



鋼廠動態

1. 韓國鋼鐵業呼籲韓國政府擴大支持鋼鐵低碳計畫 1
2. BHP 領銜亞洲鋼廠進行 CCUS 商業化可行性研究 1
3. 日本製鐵將進行二氧化碳生產甘氨酸產學研究 2
4. JFE 開發化學循環燃燒技術生產乾淨電力與氫氣 3
5. 日本於 2026 年全面實施強制性碳排放交易體系 3
6. 沙鋼推動系統化減碳通過 EATNS 碳管理體系認證 4
7. 安賽樂米塔爾積極參與低碳排鋼標準制定 5
8. 塔塔鋼鐵購買焦爐煤氣淨化技術產製氫氣 5
9. 蒂森克虜伯收購電解技術公司加速綠氫研發 6
10. 安賽樂米塔爾投資兩項可再生能源用以鋼鐵生產 6
11. 德國 Salzgitter 進行冷燒結球團礦煉鐵試驗 7
12. 波蘭 JSW 公司啟動 2,560 萬歐元甲烷製氫計畫 8

技術/生產資訊

1. 神戶製鋼申請合成氣製造系統專利以促進減碳 9
2. 首鋼減碳燒結技術創新與應用 10
3. 首鋼鋼渣源頭改性、減量化及高價值應用研究 11
4. 鞍鋼配煤技術開發和應用 12

- | | |
|-----------------------|----|
| 5. 柳鋼配煤配礦降本減碳技術開發 | 13 |
| 6. 中國全產業鏈碳素流管控技術研發與應用 | 15 |

技術專欄

- | | |
|-------------|----|
| ※高爐低碳原料應用概況 | 18 |
|-------------|----|
-

1. 韓國鋼鐵業呼籲韓國政府擴大支持鋼鐵低碳計畫

韓國貿易、工業和能源部已通過氫直接還原 (HDR) 示範計畫初步可行性研究，到 2030 年，韓國政府將撥出 3,088 億韓元 (約 66.1 億新台幣) 的公共資金投入專案開發，再加上浦項製鐵和現代製鐵等鋼鐵企業的投資，專案總預算將達到 8,146 億韓元 (約 174.3 億新台幣)。

氫氣直接還原技術與傳統高爐相比可減少 95% 以上碳排放量，然而成本是該技術發展最大的挑戰。據韓國鋼鐵協會計算，韓國鋼鐵企業轉換成氫直接還原路徑的總投入可能超過 68.5 兆韓元 (約 1.47 兆新台幣)。其中，浦項製鐵便需要約 54 兆韓元 (約 1.16 兆新台幣) 用於逐步關閉現有高爐及新建直接還原設施，以置換產能。為此，韓國鋼鐵業以歐盟、美國和日本政府在低碳冶金方面的投入都在數十億美元以上為由，呼籲韓國政府擴大支持鋼鐵低碳計畫。

(摘自：SNN 環宇鋼鐵網 2025-07-28)

2. BHP 領銜亞洲鋼廠進行 CCUS 商業化可行性研究

由全球最大礦業公司必和必拓 (BHP) 領頭，連同安賽樂米塔爾新日鐵印度公司 (Arcelor Mittal Nippon Steel India)、印度京德勒西南 (JSW)、韓國現代鋼鐵、美國雪佛龍 (Chevron)、日本三井物產等重量級企業組建跨國策略聯盟，啟動難減排產業的 CCUS 技術商業化可行性研究。該聯盟將重點開發跨境碳運輸解決方案，包括建置連接亞洲與北澳的管道系統及大型儲存設施網絡。儘管碳捕捉技術已相對成熟，但在亞洲的推廣受制於高成本與法規障礙。透過打造共享基礎設施平台，運用規模經濟效應大幅降低 CCUS 技術部署成本，並實現跨產業合作減碳，分散各成員企業投資風險與營運負擔。這項可行性研究預計於 2026 年

底完成，成果將全面公開以鼓勵更多的應用，並為各國政府制定相關政策法規提供實務依據，推動 CCUS 技術標準化應用。

(摘自：SteelOrbis 2025-08-11、路透社 2025-08-11)

3. 日本製鐵將進行二氧化碳生產甘氨酸產學研究

日本製鐵、Resonac 化工公司和富山大學共同提出「利用二氧化碳衍生甲醇生產氰化氫及甘氨酸的研究與開發」，獲選為日本新能源及產業技術綜合開發機構 (NEDO) 的「碳循環利用及下一代火力發電技術開發 / 二氧化碳減排及有效利用技術開發」，專案計畫時間預計 2025 至 2027 年。甘氨酸 (Glycine) 是廣泛應用於農藥、保健食品、食品和電子材料的化學品，目前主要透過石腦油衍生的丙烯或天然氣衍生的甲醇作為中間體生產。如果能夠利用鋼鐵廠和火力發電廠排放的二氧化碳替代化石燃料來生產甲醇，將顯著減少二氧化碳排放。本專案將開發一種在低溫下合成甲醇的催化製程，建立利用鋼鐵廠和火力發電廠排放的二氧化碳生產甘氨酸的技術 (圖 1)，研發細項如下：

- (1) 二氧化碳衍生甲醇合成催化劑的改良與量產。
- (2) 開發利用甲醇生產中間體和甘氨酸的製程。
- (3) 開發利用二氧化碳衍生甲醇生產甘氨酸的最佳化整合工藝。
- (4) 適用於生產中間體和甘氨酸的二氧化碳衍生甲醇合成製程研究。
- (5) 最佳化利用二氧化碳衍生甲醇生產中間體和甘氨酸的製程。

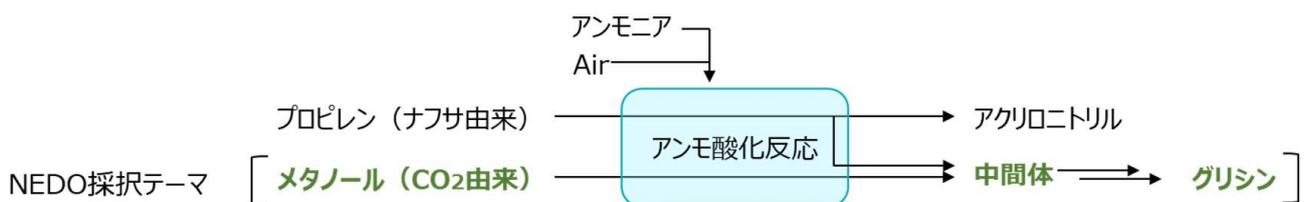


圖 1、一種利用二氧化碳產生甲醇用以製造甘氨酸的方法

(摘自：Resonac 2025-06-13)

4. JFE 開發化學循環燃燒技術生產乾淨電力與氫氣

JFE 工程株式會社與大阪燃氣株式會社合作開發化學循環燃燒技術，並獲選為新能源及產業技術綜合開發機構(NEDO)資助專案。雙方將利用化學鏈燃燒技術，從生物質、有機廢水和其他材料同時生產氫氣、電力和捕捉二氧化碳。

化學循環燃燒技術使用半導體和化學品製造過程中產生的生物質或有機廢水等燃料，並利用氧化鐵等金屬氧化物中的氧氣進行燃燒，而非空氣中的氧氣。由於燃燒廢氣中不含有空氣中的氮氣和氮氧化物，因此可以輕鬆分離和捕捉高純度二氧化碳。

此外，在與燃料反應中失去部分氧氣的金屬氧化物可以與空氣反應產生高溫熱量用於發電，生產乾淨的電力，或與生物質或有機廢水的水反應，生產乾淨的氫氣。該過程使金屬氧化物恢復到與燃料反應前的狀態，並且可以透過添加新燃料重複這一系列反應。

(摘自：JFE Steel 2025-06-27)

5. 日本於 2026 年全面實施強制性碳排放交易體系

日本經濟產業省 (METI) 宣布，2026 年 4 月起將全面實施碳排放交易體系 (ETS)，藉此推動企業減排與促進碳交易市場。標準與配額採三大原則，預計涵蓋日本八成以上排放量。

- (1) 行業基準依領先企業排放強度設定，並逐步下修年度目標。
- (2) 企業配額按近三年平均產量乘以年度基準排放強度計算，難以設定基準者則依平均排放量和減排比例調整。

(3)所有企業總配額為其所屬行業合計，並可因特殊因素調整。

首批納管石油、鋼鐵、汽車、造紙、水泥等九大高排放產業，其排放量約佔日本 60%。預計於 2025 年秋季後公佈最終標準，市場機制亦納入配額價格波動調控與仲介參與，以保障交易公平與合規。

(摘自：中國金屬協會 2025-08-12)

6. 沙鋼推動系統化減碳通過 EATNS 碳管理體系認證

沙鋼於 2024 年 8 月正式啟動碳管理系統的建立，與上海環境能源交易所、中冶建築研究總院等行業頂尖機構深度合作，透過監測、管理、減排及交易等流程，構建系統性碳管理架構，並於近期成功通過 EATNS 碳管理體系認證。

EATNS 碳管理體系是上海環境能源交易所主導的全流程碳管理標準，其依據中國全面整合「碳排放(E)、碳資產(A)、碳交易(T)、碳中和(N)」系統性碳管理標準《T/CIECCPA002-2021》嚴格評審。除沙鋼外，南京鋼鐵、中天鋼鐵及興澄特鋼等 74 家傳產企業也通過 EATNS 認證。

目前沙鋼已嚴格依據相關標準編制體系檔，將雙碳目標深度融入日常運營，制定《沙鋼鋼鐵碳達峰碳減排行動計畫》，透過目標量化、路徑細化、責任固化，推動碳管理體系合規落地、有序運行，實現碳足跡精準管控與系統化減碳目標。近年來，沙鋼透過四大核心構建綠色轉型底層能力：

- (1)透過製程革新、設備升級與資源循環利用深挖節能潛力，提高能效。
- (2)聚焦低碳冶煉核心技術研發，推動生產工藝向低碳化、綠色化加速轉型。
- (3)強化上下游合作，構建綠色供應鏈生態圈並推動全產業鏈低碳化。
- (4)加大低碳鋼鐵產品研發力度，回應市場綠色需求，拓展低碳應用場景。

(摘自：冶金信息網 2025-08-06)

7. 安賽樂米塔爾積極參與低碳排鋼標準制定

安賽樂米塔爾繼去年德國分公司成為低排放鋼鐵標準(Low Emission Steel Standard, LESS)創始成員後，宣布其位於比利時、法國、盧森堡和西班牙等國的工廠已加入 LESS。

LESS 由德國鋼鐵協會於 2024 年 5 月發布，是一項支援工業脫碳的自願性標準，為低排放鋼產品提供標準化分類方法和計算指南。由於目前低碳排鋼尚無行業定義或單一標準，因此歐洲主要鋼廠期望 LESS 能夠得到廣泛採用，最終實現歐洲低碳排鋼標準體系統一。截至目前，加入的歐洲鋼廠總產量近全歐的 45%，成員包括 ArcelorMitter、thyssenkrupp、Tata Steel、Salzgitter、Dillinger、Saarstahl 等歐洲主要鋼廠。

該標準可以比較「向製氫技術過渡的傳統高爐生產」與「利用廢鋼生產電磁鋼片」兩種生產方式的脫碳效果，目標透過市場化手段加速向氣候中和的過渡。

(摘自：鐵諾 2025-08-07)

8. 塔塔鋼鐵購買焦爐煤氣淨化技術產製氫氣

塔塔鋼鐵印度奧里薩邦(Odisha)卡林加納加爾(Kalinganagar)鋼廠耗資 930 萬美元 (約 2.74 億新台幣)，購買 PyroGenesis 子公司 Pyro Green-Gas 提供的焦爐氣體淨化解決方案和氫氣生產專案。

新設備系統可 24 小時運作，從高爐製程中提取副產氣體，經過分離、清潔和處理，產製純度達 99.999% 的氫氣。新轉化的氫可被其他製程應用，提升生產效率和環境效益。後續雙方將進一步討論其他解決方案合作，如在氫氣加工過程中消除石油污染的注水壓縮機等。

(摘自：Canadian Manufacturing 2025-07-16)

9. 蒂森克虜伯收購電解技術公司加速綠氫研發

蒂森克虜伯旗下專注於氫工程及綠氫技術的子公司 Thyssenkrupp Nucera 將收購丹麥綠氫技術公司 Green Hydrogen Systems (GHS) 的關鍵技術資產，收購內容包括 GHS 的智慧財產權及位於丹麥 Skive 的原型測試設備。GHS 的高壓鹼電解技術可透過高壓製氫並減少或免除外部加壓需求，適用於管道注氫、移動性基礎設施以及需現場壓縮氫氣的工業合成流程。該技術有望加速蒂森克虜伯的研發新一代的鹼性水電解 (AWE) 技術，並進一步鞏固其全球綠氫市場。

(摘自：中國寶武報 2025-07-29)

10. 安賽樂米塔爾投資兩項可再生能源用以鋼鐵生產

安賽樂米塔爾阿根廷子公司 ArcelorMittal Acindar 與阿根廷能源公司 Petroquímica Comodoro Rivadavia (PCR) 合作投資兩項可再生能源專案，產出的清潔能源將直接供應安賽樂米塔爾的鋼鐵生產設施，兩項專案總機容量為 310.5MW。

- (1) 聖路易斯：投資 2.1 億美元 (約 61.9 億新台幣) 於聖路易斯建設混合可再生能源園區，總占地 1,500 公頃，包括一座 25 個風力渦輪機的 112.5MW 風電場和一座 35,000 個太陽能板的 18MW 太陽能發電廠。風電專案已於 2024 年 6 月完成，太陽能專案則於近日啟動，園區最終總裝機容量為 130.5MW。
- (2) 布宜諾斯艾利斯：投資 2.5 億美元 (約 73.7 億新台幣)，在布宜諾斯艾利斯新建一個 180MW 的風電場，預計將在未來幾個月內開始建設。

(摘自：SteelOrbis 2025-07-21)

11. 德國 Salzgitter 將進行冷燒結球團礦煉鐵試驗

德國鋼鐵公司 Salzgitter AG 與英國公司 Binding Solutions Ltd (BSL)，將在高爐和直接還原鐵(DRI)廠試驗一種新的冷燒結球團礦(Cold Agglomerated Pellets, CAPs)。本測試計畫是 Salzgitter 公司「SALCOS®」低碳煉鋼專案的一部分，由 BSL 負責開發冷凝聚球團，利用特殊結合劑將各類礦粉在常溫 (冷態) 下直接聚成球團，再由 Salzgitter 投入其高爐試驗。若能取代傳統燒結礦，將可減少 80% 的能源消耗及 70% 的碳排放，以支持 SALCOS® 低排碳鋼計畫。

Salzgitter 於 2025 年 2 月初開始建造歐洲最大的綠色氫氣生產工廠之一。預計自 2026 年起每年將生產約 9,000 噸氫氣用來煉鋼，這將成為 SALCOS® 專案的關鍵里程碑。

2016 年創立的 Binding Solutions 是一家專注於金屬和礦業領域的科技公司，其所有產品和服務都以其獨有的冷燒結技術為核心，旨在幫助整個產業實現減碳、節能和廢物利用的目標。

(1) 相關專利：

(a) 專利號 11932917 【Iron ore pellets】球團礦 (美國)

(b) 申請號 20240093328 【Iron Containing Pellets】含鐵球團 (美國)

(c) 申請號 20210301370 【Binder Formulation】黏合劑配方 (美國)

(2) 專利概要：上述專利描述了一種創新的冷成型球團礦製程。該技術使用少量有機或無機黏合劑，將鐵礦石尾礦或鋼鐵廠廢料製成高強度球團。這些球團無需傳統高溫燒結，可直接用於電爐煉鋼，大幅降低成本、節省能源，並將工業廢料轉化為有價值的煉鋼原料，達到經濟與環保雙重效益。

(摘自：[SteelOrbis 2025-07-29](#)、[GMK Center 2025-07-28](#))

12. 波蘭 JSW 公司啟動 2,560 萬歐元甲烷製氫計畫

歐洲大型煤焦生產商 (Jastrzębska Spółka Węglowa, JSW) 正式啟動了「METH2GEN」計畫，主要在應對煤礦甲烷排放問題，以及利用甲烷轉換為有利用價值的氫氣。該專案的總預算為 2560 萬歐元 (約 9.1 億新台幣)，超過 2000 萬歐元 (約 7.1 億新台幣) 由公司自籌資金，該項計畫亦獲得歐盟支持。該計畫有兩大重點，第一部分為採用定向鑽井地質層脫氣技術 (LRDD)，以及利用智慧測量和控制系統來改善上下煤層的甲烷採集，烷捕捉效率高達 70%，可以大幅降低甲烷向大氣排放。第二部分是建造一座利用蒸氣甲烷重整 (SMR) 技術，將多餘甲烷轉換為氫氣，副產品會產生二氧化碳並捕捉利用於防火。目前正進行地質探勘作業，預計生產氫氣的成本遠低於電解法。

(摘自：GMK Center 2025-07-24)

1. 神戶製鋼申請合成氣製造系統專利以促進減碳

本專利 (JP 7711028) 的技術是針對「CO 與 H₂合成氣」的高效率製造系統，主要目標在於降低合成氣內 CO₂含量，以提升能效並有利於後續合成化學品的高壓反應，整體技術製程如圖 2：

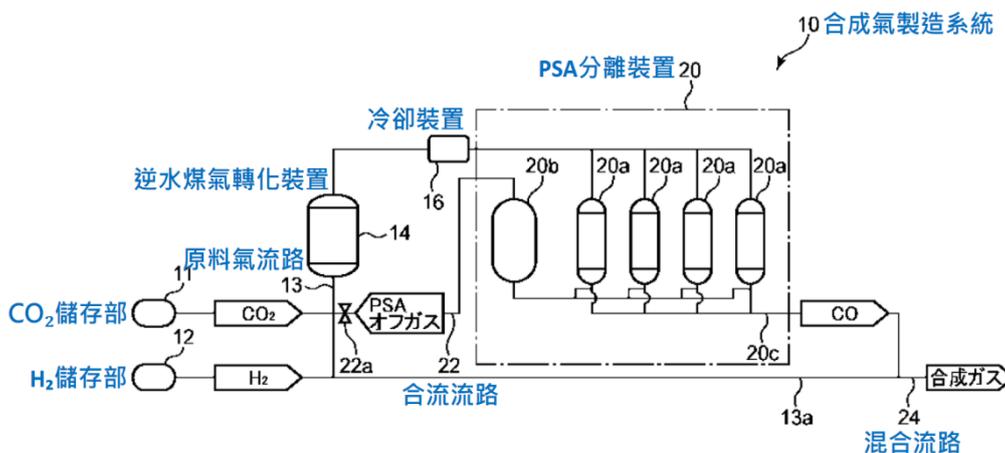


圖 2、神戶製鋼申請合成氣製造系統專利

(1)原料儲存與混合

CO₂由 CO₂儲存部(11)儲存，H₂由 H₂儲存部(12)儲存，CO₂與 H₂經原料氣流路(13)混合，調整流量送至下一裝置。

(2)逆水煤氣轉化反應

混合原料氣 (CO₂ + H₂) 進入逆水煤氣轉化裝置(14)進行逆水煤氣反應，生成 CO 與水蒸氣。反應式： $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ 。逆水煤氣轉化裝置(14)中設定的催化劑，優選能夠抑制甲烷副產物的生成，前述裝置所排出之氣體溫度為達 400 ~ 800°C。

(3)PSA 氣體分離

冷卻裝置(16)將前述含 CO 氣體冷卻，氣體進入 PSA 分離裝置(20)中，將 CO 選擇性吸附分離，PSA 尾氣集中至 20b。PSA 尾氣透過合流流路(22)，與新鮮原料氣再混合，提升 CO 回收率、減少 CO 流失。

(4)合成氣形成

分離出的高純度 CO 經由 20c 進入混合流路(24)，與 H₂儲存部(12)的氫氣按需求配比混合，得到欲供給下游用途的合成氣(CO + H₂組成可調)，合成器可包含甲醇、汽油、柴油、二甲醚等。

(摘自：日本專利 JP7711028 2025-07-22)

2. 首鋼減碳燒結技術創新與應用

「燒結」是高爐冶煉的主要原料來源，但該製程污染嚴重且能耗高，佔鋼鐵行業污染物與碳排放的最高比例。開發低汙染減碳的燒結技術，對鋼鐵業綠色轉型具有重要意義。

本研究開發出四項創新技術，相關成果已成功應用於北京首鋼 360m²燒結機。應用後，不僅燒結機料層厚度增加，燒結利用率長期維持高水準，燒結自返率顯著下降，產品品質穩定性明顯提升，燒結礦強度及 FeO 含量均有所改善。能耗與排放指標大幅改善，固體燃耗最低 43.16kg/t，蒸汽回收最高 109.42kg/t，能耗最低 38.06kgce/t；環冷機冷卻廢氣達到零排放，煙氣中 CO、顆粒物、SO₂、NO_x 排放均遠低於國家標準。

(1)高效率低能耗燒結礦生產

為取得高品質燒結礦，研究燒結過程中未完全燒結礦(又稱返礦)的潤濕特性，並開發返礦分流、延長消化時間等強化製粒技術，使混合料平均粒度提升 10.93%，燒結利用率提高 4.89%。

(2)環冷機廢氣循環利用技術

針對環冷機中低溫廢氣回收效率低、直接排放造成能量浪費的問題，開

發環冷機中低溫段廢氣全量循環利用技術。透過最佳化冷卻制度、燒結機漏風治理、燒結機和環冷機風量匹配等技術，使廢氣內外循環比例 30% 條件下，達到廢氣零排放和餘熱回收，冷卻新風用量減少 50%，餘熱回收蒸汽提升 39.10%，固體燃耗降低 0.63kg/t。

(3) 燒結煙氣再利用

為解決煙氣中 CO 濃度常高於 5000mg/m³ 的污染問題，透過 CO 催化氧化與煙氣再利用技術，研發出 CO 綜合治理方案，將 CO 轉化為 CO₂ 並實現餘熱有用化，實現燒結煙氣中 CO 減排 38.66%，脫硝用高爐煤氣消耗降 66.63%，最終外排煙氣 CO 濃度低於 2800mg/m³。

(4) 配料生產自動化

為解決燒結配料波動帶來的生產不穩，團隊開發多種自動化技術，顯著提升生產效率並推進燒結製程減碳目標。包括：智慧配料自校驗系統，讓 TFe 穩定率達 100%；機頭免停料一鍵換台車，快速換台車技術可於 5 分鐘內完成換車作業；混合機、布料倉及燒結機篦條等設備自動清理技術，大幅提升作業效率與產率。

(摘自：中國金屬協會 2025-06-04)

3. 首鋼鋼渣源頭改性、減量化及高價值應用研究

中國每年排放與堆存約 1.5 億噸的鋼渣，儘管其成分與水泥相似，但因其含有較高比例的 MgO、RO 相和 *f*-CaO，導致活性低、體積不穩定且難以研磨，綜合利用率低於 40%，造成生態污染與資源浪費。為了解決這項挑戰，首鋼透過產學研合作開發出多項關鍵技術，從源頭改善鋼渣性質，並尋求大規模與高

附加價值的新利用途徑。研究成果已獲得 35 項專利，並在中國多地成功推廣。

首先，在煉鋼環節採用「轉爐低鎂渣系高爐齡冶煉技術」，降低鋼渣中的 MgO 與 RO 相含量，使鋼渣中 MgO 平均含量降至 4% 以下，提高鋼渣活性，並減少鋼渣產生量，每噸鋼鋼渣產出量小於 80kg。接著，開發「鋼渣骨料生產技術」，改善「輥壓熱悶工藝」來穩定消除鋼渣中的 $f\text{-CaO}$ ，減少體積膨脹，並搭配「破碎+精細篩分+高效磁選+水洗」，使其替代天然石料，應用於道路建設與混凝土砌塊。最後，開發「多固廢協同膠凝材料」技術，將鋼渣與其他工業固廢(如礦渣、脫硫石膏)結合，生產出性能媲美傳統水泥的產品，較水泥熟料 CO_2 減排 90%，已廣泛應用於建築、交通等領域，累積使用面積超過 50 萬平方公尺，實現鋼渣大量資源化，大幅提高其附加價值並減少碳排放。

(摘自：中國金屬協會 2025-06-25)

4. 鞍鋼配煤技術開發和應用

鞍鋼煉焦總廠年耗煤約 1,010 萬噸，煤源複雜且優質資源稀缺，傳統配煤方法難以滿足大型高爐對焦炭品質與成本控制需求。針對此問題，鞍鋼與鞍山熱能研究院合作開發「基於功能分解的煉焦煤綜合評價與數值化配煤體系」，該技術已應用於鞍鋼煉焦總廠，並推廣至鮎魚圈、朝陽焦化廠，提升焦炭品質與成本優勢。

首先，開發煉焦煤結焦性新指標光學異性組織結構形成率 P ，利用傅立葉紅外、核磁共振、拉曼光譜與 X 射線繞射等手段找出分子與宏觀結焦性能關聯，建立性能分級方法，提升小焦爐試驗焦炭機械強度、反應性與反應後強度指標。其次，依據各煤種對焦炭性能貢獻度，對煉焦煤進行功能性多層面評估，將指標分

為三大單項指標，建立成本效益評估模型，擴大低價優質煤種應用。透過自行研發的室式筒倉聯合配煤斗槽細化分組儲配技術，對 66 個筒倉、64 個斗槽實施煤種細分與即時監測，確保送煤系統煤種單一穩定；提升中高硫肥煤配比，開發低成本提質配煤，將焦炭反應性(CRI)由 24.25%降至 22.88%、反應後強度(CSI)由 63.41%升至 66.06%，冶金焦率提高 1.5%。

(摘自：中國金屬協會 2025-07-30)

5. 柳鋼配煤配礦降本減碳技術開發

高爐煉鐵至今仍是全球鋼鐵產出的主流技術，其營運成本占鋼廠總成本的 60~70%，因此鐵水產量及成本管控為企業維持競爭力的核心要素。焦炭為高爐主要熱源，隨著大型高爐對原燃料品質和穩定性的要求提高，以及煤、礦資源日益匱乏，降低焦炭用量成為控制成本、提升生產效率和應對減碳壓力的關鍵。

廣西柳州鋼鐵透過設備升級、製程調整和智慧操作，使其 3800m³高爐在原料品質波動下依然維持高產量、低能耗。技術指標方面，塊礦比提高至 20% 以上，噴煤比達到 175kg/tFe 以上，燃料比控制在 505kg/tFe 以內。主要技術措施包括：

- (1)精細控制裝料與爐內氣流等多項參數，確保穩定高產量與運作。(圖 3)
- (2)整合礦料成本效益評估、庫存資源與配礦系統，透過分析燒結、球團、塊礦等指標，模擬高爐軟熔帶區間及煤氣流變化，在生產穩定前提下逐步提升塊礦比例，降低礦耗成本。

(3)建立智慧配煤、焦炭品質預測及多種噴煤策略，用高噴煤比以煤代焦，減少燃料消耗與碳排放。(圖4)

(4)應用雷射掃描與紅外成像等技術，確保精準布料，改善爐內氣流分佈。

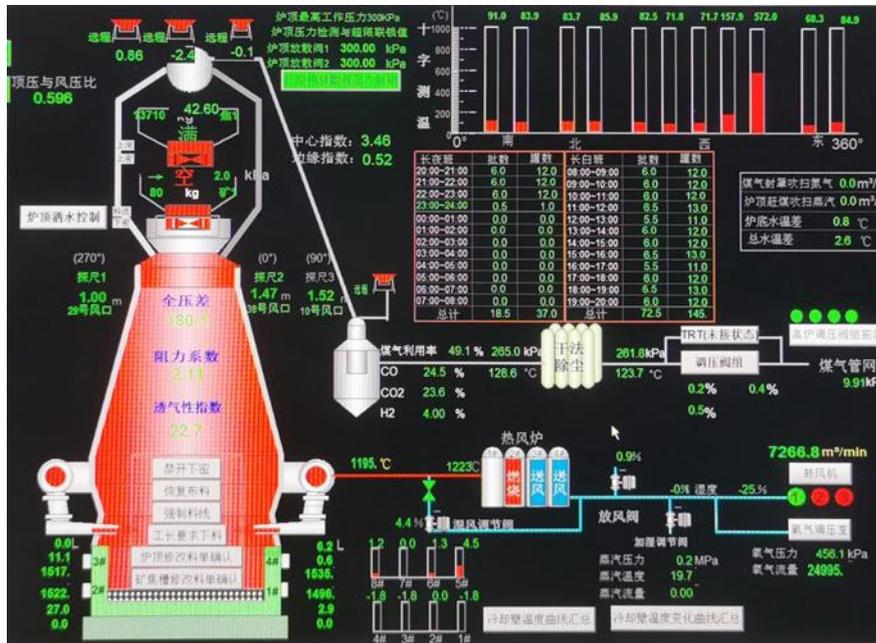


圖 3、高爐操作介面示意



圖 4、智慧配礦與配煤系統

(摘自：中國金屬協會 2025-07-30)

6. 中國全產業鏈碳素流管控技術研發與應用

隨著碳達峰與碳中和的「雙碳目標」推進，當前鋼鐵產業存在五大問題，與解決方案如下：

(1) 理論基礎缺失與方法統一

- ◆問題：缺乏對低碳化發展的本質理解，碳計算方法不統一，導致減排目標與評估不準確。
- ◆方案：提出「一流兩鏈」(製程流程、供應鏈、服務鏈)低碳化發展本質，建立統一的碳排放與碳足跡計算方法，制定產品類別規則(PCR)。

(2) 雙碳模型不足與決策支撐缺乏

- ◆問題：現有分析模型缺乏結構關聯，不能全面支撐行業與企業低碳規劃。產業、企業、產品碳排放評估分屬不同維度，面臨建模複雜、困難等問題。
- ◆方案：開發自上而下與自下而上的多維雙碳分析模型，支援戰略規劃，結合中國鋼鐵企業 3.3 億噸粗鋼產能的碳數據，制定低排碳鋼評價方法與分級標準。

(3) 產業鏈協同不足

- ◆問題：上下游與服務鏈減碳潛力不明確，缺乏跨環節碳足跡模型。
- ◆方案：建立鋼鐵製造多個新製程、供應鏈重點產業 30 個產品及服務鏈 3 個典型應用情境產品碳評估模型，實現全流程縱向延伸與材料橫向等 7 種競爭材料比較，推動產業鏈共同減碳。

(4) 設計工具不足與應用門檻高

- ◆問題：現有設計工具難以快速、真實、準確反映製程減碳能力，且非 LCA 專業人員難以使用。

- ◆方案：開發鋼鐵製造流程產品低碳設計模組化技術，支援非專業使用者；擴展至建築、家電等下游客戶綠色低碳解決方案。

(5)軟體與數據依賴進口

- ◆問題：現有軟體與數據庫主要依賴國外，成本高且存在數據安全隱患。
- ◆方案：打造國產化鋼鐵全產業鏈 EPD 平台，並建立超過 5000 條本土數據的碳足跡數據庫，保障自主可控。

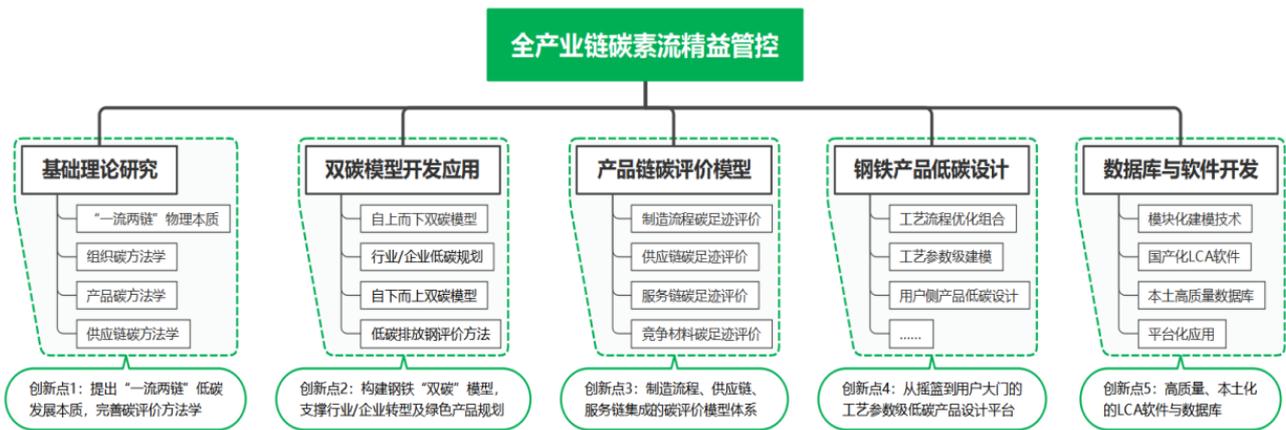


圖 5、全產業鏈碳管理技術路線

本項目建立了碳足跡方法學與數據診斷技術，填補我國低碳標準和方法的多項空白；形成了全產業鏈模型體系，有效支撐低碳技術投資與政策制定；開發了工藝參數級低碳設計工具，促進鋼鐵產品綠色化；構建了國內首個全產業鏈 EPD 平台，實現與歐洲平台互認。整體而言，本項目從「全產業鏈、全流程」角度揭示鋼鐵低碳化的物理本質，並建立完整的理論、工具、數據與平台體系。實際應用已覆蓋 40 餘家大型鋼廠，累計減碳超過 200 萬噸，創造直接經濟效益逾 5 億人民幣，獲得業界與學界高度認可。

(摘自：中國金屬協會 2025-07-01)

※高爐低碳原料應用概況

撰稿人 T41 鄭百傑

一、前言

隨著全球氣候變遷與碳中和目標的壓力日增，鋼鐵產業正積極推動低碳化轉型。在眾多減碳路徑中，雖然直接還原鐵(DRI)與電爐(EAF)的組合備受矚目，但傳統高爐在未來數十年內仍將是全球鋼鐵生產的主力。因此，探討如何透過高爐製程中的低碳原料來減少碳排放，是現階段不容忽視的關鍵策略。目前國際鋼廠在高爐低碳原料的發展主要聚焦於兩大方向：

1. 原料品質優化：

透過改善高爐主要原料(如球團礦)的生產製程，降低能耗與碳排放，並提升其在高爐中的冶煉效率，以減少焦炭用量。

2. 新興替代原料：

導入不同於傳統的高爐原料，例如直接還原鐵(HBI)或生質燃料(Biomass)，從根本上減少高爐對焦炭的依賴，甚至取代部分碳源。

以下分別介紹首鋼、Salzgitter 以及神戶製鋼等三家代表性鋼廠在上述兩大方向的具體實踐案例。

二、首鋼—聚焦球團礦製程優化

燒結礦和球團礦是高爐煉鐵的兩個主要原料，球團礦生產過程的污染物和碳排放分別比燒結製程低 60%和 30%，因此提高球團礦在高爐中的使用比例，是碳減量的方法之一。球團礦易滾動，軟熔溫度低等缺點，會提高爐況的不穩定性。

首鋼的策略著重於提升球團礦的應用比例，並優化其生產製程，以實現高爐減碳。球團礦的生產碳排放量較燒結礦低約 30%，因此增加高爐中球團礦的配比，

能有效降低高爐的碳足跡。首鋼京唐成功將大型高爐的球團礦配比提升至 50% 以上，使二氧化碳排放量減少 10%，其製程突破如下：

1. 開發鐵礦石、熔劑和添加劑耦合的球團低溫焙燒技術

解決球團礦強度、焙燒溫度、能耗相互矛盾的問題，且帶式焙燒機能耗可降低至 14kgce/t。

(1) 氫氧化鈣與磁鐵礦耦合的球團礦低溫焙燒技術

磁鐵礦加上氫氧化鈣後改善乾燥效果，快速脫除分解產生的溫度。首鋼透過使用氫氧化鈣的同時，降低生球水分、改善乾燥等措施，降低鹼性球團礦焙燒溫度，同時鹼性球團礦抗壓強度保持在 3200N/P 以上，並降低帶式焙燒機能耗。

(2) 鎂質球團和赤鐵礦球團

開發含硼物料與礦粉耦合的低溫焙燒技術。赤鐵礦球團和配加含鎂熔劑的球團焙燒溫度一般在 1280~1320°C，而添加 2% 的硼鐵礦或添加 1% 的硼泥的球團，在 1250°C 焙燒後抗壓強度能達到 2700N/P 以上，比未添加的強度更佳。

2. 建立熱風高效循環及階梯式利用系統

透過帶式焙燒機的數值模擬，分析溫度場域和熱量分佈並進行優化，將球團乾燥、預熱、焙燒、冷卻過程的熱量妥善分佈和利用。例如降低預熱前段的升溫梯度，適時提高預熱後段的溫度，及提高主引風機轉速，降低回熱風機轉速，能減少高溫熱風的帶出，降低熱量損失，焦爐煤氣消耗降低 7%。

3. 模擬氣流的分流規律

設計新型燒結台車和布風板來解決球團焙燒氣流阻損高、煤氣流分佈不均勻的問題。在製程中若有阻塞，會影響球團品質，系統的電耗難以下降。球團礦的粉末相對多，若粉末黏在布風板，阻塞影響風的分布，料層的透氣性不足會增加風機的負荷。因此透過數值模擬，新型的設備能優化透氣性。

小結：首鋼的技術路徑是透過製程創新來提升既有高爐原料的環保效益，屬於一種「漸進式」的減碳策略。這類技術投資相對較小、風險較低，能在不對高爐主體進行大規模改造的前提下，達成可觀的減碳效果，是當前許多鋼廠可行的過渡性方案。

三、Salzgitter – 探索冷燒結球團(CAP)

德國鋼廠 Salzgitter 與 Blind Solutions Ltd (BSL) 公司正在合作，測試冷燒結球團礦(CAP)在高爐及直接還原製程中的應用潛力。此計畫的目標是將 CAP 納入 Salzgitter 的 SALCOS 專案，以實現低碳煉鋼。

與傳統的熱燒結球團相比，BSL 生產的 CAP 具備顯著的低碳優勢(如表 1)，其全生命週期碳強度更低。這種球團礦無需高溫焙燒，而是透過化學鍵結與機械壓力製成，因此大幅減少了生產過程中的能耗與碳排放。

表 1、CAP 碳強度

Table 1. Quantity in the Mt of CO₂ release per Mt of pellet produced.⁶

Pellet type	Mt CO ₂ equivalent per Mt pellets
Indurated pellet	0.13–0.43
BSL CAP	0.06

來源：Sage Journals, 51(1), 43–56.

由於 CAP 既不是塊礦，也不是熱黏結球團，傳統的測試標準（如 ISO）無法產生反映潛在真實性能的數據。因此，BSL 除 ISO 外，另進行 HOSIM 非等溫測試，以更貼近高爐內複雜的氣體成分與溫度變化，來評估其還原特性。（HOSIM 測試是 Ijmuiden 鋼廠於 20 世紀 80 年代設計的，目的是更好地模擬爐料在高爐爐身下降時所經歷的氣體成分和溫度狀態）

CAP 採用化學鍵結和機械壓力方法生產，其產品尺寸比燒結球團更有規則，外觀與燒結球團相似，研究發現，所有 CAP 樣品都能最快達到 O/Fe 0.52 的比例，顯示其具有更快的還原速度。然而，進一步分析不同原料的 CAP 發現，以磁鐵礦為原料的 CAP M1、M2（如表 2）儘管初始還原速度較慢，但隨著反應進行，其速度會逐漸加快，最終與傳統硬化球團的總還原時間相當，顯示磁鐵礦 CAP 的還原效果令人滿意。實驗結果雖好，但高爐中還存在許多複雜變數，仍需要大量試驗。

此外，所有 CAP 樣品在 400°C 的惰性環境下皆出現質量損失，而傳統球團則無此現象。這表明 CAP 中的黏合劑在熱解時會產生還原性氣體，引發化學變化。這也突顯了在導入新技術時，現有測試方法仍需進行更細緻的審視與調整。

表 2、球團礦試驗代號與定義

Table 2. Reference number and description of the different pellet type samples studied.

Reference number	Description
IOP H1	Iron ore pellet – produced by induration (control sample)
BSL CAP H1	BSL Cold-Agglomerated Pellet – Hematite Source material
BSL CAP M1	BSL Cold-Agglomerated Pellet – Magnetite Source Material, Type 1
BSL CAP M2	BSL Cold-Agglomerated Pellet – Magnetite Source Material, Type 2

來源：Sage Journals, 51(1), 43–56.

小結：Salzgitter 導入 CAP 的策略代表了對高爐原料的創新性探索。如果成功應用，這將能從根本上改變球團礦的生產方式，大幅減少其碳足跡，並為高爐製程提供一種全新的低碳選擇。不過，由於這項技術尚處於測試階段，未來仍需大量實驗來驗證其在高爐內的穩定性，並建立更完善的性能測試標準。

四、神戶製鋼 – 導入新興替代碳源

神戶製鋼的中期策略與各大鋼廠相同，採多軌策略，例如高爐減碳、MIDREX 的 DRI 利用、高品級電爐製鋼、廢鋼利用等。其中的高爐減碳上，除了 COURSE50、SUPER COURSE50，另還加入了 Biomass 與 HBI 方案。

神戶製鋼大幅採用子公司 MIDREX Technologies 在生產的直接還原鐵(DRI)，並取得顯著減碳效益。兩年前，神戶製鋼宣布在大型高爐(4,844 m³)減少二氧化碳排放 25%，做法是大量採用 MIDREX 製程的 HBI，降低還原劑比例，相比傳統方法可減少碳排。

今年五月，神戶製鋼和三菱宇部水泥(Mitsubishi UBE Cement Corporation)合資，進行黑色球團(black pellets)可行性研究。利用合理砍伐樹木及伐木過程的邊角料等木材，製作出木質球團(wood pellets)，俗稱白球團(white pellets)。在特定條件下對白球團進行熱處理可製成黑色球團，其熱值與煤炭相當，有希望可以成為低碳排的替代品(圖 5)。因為樹木在生產過程中會吸收二氧化碳，因此被認為是一種碳中和的原料，在煉鋼和火力發電廠使用，有助於減少煤炭使用。也因為黑色球團是一種碳化且防水的原料，因此能夠露天儲存。



- MUCC has long year's experience in the development of black pellet manufacturing and coal co-firing technologies in Japan.
- The company has operated one of the largest black pellet manufacturing plants in Japan for a long term.

- The Kobelco Group is studying CO₂ reduction measures with a multi-track approach to achieve carbon neutrality in 2050.
- The Group considers the use of biomass as one of the prospective alternatives.



Application to
the steelmaking process



來源：Kobelco Medium-Term Management Plan

圖 5、Black pellets 合作研發

小結：神戶製鋼的策略是直接從原料替代的角度切入。HBI 的使用是技術上最直接有效的減碳方法之一，但前提是鋼廠必須能夠穩定供應高品質的 HBI。而生質燃料的研究則代表了對無化石燃料碳源的探索，若成功商業化，將為高爐製程提供一種全新的、可再生且碳中性的還原劑來源。

五、總結與展望

本次分析國際鋼廠在**高爐低碳原料**領域的三個典型案例，展示業界在減碳路徑上的多元化策略。從技術角度來看，這些方案可以分為兩個主要方向：**製程優化與原料替代**。雖然改良球團礦製程（如首鋼與 Salzgitter 的案例）能有效降低能耗與碳排放，但由於其鐵源中仍含有氧原子，若仍搭配傳統高爐製程，減碳成效將會面臨根本性的限制，因此這類措施更像是過渡性的策略。

要從根本上實現大幅度的碳減排，必須從**碳源頭**著手，例如導入無碳還原劑（如氫氣）或提高像熱壓塊鐵（HBI）這類已預先還原的鐵料用量，才能真正有效降低高爐的碳足跡。綜上所述，本次分析的重點發現可歸納為以下四點：

1. 過渡性策略與根本性解決方案並存

首鋼的球團製程優化是典型的過渡性減碳策略，能在短期內產生效益。然而，要實現更大幅度的減碳，仍需如神戶製鋼從根本上減少化石碳源(如焦炭)的用量。

2. 技術多元化與協同效應

國際鋼廠在研發上技術多元且並行。例如，神戶製鋼同時推動 HBI 與生質燃料的應用，而 Salzgitter 則將冷燒結球團納入其 SALCOS 計畫。代表未來高爐將可能使用多種低碳原料的混合，以達到最佳的經濟效益與減碳效果。

3. 新的挑戰與機會

創新原料(如 CAP、黑色球團)的引入，對現有的高爐運作模式、物料特性測試方法提出新的挑戰。未來，除了技術開發，還需要建立相應的測試標準與應用規範，才能確保這些原料的穩定性和可靠性。

4. 多元路徑的發展趨勢

值得注意的是，國際鋼廠的減碳布局並非僅限於高爐低碳轉型，普遍採取「多軌並行」的策略。許多領先企業正投入大量資源，同步開發和推動其他如電爐、直接還原鐵等非高爐煉鐵製程。這些多元化的技術路徑，顯示出鋼鐵產業正朝向全面的低碳化未來邁進，不再單純依賴傳統高爐製程，而是積極尋求多樣化的解決方案來應對氣候變遷的挑戰。

六、參考資料：

- 1.大型球團帶式焙燒機低能耗低碳排放運行技術研究，2024/06
- 2.首鋼京唐低碳清潔高效煉鐵技術成果，2021/10
- 3.首鋼股份 3 號高爐高球團礦配比冶煉試驗，2022/05
- 4.Salzgitter and BSL Partnering for Cold Agglomerated Pellet Technology，2025/07

5. Joyce, R., Bennett, M., Kirton, K., & Larkman, D. (2024). Reduction Characteristics of Cold-Agglomerated Pellets in Blast Furnace Conditions. *Sage Journals*, 51(1), 43–56. · 2024/01
6. Kobelco Group' s CO₂ Reduction Solution for Blast Furnace Ironmaking Enhanced · 2023/10
7. Kobe Steel and Mitsubishi UBE Cement to start black pellet joint venture feasibility study · 2025/05
8. Progress on the Kobelco Group Medium-Term Management Plan (Fiscal 2024–2026) · 2025/05