

該產線使用氫基細礦還原 (Hydrogen-based Fine-Ore Reduction, HYFOR) 技術，粒徑小於 150 μ m 無需燒結步驟即可直接使用，該技術已於奧鋼聯多納維茨 (Donawitz) 廠成功試運多年。熔煉爐則以再生能源驅動，完成還原鐵的最終熔化。

(摘自：[AIST2025-04-08](#))

4. 淺析美國鋼鐵工業脫碳項目佈局

當前，美國鋼鐵工業在全球市場競爭力不足，但在低碳冶金領域仍展現出較強的創新活力。近年來，美國鋼鐵年產量約 8000 萬噸，流程以短流程 (電弧爐) 為主，能源結構中天然氣、焦炭與煤粉、網電分別占比 37%、28%、17%。鋼鐵行業年二氧化碳排放約為 9000 萬噸，位列美國工業部門第三位，低碳轉型對整體工業減排意義重大。美國能源部於 2022 年發布《工業脫碳路線圖》，提出**能效提升**、**工業電氣化**、**低碳燃料與原料**、**碳捕集利用與封存 (CCUS)** 四大脫碳路徑，並針對鋼鐵行業制定短期 (2020–2025)、中期 (2025–2030)、長期 (2030–2050) 技術發展目標，覆蓋能效提升、氫基還原、熔融氧化物電解、電解冶金等多項技術。

能源部根據技術成熟度，通過能源高級研究計劃局 (ARPA-E)、能源效率與可再生能源辦公室 (EERE)、清潔能源示範辦公室 (OCED) 等部門分工協作，推動從基礎研究到工業示範的技術鏈條建設。

近兩年，美國能源部已分批支持多項鋼鐵脫碳項目，包括 2024 年 ARPA-E 發起的 ROSIA 計劃(資助 13 個前沿項目)、2023 年 IEDO 支持的 10 個研發中試項目、2024 年 OCED 資助的 6 個示範項目，總資金超 17 億美元，涵蓋氫還原、電感應加熱、冷固球團等熱點低碳技術。

(摘自：世界金屬導報 N.2705 B02-03 2025-02-04)

5. 美國鋼鐵業脫碳政策研究

美國鋼鐵業正面臨「技術路徑鎖定」與「政策工具整合」的雙重轉型挑戰，其核心在於平衡高爐碳捕集改造(資本密集度 13.45 億美元/廠) 與氫基直接還原鐵(DRI) 新建產能(12.04 億美元/廠) 的經濟性博弈。數據顯示，DRI 路線雖需克服全球僅 4% 適用之高品位鐵礦石限制(美國本土礦石需額外 30 美元/噸選礦成本)，但長期生產成本(615-734 美元/噸) 較高爐 + CCS 方案低 17%，且減碳效益達 90% (0.2 噸 CO₂/噸鋼)。

聚焦三個面向：

(1)資金注入機制：透過《通脹削減法案》整合 63 億美元淨零設備基金、45X 稅收抵免(抵銷 100 美元/噸綠色溢價) 及 25.4 億美元碳捕集示範計畫，形成階梯式補貼結構。其中，SSAB 氫基鋼廠獲 5 億美元示範補助，驗證商業化可行性。

(2)需求端驅動：修訂《聯邦採購條例》納入 10 億美元清潔鋼材長期合約，鎖定 2040 年前 174 太瓦時/年清潔電力需求，並透過「氣候俱樂部」建立低碳鋼貿易聯盟，對中國鋼材課徵 25% 差異關稅。

(3)技術風險緩衝：針對 2025-2042 年高爐大修週期(如加里鋼廠 14 號高爐 2025 年大修)，設計「彈性償債條款」解決設備壽命

(20 年) 與貸款期限(10 年) 錯配問題，同時透過《PROVE IT 法案》強制執行排放強度認證，修正 EPA 自報數據 30% 誤差率。

全球貿易戰略以「碳邊境調節機制 (CBAM)」為核心，搭配美國國際貿易委員會 (ITC) 排放強度調查，建立差異化關稅框架。此機制不僅可對中國鋼材徵收 25% 附加稅，更透過「環境產品聲明 (EPD)」行業模板提升數據可比性，為 2026 年歐盟 CBAM 實施預作對接準備。

全面導入 DRI + 電爐路線可使美國鋼廠在 2040 年前達成 57% 減碳目標，每噸鋼溢價控制在 10% 內，關鍵在於把握 2025-2035 年設備更新窗口，避免高爐改造鎖定碳密集型技術路徑。此轉型需同步解決鐵礦供應鏈重組 (提升電熔爐處理低品位礦石能力)、勞工技能轉型 (工會化鋼廠技術培訓計畫)，以及全球產能過剩下的貿易防護網建構。

(摘自：世界金屬導報 N.2703 A06-07 2025-01-14)

6. MOPCO 利用蒂森克虜伯碳捕捉方案增強尿素生產

埃及最大的氮肥生產公司 MOPCO 選用蒂森克虜伯伍德 (Thyssenkrupp Uhde) 的創新碳捕捉利用技術，目標將氨生產煙氣中去除每年 145,000 噸的二氧化碳，並將其用於尿素生產。同時為了提高氨的生產能力，將安裝三個新的氨轉換器筒，例如帶有軸徑向流設計的可拆卸床，將使每個工廠每天產量提高 150 噸，同時降低約 10% 合成迴路中天然氣的消耗量。

(摘自：[thyssenkrupp 2025-02-20](#))

7. 首鋼京唐成功完成轉爐 55%廢鋼比冶煉

首鋼京唐先前已具備轉爐 50%以上廢鋼比穩定批量生產能力，覆蓋汽車板、鍍錫板、家電板、酸洗板、熱軋板等產品，並結合使用者對低排碳產品的需求，賦予鋼鐵產品「綠色」、「低碳」的標籤，為用戶提供高品質的綠色鋼鐵產品。

近日，首鋼京唐總結大廢鋼比生產經驗，持續提升生產組織與過程參數控制，積極研究轉爐製程的廢鋼加入途徑，創新開發小塊廢鋼試驗，成功突破轉爐廢鋼比提升瓶頸，為提高資源利用率和降低成本奠定基礎。面對廢鋼比提升帶來的入爐熱量虧損，首鋼京唐採細化管理措施，精準調控各環節製程參數，保障轉爐的穩定運行，為轉爐 55%廢鋼比冶煉的生產提供有力支撐。

(摘自：[鐵諾 2025-03-21](#))

8. 河鋼張宣科技氫冶金綠色汽車板連鑄生產線投產

河鋼集團張宣科技加速推動綠色鋼板製造能力，集中中冶京誠、普銳特冶金等行業設備與技術，搭配整合性自動化控制系統，由氫基豎爐產出直接還原鐵，再由低排碳電爐生產汽車板材料。張宣科技摸索出最佳氫基直接還原鐵生產參數，有效控制氮元素對汽車板材的影響。2023 年 120 萬噸氫冶金示範工程，於中國連續試製綠色 DRI 產品；2024 年開啟氫基豎爐-低排碳電爐製程示範線，並成功試製綠鋼。

(摘自：[世界金屬導報 N.2704 A06 2025-01-21](#))

9. 新加坡與馬來西亞就跨境碳和可再生能源貿易

新加坡與馬來西亞就跨境碳和可再生能源貿易、碳封存開展合作新加坡貿易和工業部表示，新加坡和馬來西亞簽署一系列協議，支持《巴黎協定》下的碳交

易，促進可再生電力和證書交易，並實現跨國碳封存。

新加坡因土地有限和國內脫碳成本高昂，一直積極尋求海外碳信用額度、進口可再生電力並探索海外碳捕捉與封存。

這些協議顯示兩國對氣候相關合作興趣增加，將為雙方能源和環境市場帶來新的經濟動力和就業機會。

MTI 數據顯示，2023 年新加坡是馬來西亞最大外國直接投資來源。

MTI 表示，雙方簽署了關於在《巴黎協定》下交換碳信用額度的諒解備忘錄，將努力達成具法律約束力的實施協議，建立碳信用發放和交換的雙邊框架。新加坡已與多國簽署類似備忘錄，為第六條下的貿易鋪平道路。

此外，雙方簽署跨境 CCS 合作諒解備忘錄，將進行雙邊討論以實現跨境 CCS，並討論政府間協議的各部分。雙方將成立聯合委員會促進 CCS 諒解備忘錄的實施。

同時，兩國啟動關於跨境 REC 交易的聯合研究，將制定可信框架以識別與跨境電力貿易相關的 REC。

MTI 表示，「可信的跨境 REC 框架的開發預計將催化對跨境電力交易項目的投資。

新加坡與馬來西亞之間的可再生電力貿易已經展開。2024 年 12 月，新加坡勝科電力簽署購電協議，計畫從馬來西亞國家能源公司進口 50 兆瓦可再生電力兩年，首批電力已於 2024 年 12 月 13 日抵達。MTI 表示，馬來西亞能源交易所也已開始向新加坡買家提供與可再生電力捆綁的 REC。

跨境電力交易項目的需求將推動投資，以利該地區可再生能源項目的長期可行性。

(摘自：世界金屬導報 N.2704 A07 2025-01-21)

1. 綠色低碳高爐煉鐵技術創新與應用

高爐煉鐵正面臨低碳、智慧與高效的轉型訴求，然而傳統高爐在爐型結構、煤氣與能源利用等方面存在技術瓶頸。本研究透過聯合技術團隊進行數據分析、模擬與試驗研究，開發三大關鍵技術方案。並已成功應用於河鋼唐鋼、印尼喀鋼、馬來西亞東鋼等 82 座高爐，鐵水質量穩定且高爐運行順行穩定。

(1) 綠色低碳高爐本體技術：

首先，針對傳統爐型結構不適合高比例球團冶煉，建立了爐型尺寸和生產指標資料庫，結合球團礦熱態試驗，開發了變錐度爐型結構，改善上部料柱透氣性，實現球團礦入爐比例達 64%。

第二、針對傳統高爐冷卻溫度控制不易，冷卻效率低，能耗高等問題，開發了組合式冷卻壁，增強壁體熱面冷卻強度、提高冷卻壁渣皮穩定性、分段分區調控冷卻技術，實現多區域精確溫度控制的同時降低系統能耗。

第三，傳統爐底爐缸耐材侵蝕破壞嚴重，開發了誘導侵蝕型爐底爐缸長壽技術。透過動態調整爐底爐缸水量，誘導爐底侵蝕向「鍋底狀」發展。

(2)高爐放散煤氣全量回收技術

針對高爐放散煤氣治理回收不完全，污染環境而且造成能源浪費。開發「三級除塵與強制引射」設計，有效回收均壓與休風煤氣，粉塵濃度降至 $\leq 5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

(3)煤氣極致利用的綠色熱風爐技術

針對傳統熱風爐燃燒不充分與煙氣中 NO_x 排放濃度較高等問題，低碳低氮旋切頂燃式熱風爐燃燒器、互鎖式氣流均衡高效格子磚、多功能爐外充壓、分時預熱、「一燒兩送」、多座高爐熱風爐協同操作技術等，達成平均風溫 $\geq 1250^\circ\text{C}$ 、單位風量熱耗 $\leq 1.52\text{kJ}/(\text{Nm}^3\cdot^\circ\text{C})$ 與 NO_x 濃度 $\leq 30\text{mg}/\text{m}^3$ ，煤氣利用率超 48%。

(摘自：[中國金屬學會 2025-04-08](#))

2. 廢鋼回收利用的挑戰

隨著減碳環保、節約資源等議題日益受到重視，廢鋼的重要性也逐漸提升。鋼鐵具有可再生性，在鋼製品使用壽命結束時將其熔化，可以重新生產新的鋼材，這涉及幾個階段：

(1)回收：廢鋼根據來源主要分為新生廢鋼及折舊廢鋼兩種，前者是工業製造過程中產生的邊角料，可集中回收且汙染程度較低；後者是到達使用年限的廢棄產品中的鋼材，不僅廢鋼種類繁多，潛在污染物亦多，如何透過環保和安全的方式收集折舊廢鋼，並將其運輸到鋼廠存在嚴峻挑戰。

(2)分類：由於鋼品是由各種合金和材料（如碳、鉻、錳、鎳等）混合製成，回收後需要根據產品的種類和品質對廢鋼進行分類。不同的分類方法之間存在著較大的差異，如：使用磁鐵將廢鋼與有色金屬相分離、使用專門開發的高精度分揀設備，或是設備回收公司、鋼鐵公司自己開發和持有專利。設備的初期成本和維護需求可能相當大，因此企業一直在尋找提高效率的可能性。

(3)破碎：分類過後的大塊廢鋼將被送入工業破碎機切割成小塊廢鋼，以便於運輸和進一步加工。

(4)熔化和精煉：將破碎後的廢鋼放入鋼爐中熔化，溫度升至 1,600 攝氏度以上後變成鋼液，再透過添加石灰等助熔劑精煉鋼液，去除殘留的雜質。

(5)鑄造和軋製：將精煉後的鋼液注入鑄造設備，冷卻並軋製成新的鋼製品，如板材、棒材或型材，此時這些鋼製品既可直接使用，也可進一步加工成其他產品。

根據世界鋼鐵協會數據，全球每年消耗約 6.5 億噸廢鋼，亦即每年可減少約 9.75 億噸二氧化碳排放，並大幅減少鐵礦石，煤炭和石灰石等其他資源的使用

量及相關的生產排放量。世界鋼鐵協會估計，全球折舊廢鋼的供應量將在 2050 年達到約 9 億噸，主因是中國在 21 世紀前十年快速工業化過程中所消耗的鋼材將變為折舊廢鋼。然而，鑒於目前鋼鐵需求為 17.5 億噸，9 億噸的供應量遠遠不夠。

(摘自：世界金屬導報 N.2704 A06 2025-01-21)

3. 創新技術助力鋼鐵行業脫碳

全球鋼鐵行業邁向碳中和，其中煉鐵製程因佔總製程溫室氣體排放的 80% 以上，成為減碳的首要目標。本文探討三大脫碳技術路徑與示範案例，分別為直接還原鐵(DRI)與電爐(EAF)、直接還原鐵與開放式熔爐(Open Bath Furnaces, OBF)、升級傳統高爐為「EASyMelt 藍色高爐」。整體而言，這些技術路徑在成本結構、原料適應性與碳減潛力方面各具特色，鋼鐵業者須根據自身基礎設施、能源可得性與政策環境進行技術選型與佈局，方能有效推動產業低碳轉型。

(1)直接還原鐵與電爐：H₂ Green Steel

能夠以有競爭力的價格獲得充足綠氫的新建項目，直接還原鐵+電爐組合是最佳解決方案。位於瑞典北部博登的 H₂ Green Steel，為第一個工業規模以可再生能源生產氫和電的鋼鐵廠。有計劃於 2025 年開始，2026 年進入產能爬坡階段，預計產出超過 250 萬噸/年綠色鋼材。與傳統鋼廠相比，可減少高達 95% 的二氧化碳排放量。

(2)直接還原鐵與開放式熔爐：蒂森克虜伯(Thyssenkrupp)

德國蒂森克虜伯鋼鐵導入了 MIDREX Flex 直接還原鐵與開放式熔爐取代高爐，預計於 2026 年啟動，每年產能 250 萬噸，到 2030 年減排 600 萬噸二氧化碳。MIDREX Flex 混合製程具備高靈活性，能將還原氣體由天然氣逐步過渡到氫氣，進一步減排 65%。此外，開放式熔爐可以接受任何原料，包括熱壓塊

鐵、熱態或冷態直接還原鐵 (HDRI 或 CDRI)，甚至直接還原鐵粉。開放式熔爐的強還原能力亦使電爐無法處理的低品質礦石與廢料資源得以有效利用，提升原料適應性與循環效益。開放式熔爐還可以產生類似於高爐礦渣的礦渣，可以粒化並出售給水泥工業。

(3)EASyMelt 藍色高爐：Paul Wurth S.A.

對於無法立即汰換高爐的鋼廠，西馬克開發的藍色高爐與 EASyMelt 技術則提供低投資與分階段減碳的解決方案。「藍色高爐」以一氧化碳和氫氣組成的合成氣噴吹替代部分焦炭，可減少約 15% 的二氧化碳排放。進階的「EASyMelt 技術」則整合焦爐煤氣、天然氣、氫氣與氨氣等氣源，搭配離子體加熱與碳捕捉與利用措施，達成近零排放目標。該技術可節省 50% 投資成本，二氧化碳排放潛力削減達 60% 以上，並可使用一般燒結礦，降低對高品質球團的依賴，提升資源適應與市場韌性。

(摘自：世界金屬導報 N.2704 A07 2025-01-21)

4. 氫氣對球團氫基直接還原過程的影響

有關氫氣還原鐵氧化物的研究至少有一個世紀之久。研究一致表明，反應速率隨著溫度升高而加快，且還原產物及其形態取決於反應速率和溫度。由於 H_2 和 CO 是重整天然氣的成分，業內也對 H_2 - CO 混合氣體進行了全面的研究。研究表明，隨著還原氣體中 H_2 含量增加，還原速率加快。還原氣體中含有 CO 時，觀察到還原鐵礦石試樣有形成晶鬚的傾向，造成球團膨脹。只有少數文獻探究了 H_2 - N_2 混合氣體還原氧化鐵的問題。由於氫基直接還原法再將實現工業化應用，將 H_2 - N_2 混合氣體用於工業規模生產的相關研究（如氮含量的影響）愈加重要。

本文研究了氮氣稀釋對氫基還原商用鐵礦球團的影響。利用純氫或氮氫混合氣體進行等溫試驗。試驗在 773-1173K 溫度的立式管式電阻加熱爐中進行。氣體中的氮含量變化範圍為 0-30vol.%，反應氣體流速足以消除對流傳質對試樣的任何限制影響。

本研究的主要發現有：還原速率隨著溫度的升高和氮含量的減少而加快，氮含量在低溫下的影響更大。此外，還原氣體中的氮含量對降低還原速率的影響，遠大於僅降低氫氣分壓產生的影響。氮氣降低還原速率的原因很可能是：

(1) 氣體中氫含量降低。

(2) 氫氣擴散係數降低。氮氣對還原球團結構沒有深遠影響。因此推斷在

H₂-N₂ 等溫還原過程中，氮氣占 0%-30%時，還原機理與氮含量無關。

(摘自：世界金屬導報 N.2703 B02-03 2025-01-14)

5. CO₂ 在 210t 轉爐混合噴吹中的應用研究與實踐優化

本研究探討二氧化碳 (CO₂) 在 210 噸轉爐混合噴吹中的應用，將 CO₂ 引入轉爐煉鋼，與氧氣混合噴吹，可精準調控煉鋼過程，減少煙塵，提高脫磷效率，並優化鋼水品質，可幫助實現節能減排和提升產業競爭力。本研究綜合此領域研究現況，並確定優化噴吹參數、分析反應機理和評估綜合效益的研究目標。

說明 CO₂ 的物化性質及其在煉鋼高溫環境下的作用機制，包括與碳、矽、錳的反應及其對熔池溫度和攪拌效果的影響。在裝置設計部分，**頂吹方面**，探討噴頭設計和 CO₂ 與氧氣混合比例的精準控制對降低煙塵和爐渣全鐵含量、提升鋼水純淨度的作用。**底吹方面**，探討底吹佈局（如梅花式、環縫式）和流量控制對熔池攪拌、脫磷和脫氮效果的影響。

透過精準調控噴吹流量與時間，並依據不同鋼種和冶煉階段動態調整 CO₂ 與氧氣的混合比例，實現鋼水溫度和成分的控制，並可有效改善煙塵產生量、爐渣成分以及鋼水中的碳氧積、磷含量和氮含量。

(摘自：世界金屬導報 N.2706 B02-03 2025-02-11)

全球鋼廠發展鋼化聯產現況與實例

撰稿人 T41 彭子庭

一、前言

鋼化聯產顧名思義為鋼鐵業與石化業為邁向淨零目標所展開的跨界合作，鋼鐵業中煉焦爐、轉爐與高爐等製程會產生大量副產氣體，包含一氧化碳 (CO) 與二氧化碳 (CO₂)。透過氣體提純與轉化技術，這些氣體可用來合成甲烷 (Methane, CH₄)、甲醇 (Methanol)、甲酸、醋酸、乙二醇等多種化工原料。相對地，石化產業在傳統製程中亦需進行原料裂解反應產生 CO 與 CO₂，方能合成各式下游產品。若能直接使用鋼廠副產氣作為原料，不僅可降低鋼鐵生產碳排放，亦有助於減少石化產業對化石資源的依賴。鋼化聯產不僅是技術整合的挑戰，更是促進產業鏈減碳與資源循環再利用的重要策略。以下將彙整全球鋼廠推動鋼化聯產的實例與發展現況，作為內部參考之用。

二、全球鋼廠鋼化聯產發展現況

(一) 日本製鐵

(1)日本製鐵集團子公司新日鐵化學材料 (NIPPON STEEL Chemical & Material Co., Ltd.) 於 2018 年更名成立，專責化學與新材料業務。強調於煉鐵過程中產生的煤瀝青與焦爐氣中化學原料的有效再利用，實現資源不浪費與價值最大化。雖尚未見具體鋼化聯產的實績，但其在碳循環與副產品轉換領域擁有深厚技術基礎，具備未來延伸應用的潛力。

(2)自 2019 年起，日本製鐵與商船三井、JFE Steel、日立造船等九家企

業組成「CCR 研究會船舶碳循環工作小組」，推動以國內鋼廠產出的 CO₂ 分離、回收後，與氫氣合成甲烷的「甲烷化 (Methanation)」技術，供船舶作為低碳燃料使用，是鋼廠與航運業低碳供應鏈轉型的重要示範。

(二) JFE

(1)JFE 於 2022 年 7 月受日本新能源和產業技術綜合開發機構 (NEDO) 的委託，於 JFE 廣島縣福山市西日本製造所開發甲醇合成設備，期有效利用 CO₂ 合成甲醇，並考慮對外銷售。同年 12 月，JFE 再度宣布向 IHI 株式會社採購全球最大規模的甲烷合成設備，該設備預計每日可回收 24 噸 CO₂，並產生每小時 500 Nm³ 的甲烷。

(2)2025 年 3 月，JFE 與三菱天然氣化工、三菱化學宣布將合作於岡山縣倉敷市水島廠區啟動鋼鐵副產物氣體生產甲醇，並進一步將其用於生產塑膠的重要原料丙烯，預定 2026 年正式啟動，將鋼廠餘氣導入化工鏈。

(三) 浦項製鐵 (POSCO)

韓國政府於 2024 年啟動「碳捕捉大型計畫」(CCU Mega Project)，浦項製鐵被選為主要示範基地之一，目標是將煉鐵過程中產生的 CO₂ 用於生產船舶環保燃料用低碳甲醇和合成氣。儘管目前仍面臨經濟可行性的挑戰，但韓國政府高度重視該計畫的戰略意涵，期望透過國內成功案例引領全球碳循環技術的市場趨勢。

(四) 安賽樂米塔爾 (ArcelorMittal)

(1)2018 年由 ArcelorMittal、荷蘭塔塔鋼鐵、陶氏化學 (DOW) 及研究機構合作推動的四年期試點 Steel2Chemicals 計畫，旨在探索將煉鋼

過程中產生的副產氣體轉化為化工原料的可行性。該計畫以 ArcelorMittal 根特工廠為示範，透過費托合成 (Fischer-Tropsch) 技術，將含碳氣體與氫氣反應，製成可供化工廠使用的石腦油 (Naphtha)，進一步生產塑膠等產品。示範工廠運作近兩年已成功證明碳循環鏈的技術可行性，然而鋼廠廢氣中含有大量氮氣，影響轉化效率，且大規模建廠仍面臨技術、空間與經濟挑戰。儘管如此，此計畫提供了寶貴的實證數據與跨產業合作經驗。

(2) ArcelorMittal 與日本積水化學工業 (Sekisui Chemical) 自 2021 年起在 NEDO 支持下，展開為期三年的「煉鋼循環碳 CCU 國際合作」。此計畫於 ArcelorMittal 位於西班牙阿斯圖里亞斯的鋼廠測試，以積水化學獨有的化學循環技術為核心，將煉鋼過程中產生的 CO_2 轉換為 CO 和氫氣混合的合成氣 (Syngas)，再次導入高爐取代傳統焦炭，構築鋼廠內部的碳循環系統。於 2023 年已有初步成果， CO_2 轉換率達 90%，氫氣轉換率達 75%，皆優於原先設定 CO_2 大於 85% 與氫氣大於 60% 的目標。後續雙方計畫進行長期與高效反應測試，進一步評估技術放大與商業化的可能性，目標是在 2030 年度實現該技術的商業化。

(3) ArcelorMittal 與碳回收技術公司 LanzaTech 合作，採用 LanzaTech 專利生物循環技術，將 ArcelorMittal 比利時根特工廠的高爐所排放的富碳氣體轉化為乙醇，預計每年可生產 8000 萬公升，約占比利時目前需求的一半。此乙醇可直接用於燃料市場，也可進一步提純或轉化為包裝材料、服裝，甚至化妝品香料等消費品原料。

(五) 蒂森克虜伯 (Thyssenkrupp)

蒂森克虜伯參與 2016 年由德國聯邦教育與研究部 (BMBF) 資助並結合企業和研究機構組成的 Carbon2Chem® 計畫，以捕捉和利用各種工業製程中的 CO 和 CO₂，轉化為化學原料如甲醇、氨與高價化學品。該計畫分為三個階段，第一階段 (2016~2020 年) 專注於開發和研究合適的製程和技術，並在杜伊斯堡建立測試中心，該中心與蒂森克虜伯系統相連。第二階段 (2020~2024 年) 進行長期試驗，並在工業規模上擴大和整合這些技術。目前正在籌備第三階段 (2025~2028 年) 將先前研究成果應用於各個工業領域，旨在透過在實際應用中驗證解決方案來應對不斷變化的條件。

表一、全球鋼化聯產實例彙整

鋼廠	合作對象	合作計畫名稱	目標產品	實施進度
Nippon Steel	新日鐵化學材料 (子公司)	-	-	-
	商船三井、JFE、 日立造船等九家企業	CCR 船舶碳循環 小組	船用燃料甲烷	技術研發與示範 階段
JFE Steel	NEDO、 IHI	-	甲醇、甲烷	每日可回收 24 噸 CO ₂ ，並產生 每小時 500Nm ³ 的甲烷。
	三菱天然氣化學、 三菱化學	-	甲醇、丙烯(塑 膠原料)	2026 年進入示 範
POSCO	韓國政府、GS Caltex 煉油、韓羅 水泥等多家企業	CCU Mega Project	船用燃料、合 成氣、基本化 學品、多元醇 等	2026 年啟動計 畫

鋼廠	合作對象	合作計畫名稱	目標產品	實施進度
ArcelorMittal	塔塔鋼鐵、陶氏化學及研究機構等	Steel2Chemicals	石腦油、塑膠	已試產階段，研擬放大
	NEDO、日本積水化學工業	煉鋼循環碳 CCU 國際合作	合成氣	2023 年已有初步成果，預計 2030 年商業化
	LanzaTech	-	乙醇	每年可生產 8000 萬公升，已應用船舶燃料
Thyssenkrupp	由 BMBF 資助，20 多個來自科學界和工業界合作夥伴參與	Carbon2Chem®	甲醇、氨與高價化學品	2018 年起示範，目前正在籌備第三階段

三、結論

鋼化聯產是鋼鐵業實現脫碳與資源高值化的重要策略，不僅強化鋼鐵與石化產業之間的橫向整合，也推動了跨產業碳循環技術的發展與商業模式創新。當前全球鋼化聯產實例顯示，鋼廠在推動碳循環與資源價值最大化的過程中，已不再局限於與化工企業合作，亦積極拓展至能源、航運等多元領域，形塑跨產業碳利用的創新生態系。儘管在技術成熟度、經濟性與法規支持等方面仍面臨挑戰，這些示範計畫已為未來鋼化聯產的大規模應用奠定關鍵基礎。

展望未來，鋼化聯產不僅是鋼鐵業的減碳選項，更有機會成為全球產業鏈邁向淨零碳排的新動能。中鋼除強化與化工廠既有合作基礎之餘，亦可參考國際案例進一步拓展與能源公司、物流船運業等策略合作，搶先布局未來碳中和及循環經濟所需之產業鏈整合機會。

四、參考資料

- [1] 日本製鐵等 9 家企業著手推動二氧化碳再利用之船舶用燃料實用化，材料世界網，2020。
- [2] NIPPON STEEL Chemical & Material Co., Ltd.
- [3] IHI Group to Contribute Further to Carbon Dioxide Recycling from Exhaust Gases through New JFE Steel Order for World' s Largest Methanation Unit
- [4] JFE、製鐵の排出 CO2 有効利用へ現場試験 千葉と広島で
- [5] Japan' s MGC, JFE to recycle CO2 to produce methanol
- [6] 韓國擬進行碳捕集與利用超大型項目
- [7] S2C – Steel2Chemicals
- [8] Steel2Chemicals
- [9] SEKISUI CHEMICAL begins survey on scale-up of chemical looping technology for CO2 to CO conversion and the suitability of demonstration requirements for application to CCU
- [10] ArcelorMittal and LanzaTech Announce Ethanol Production Milestone and Shipment of First Barge from Flagship Steelanol Facility in Belgium
- [11] Thyssenkrupp Carbon2Chem®: Carbon Capture, Storage and Utilization