



國際鋼廠減碳發展趨勢

- | | |
|------------------------------|---|
| 1. 通往綠色鋼鐵的途徑 | 1 |
| 2. SSAB 無化石鋼近期發展動態 | 2 |
| 3. 蒂森克虜伯簽約碳捕集項目推動水泥綠色轉型 | 3 |
| 4. 安賽樂米塔爾法國濱海福斯廠啟用 LF 爐 | 3 |
| 5. JOGMEC 建立海外 CCS 價值鏈的可行性研究 | 4 |
| 6. 寶鋼低碳鋼鐵技術策劃及開發 | 4 |

技術/生產資訊

- | | |
|----------------------------|----|
| 1. 現代製鐵預計執行高爐煤氣注入研究 | 8 |
| 2. 寶武集團八鋼與馬鋼高爐減碳技術應用實績 | 8 |
| 3. 鞍鋼鮫魚圈焦爐煤氣製 LNG 聯產氫氣項目投產 | 10 |
| 4. 鞍鋼獨家供貨海上碳捕集及存儲業務船舶 | 10 |
| 5. 土耳其 Erdemir 公司成功向高爐注入氫氣 | 11 |

電爐技術進展

1. SSAB 擬建全球同類設備中功率領先的電爐 12
 2. 日本製鐵與日本不鏽鋼藉政府支持轉型電爐煉鋼 12
-

技術專欄

- ※鋼廠自產 DRI 建廠規劃與發展趨勢 13
-

1. 通往綠色鋼鐵的途徑

SMS Group 和 Midrex 合作，針對鋼鐵業的綠色轉型提出三種技術路徑：綠地專案 (Greenfield)、棕地專案 (Brownfield) 和現有高爐升級。

(1) 綠地專案 Greenfield Case : H2 Green Steel (現已更名為 Stegra)

瑞典 Boden 的 H2 Green Steel 專案結合 100%綠氫與電弧爐(EAF)，完全依賴再生能源供電，係世界首座以氫為基礎的大型製鋼廠，計劃於 2025 年投產，並在 2026 年達 250 萬噸綠鋼年產能，碳排將比傳統鋼廠減少 95%，專案重點為透過直接還原 (DRI) 技術實現碳中和。SMS Group 和 Midrex 將提供完整的技術支持，包括 MIDREX H2™裝置和先進的 CSP® Nexus 軋鋼技術，以生產先進高強度鋼和汽車鋼材。

(2) 棕地專案 Brownfield Case : 蒂森克虜伯

蒂森克虜伯推動現有廠區轉型，包含在德國杜伊斯堡引入 MIDREX®技術和 OBF(ESF 電熔爐)替代傳統高爐。這套技術能將現有的天然氣逐步替換為氫氣，預計到 2030 年可減少 600 萬噸 CO₂ 排放，達到 30%以上的減排效果，最終目標是 2045 年實現碳中和。OBF 的設計可處理各種低品位鐵礦石，並允許廢料的再利用，適合改造現有設備。

(3) Brownfield Case : EASyMelt 技術

SMS Group 開發的 EASyMelt 技術針對傳統高爐的升級，這是電輔助合成氣熔煉技術，可靈活使用 COG (焦爐煤氣)、天然氣 (NG)、氫 (H₂) 及氨氣 (NH₃) 作為還原劑。透過部分電氣化和燃氣注入，EASyMelt 能減少高達 60%的排放，並可輕鬆融入現有設施中。與其他低碳技術相比，相較其他低碳煉鐵技術資本支出更低，適合分階段實施，並且能夠保持高爐穩定運行。

綜合來看 SMS Group 和 Midrex 的合作強調直接還原技術和電弧爐的靈活應用，從新建設施到現有工廠升級，都能有效推動鋼鐵業減碳轉型，並且展示使用綠氫和再生能源的可行性。

(摘自：[Midrex 2024-09-25](#))

2. SSAB 無化石鋼近期發展動態

SSAB 公司近期與多家歐洲企業簽署合作協議，積極推動無化石鋼在各行業的應用，展現其在可持續發展方面的領先地位。

- (1) 電纜、傢俱、鐵路等行業的合作：SSAB 與 Meka (芬蘭電纜支架生產企業)、Framery、阿爾斯通 (總部位於法國的 Alstom 跨國企業，是全球軌道交通設備製造商) 等企業合作，將無化石鋼應用於電纜管理系統、工作隔間、鐵路機車等產品，大幅降低產品碳足跡。

Framery 是芬蘭一家專門生產工作隔間的企業，計畫從 2026 年開始使用 SSAB 的無化石鋼生產隔音工作隔間。其生產的工作隔間材料由膠合板轉向鋼材，材料使用量可以減少 23%，碳排放平均減少 16%。

- (2) 汽車產業的合作：與 Trelleborg 的合作，將無化石鋼應用於電動汽車剎車系統，滿足汽車產業對低碳零部件日益增長的需求。Trelleborg 集團是瑞典一家專精於聚合物與橡膠的跨國企業，SSAB 提供的無化石鋼將用於製造剎片墊片，墊片是用於消除制動噪音的重要零件。

- (3) 建設專門實驗室：SSAB 在芬蘭 Raahe 廠建設新的實驗室，配備先進的檢測設備，為無化石鋼的研發和生產提供強有力的支持。如在開發實驗室安裝一台衝擊錘，可以對材料試樣進行衝擊斷裂試驗。配置拉拔機疲勞試驗機，拉拔機的基礎一直打到岩石層，該設備與建築結構分離，檢測時不會與建築物產生共振。實驗室建設的全自動光譜實驗室分析的總量可以達到約 24 萬個樣本，可進行約 440 萬次檢測。

(摘自：[鐵諾信息網 2024-09-30](#))

3. 蒂森克虜伯簽約碳捕集項目 推動水泥綠色轉型

蒂森克虜伯與國際水泥和建材商泰坦集團(TITAN)在雅典正式簽約 IFESTOS 碳捕集計畫 (IFESTOS Carbon Capture Project)，將為泰坦集團的水泥廠鍋爐裝設富氧燃燒系統清除碳排，生產無碳水泥、混凝土。

IFESTOS 碳捕集計畫堪稱歐洲其中一個規模最大的碳捕集項目，其富氧燃燒技術在燃燒過程中使用純氧而非空氣，這可有效降低排煙進而減少包含二氧化碳在內的污染物進入大氣，並將富氧燃燒技術進一步與其他製程整合，水泥製造過程產生的全部二氧化碳幾乎都能被捕集。

希臘的卡馬利 (Kamari) 水泥廠，每年可捕集 190 萬噸二氧化碳，二氧化碳將被液化並運送到地中海地區的專用儲存設施，預計 2029 年底時可完全營運。

而台泥亦於 2024 年與蒂森克虜伯子公司 tkPOL 簽定 MOU，共同開發新世代純氧碳捕獲技術，藉由在水泥煅燒過程加入純氧，要把製程中捕獲的二氧化碳濃度提升至 90%以上，預計 2026 年完工，目標 2030 年前掌握商轉核心技術，二氧化碳捕獲量達每年 10 萬噸。目前全球已有約 1/3 的水泥廠安裝蒂森克虜伯的設備或採用相關服務。

(摘自：[Thyssenkrupp 2024-10-09](#)、[Yahoo 2024-10-11](#)、[China Times 2024-02-01](#))

4. 安賽樂米塔爾法國濱海福斯廠啟用 LF 爐

安賽樂米塔爾法國濱海福斯 (Fos-sur-Mer) 廠已啟用盛鋼桶精煉爐 (Ladle Furnace, LF)，該設施可做為加熱站，使廢鋼使用比例提升為先前的 5 倍，為該廠在 2025 年前減少 10%的鐵礦石使用量。

新設施投資額為 7600 萬歐元 (約 26.71 億新台幣)，其中 1500 萬歐元 (約 5.27 億新台幣) 由法國政府補貼，並於 2024 年第 1 季建設完成。該設施包括 2 座 LF 爐，各可容納超過 330 噸的鋼液，並由 3 個電極加熱，可減少約 10% 的碳排放。

(摘自：[全球鋼訊網 2024-10-17](#))

5. JOGMEC 建立海外 CCS 價值鏈的可行性研究

日本金屬與能源安全組織 (JOGMEC) 推出「先進 CCS 工程設計專案」，並由三菱商事株式會社、ENEOS 公司、JX Oil Exploration、馬來西亞國家石油公司 (Petroliaam Nasional Berhad) 接受委託，針對東京灣地區數個行業進行研究，將排放的二氧化碳進行分離捕捉、液化、運輸和儲存，估算成本及考量儲存的地點。

此地區每年捕捉二氧化碳預計為 300 萬噸，未來將持續驗證，目標是每年回收約 600 萬噸二氧化碳。JFE、Cosmo Oil、Nippon Shokubai 三家公司後續也加入這項研究，這 7 家公司將利用其專業知識建立價值鏈並驗證相關技術，期望於 2026 財年完成最終投資決定，並於 2030 財年開始封存 CO₂。

(摘自：[JFE 2024-09-30](#)、[Mitsubishi 2024-03-01](#))

6. 寶鋼低碳鋼鐵技術策劃及開發

《寶鋼低碳鋼鐵技術策劃及開發》(寶鋼股份中央研究院的報告)介紹寶鋼股份在實現雙碳目標方面的戰略規劃、技術路線、產品開發和應用情況。主要內容如下：

(1) 減碳技術路線

- ✓ 廢鋼+電爐：寶武集團計畫 2030 年前擴大電爐鋼產量到 600 萬噸以上。以廢鋼為主要原料、電力為主要能源的電爐煉鋼可大幅減少碳排放，是鋼鐵行業降碳重要途徑。

- ✓ 高爐/轉爐+廢鋼：利用現有高轉爐設施，通過大量加入廢鋼、直接還原鐵等替代鐵礦石實現減碳，可滿足部分使用者對低碳產品的需求。
- ✓ 氫基豎爐+電爐：湛江鋼鐵的氫基豎爐工程於 2023 年底投產，配套電爐項目 2025 年投產。氫基豎爐以氫替代碳還原劑，可能實現近零碳排放。
- ✓ 富氫碳循環高爐+CCUS：該技術在八一鋼鐵 400m³高爐完成試驗，採用富氫還原劑，預期減碳大於 30%，結合 CCUS 技術理論上可近零碳排。

(2) 綠色低碳產品

- ✓ 寶鋼開發多種綠色低碳產品，包括新能源車整體解決方案、電磁鋼片、建築用材等，並發佈汽車板超低碳排放零件和淨零碳路徑。
- ✓ 產品基於 2020 年碳足跡有不同減碳比例，涵蓋多種鋼種，部分產品可小批量供應。

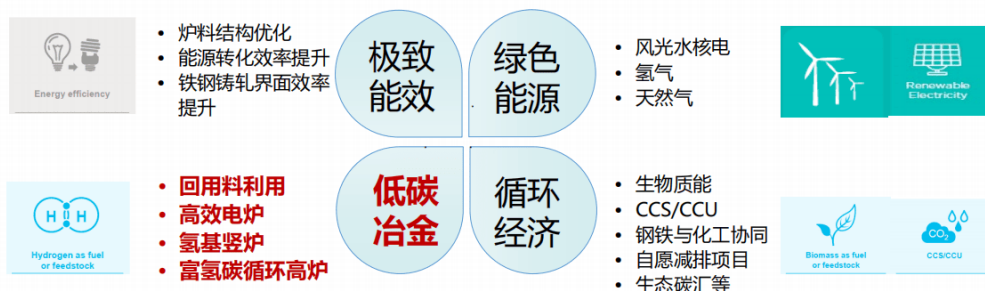
(3) 技術挑戰與合作需求

- ✓ 低碳技術面臨成本挑戰，如清潔電力、電解氫、直接還原鐵技術使鋼鐵成本上升。
- ✓ 低碳鋼鐵冶金技術和產品開發應用需解決回用料管理、綠電管理等大量標準和規範問題，寶鋼希望開展全產業鏈深度合作。

战略实施路径

中国汽车产业链低碳行动计划研讨会 BAOWU

- 公司通过极致能效、绿色能源、低碳冶金、循环经济等方面的战略举措，2035年力争实现运营过程碳排放量降低30%（较2020年）。

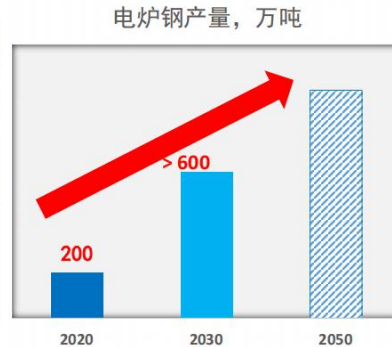


國際鋼廠減碳發展趨勢

減碳技術路線1：廢鋼+電爐

中國汽車產業鏈降碳行動計劃研討會 

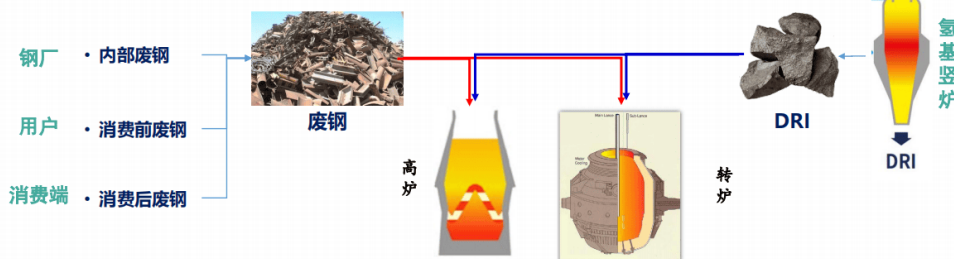
- 以廢鋼為主要原料，以電力為主要能源，生產鋼鐵產品，可大幅減少鋼鐵生產過程中的CO₂排放（50%以上），是鋼鐵行業降碳的重要途徑之一
- ✓ 寶武集團計劃2030年前，擴大電爐鋼產量到600萬噸以上



減碳技術路線2：高爐/轉爐+廢鋼

中國汽車產業鏈降碳行動計劃研討會 

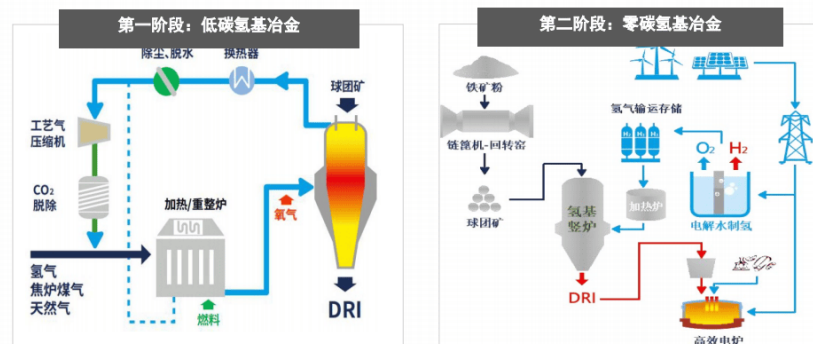
- 利用現有高轉爐設施，通過大量加入廢鋼、直接還原鐵等部分替代鐵礦石，實現減碳，可滿足部分用戶當前對低碳排放產品的迫切需求，且所能供應品種與傳統流程基本相同。
- ✓ 高爐/轉爐體系加廢鋼的生產，未來也可通過高爐中添加直接還原鐵，供應低碳產品



減碳技術路線3：H2基豎爐+電爐

中國汽車產業鏈降碳行動計劃研討會 

- H₂基豎爐是以氫氣替代碳還原劑，將鐵礦石還原為鐵，並通過使用清潔能源制取綠氫，可能實現鋼鐵生產的近零碳排放（降碳70%以上）。
- ✓ 湛江鋼鐵投資19億元的零碳示范工廠的百萬噸級H₂基豎爐工程開工建設，預計2023年底投產
- ✓ 配套新建電爐項目籌備中，計劃2025年投產，構建低碳（零碳）專業化生產線



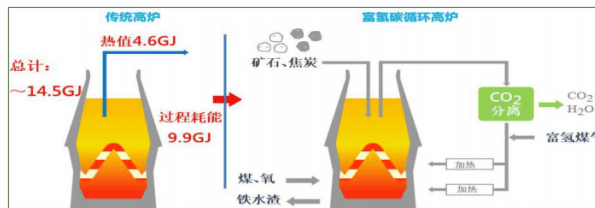
國際鋼廠減碳發展趨勢

減碳技術路線4：富氫碳循環高爐+CCUS 中國汽車產業鏈降碳行動計劃研討會

➢ 在寶武集團八一鋼鐵400m³高爐完成二階段工業試驗，並正在開展最後階段的全工藝驗證工業試驗

富氫碳循環高爐技術應用

- ✓ 爐頂氣體分離CO₂+循環利用CO
- ✓ 採用富氫還原劑，預期可實現減碳大於30%



CCUS

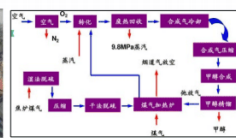
- ✓ 二氧化碳捕集、利用與封存技術 (Carbon Capture, Utilization and Storage)，理論上可以達到近零碳



日本：CCS (CO₂捕獲封存) 技術



德國“Carbon2Chem”項目，利用鋼廠燃氣生產化工產品



寶鋼：冶金與煤化工耦合工藝

綠色低碳產品標

中國汽車產業鏈降碳行動計劃研討會 

BeyondECO - XX%



寶鋼股份綠色低碳產品
綜合解決方案

基於寶鋼2020年產品碳足跡
噸鋼減碳比例

2022
BeyondECO-60%

- 100% Scrap EAF process
- 100% Renewable Electricity
- LCA reports according to ISO 14025
- Auto sheet steel, TS ≤ 780Mpa
- Small batch supply

2023
BeyondECO-30%

- BF-BOF (30% Scrap)
- 100% Renewable Electricity
- LCA reports according to ISO 14025
- All steel grades covered

2025
BeyondECO-50~80%

- DRI-EAF
- Grey/green Hydrogen
- LCA reports
- 1800 k tones/a
- Most steel grades covered

2030
BeyondECO

- HyCROF
- All steel grades covered

綠色低碳產品系列

中國汽車產業鏈降碳行動計劃研討會 

BeyondECO + 產品品牌



汽車鋼



電工鋼



光伏支架用鋼

(摘自： [搜狐網](http://www.sohu.com) 2024-10-07、[鐵諾信息網](http://www.znxx.com) 2024-10-03)

1. 現代製鐵預計執行高爐煤氣注入研究

現代製鐵在韓國當津廠委託 Primetals Technologies 進行高爐氣體注入研究，分為兩個階段。第一階段評估注入含氫氣體對生產穩定性和碳減排的影響，並測試 Sequence Impulse Process (SIP) 技術，第二階段將探討技術佈局和成本。

該研究將協助現代製鐵制定碳中和目標的長期技術路線圖，用替代氣體噴射取代部分傳統的含碳燃料減少碳排放，同時降低每噸鐵水的成本並提高產能。

(摘自：[Primetals Technologies 2024-10-03](#))

2. 寶武集團八鋼與馬鋼高爐減碳技術應用實績

寶鋼首套高爐流程低碳冶金商業化示範線-八鋼 2500m³高爐 (HyCROF)，脫碳煤氣量已達成 19.5 萬 m³/h 的供應能力。

八鋼 2500m³高爐 (HyCROF) 商業示範線主要由兩部分組成，即高爐本體和脫碳區域，去年 10 月開始試生產後，技術人員發現其實際脫碳能力與原設計指標存在差距，將影響 HyCROF 商業示範線的生產運行及技術推廣。八鋼技術團隊從工藝和操作兩個方向展開研究以提升煤氣脫碳能力，今年九月份，脫碳系統實現作業率 100%，現已達 19.5 萬 m³/h 脫碳煤氣量的供應能力，且脫碳煤氣中二氧化碳含量已穩定控制在 3% 以下。

與傳統高爐相比，具備低碳優勢的 HyCROF 商業示範線還需在鐵水成本控制上繼續尋求突破，特別在八鋼當前產量不飽合、原燃料品質不高的情況下，如何確保爐況穩定以及鐵水成本進一步降低，將是八鋼 HyCROF 技術團隊當前著力探索的重要課題。

寶武第一套高爐全煤氣精脫硫專案-馬鋼煉鐵總廠 1 號高爐煤氣精脫硫項目順利投運，已實現連續穩定運行半年，各項數據均達到設計指標。

馬鋼該項目採用寶武集團寶武水務公司 BW-DHA 高爐煤氣精脫硫技術，BW-DHA 是寶武水務自主研發、具有智慧財產權的高爐煤氣精脫硫源頭治理技術，具備高效率、低能耗、長壽命三大特徵。同時，該公司研發的“煤氣調質”“高活性抗毒水解劑”“熱量循環回收”“動態控溫”“智慧運行”等五大核心技術也提升煤氣的品質，優化於發電、加熱等環節之應用，提高能源利用效率。其中，煤氣調質技術能有效去除高爐煤氣中的有害物質，延長水解劑的使用壽命，穩定 TRT（爐頂壓發電機裝置）出口煤氣溫度。

BW-DHA 高爐煤氣精脫硫技術在馬鋼 1 號高爐的示範性實驗成效良好，證明高爐煤氣源頭治理的可行性。據悉，採用高效煤氣換熱技術實現煤氣熱量回收，可節約蒸汽消耗 50%以上。

說明：BW-DHA 高爐煤氣精脫硫技術

BW-DHA 是寶武集團自主研發的一項高爐煤氣精脫硫技術，全稱為“寶武水務高爐煤氣源頭治理核心技術”，旨在降低高爐煤氣中的硫含量，減少對環境的污染，提高煤氣的利用價值。

技術特點

高效率：BW-DHA 技術能夠高效去除高爐煤氣中的硫化物，達到很高的脫硫效率。

低能耗：相比傳統技術，BW-DHA 技術能耗較低，運行成本更低。

長壽命：技術穩定性好，設備使用壽命長，減少維護和更換的頻率。

環保：能夠有效減少硫氧化物等污染物的排放，符合環保要求。

（摘自：[鐵諾信息網 2024-10-14](#)、[中國鋼鐵新聞網 2024-10-12](#)）

3. 鞍鋼鮫魚圈焦爐煤氣製 LNG 聯產氫氣項目投產

鞍鋼股份鮫魚圈焦爐煤氣製 LNG (液化天然氣) 聯產氫氣專案正式投產，該專案係鞍鋼股份旗下的鞍鋼中集新能源公司投資建設。

作為新能源示範性項目，該專案為全自動化生產，通過分離提純焦爐煤氣製取高純度氫氣和 LNG，實現高附加值利用，每年可生產氫氣 2400 萬立方米、LNG12.5 萬噸，氫氣用於氫冶煉、氫燃料電池車等，LNG 可以替代柴油及工業燃煤，將滿足鋼廠及周邊客戶對清潔能源的需求。由於焦爐煤氣製氫相較於傳統天然氣製氫、煤製氫碳減排分別達到 88%、95%以上，專案每年預計減排 47 萬噸二氧化碳、174 噸二氧化硫、1344 噸氮氧化物。

(摘自：[鞍鋼日報 2024-10-09](#))

4. 鞍鋼獨家供貨海上碳捕集及存儲業務船舶

由鞍鋼獨家供貨的海上碳捕集及存儲業務船舶-「北極光先鋒」輪在大連順利完成首次出海試航，其採用鞍鋼生產的 690 兆帕級低溫高強鋼，由大連船舶重工集團公司設計，是全球首製 7500 立方米液態二氧化碳運輸船，將成為全球首批服務於海上二氧化碳運輸與碳捕集及存儲業務的船舶之一。

「北極光先鋒」輪的鋼材不僅要具有超高強度、超低溫韌性的性能，更要滿足國際上首次提出的零下 35 攝氏度抗開裂性能指標。鞍鋼股份中厚板事業部解決超高強度、超低溫韌性鋼的碳當量、屈強比、抗開裂性等 6 項技術難題，生產出全球首批 690 兆帕級低溫高強鋼，填補液態二氧化碳存儲材料領域之空白。

(摘自：[鞍鋼日報 2024-09-24](#))

5. 土耳其 Erdemir 公司成功向高爐注入氫氣

10 月 17-18 日，土耳其 OYAK 礦業冶金集團的子公司 Erdemir 與 Erdemir 工程公司和林德公司合作，成功完成 1 號高爐噴氫試驗，成為少數幾家成功進行高爐注氫試驗的公司之一。

此次試驗所用氫氣來自林德公司提供的約 2.2 噸液氫，和 Erdemir 冷軋廠的氫氣設施提供的部分液氫。試驗人員將氫氣從 4 個風口噴入高爐，流速為 $250\text{Nm}^3/\text{h}$ ，最終達到 $2000\text{Nm}^3/\text{h}$ 。在試驗期間，每噸鐵水噴入 0.6kg 氫氣，之後增加到 1kg。研究表明，理論上生產每噸鐵水可以噴入 28kg 的氫氣，可能將高爐煉鐵過程的二氧化碳排放量減少 15%-16%。

OYAK 集團的目標是到 2050 年實現碳中和，該公司已公佈 32 億美元（約 1027 億新台幣）的轉型計畫，並計畫在 2030 年年底前逐步實施。Erdemir 是土耳其的板材生產商，每年可生產約 380 萬噸粗鋼和 500 萬噸鋼材。

說明：林德集團

林德集團總部位於德國慕尼黑，是一家工業氣體和工程公司，其土耳其林德公司的主要業務如下：

- 工業氣體：氧氣、氮氣、氫氣等基礎工業氣體，以及特殊氣體混合物，廣泛應用於冶金、化工、電子等領域。
- 工程：提供大型工業氣體工程的設計、建造和維護服務，包括空分裝置、管道系統等。
- 醫療保健：為醫療機構提供醫用氧氣、笑氣等醫療氣體，以及相關的醫療設備和技術服務。
- 電子行業：為半導體等電子行業提供高純度氣體。

（摘自：[My Steel 2024-10-23](#)、[鐵諾 2024-10-29](#)）

1. SSAB 擬建全球同類設備中功率領先的電爐

SSAB 為其瑞典烏克瑟勒松德 (Oxelösund) 生產基地向西馬克訂購 1 台新電爐，其上爐殼直徑達到 9.3 米，是全球同類應用中最大的裝置之一；設計功率為 280MVA (兆瓦特)，在全球同類設備中功率領先。

新電爐的設計使廢鋼和直接還原鐵 (DRI) 的裝料比例從 0 到 100% 不等，可以在使用不同原料的情況下保持相同的生產率，也可以平衡機械和電氣設計。設備囊括自動渣門、鐵合金添加、爐渣檢測和廢氣分析等解決方案，爐子可自動控制。

專案還包含建設一套新型數位化廢鋼物流系統，以對廢鋼供應進行追蹤和調度，確保在正確的時間以正確的數量提供正確類型的材料。此外，還有資料倉庫解決方案、資料分析及電爐物理資產的數位孿生系統。這些數位化工具可以幫助 SSAB 更好地規劃和執行鋼鐵生產計畫和維護活動，更高效地生產特定產品。

(摘自：[中國鋼鐵新聞網 2024-10-11](#))

2. 日本製鐵與日本不鏽鋼藉政府支持轉型電爐煉鋼

日本製鐵(NSC)和日本製鐵不鏽鋼株式會社(NSSC)將基於綠色轉型(GX, Green Transformation) 推廣，申請政府支持的法案，瞄準三項新技術：氫氣注入高爐、氫氣直接還原鐵、大型電爐生產高品級鋼。

日本製鐵自 2022 年起，於瀨戶內工廠廣畑地區進行電爐的營運，自 2023 年 5 月起，開始全面研究轉用電爐煉鋼，以實現 2030 年脫碳目標。藉由申請政府的補助政策，決定將九州八幡地區的高爐改為大型電爐製程、擴建瀨戶內廣畑地區的電爐、恢復 NSSC 山口工廠的電爐運轉。

雖然從 BF 製程轉換為 EAF 製程具有顯著的二氧化碳減排效果，但預計會產生巨大的資本支出以及生產成本 (包括原材料和電力成本)。但為了創造和擴大綠色鋼鐵市場，評估二氧化碳減排效果後，需要盡快落實監控和制度等措施。

(摘自：[Nippon Steel 2024-10-11](#))

鋼廠自產 DRI 建廠規劃與發展趨勢

撰稿人 T41 鄭百傑管理師

為滿足低碳趨勢，世界上許多主要鋼廠，已紛紛投入開發低碳轉型技術。研發重點的低碳製程，意在使高爐、電爐，或是其他小規模試驗流程，都盡可能減少使用含碳的還原劑，DRI 因其製程碳排放量極低（如配合綠氫將更低）成為鋼廠減碳的重要道路之一。其製程中的所有碳源，除了使用的還原劑，包含供給能源是否為綠能等，都是考量的重點。能源的議題格局較大，由整個國家進行整體規劃（如：歐盟組織），不但利於企業執行，亦可使國家產業朝相同方向前進。

DRI 按照還原劑的種類不同，可分為氣基直接還原和煤基直接還原，目前全球以氣基直接還原為主流，產量比例約為 7:3。氣基還原使用的氣體，可以是天然氣、氫氣、COG 等。當前實際生產作業中有近八成以天然氣為還原劑，煤基則因其碳排放量而相較弱勢。

本次彙整八間國際鋼廠對於 DRI 發展的規劃如表一所示，主要傾向以自建工廠的形式，或與其他企業合資建廠，約 1~3 年間將擁有自己的料源，鮮有著墨投資外廠部份。在技術面以 MIDREX、ENERGIRON 技術為主導，工廠規模主要落於 2~3.5 Mtpa（每年百萬噸）。

大部分鋼廠採用天然氣為主的還原氣體，並以 100%氫氣為目標，另有少數北歐新創公司（如 HYBRIT Development AB、Stegra），現以 100%氫氣為研發重點。以下按鋼廠所在區域，分別介紹各鋼廠之規劃重點與發展趨勢。

一、日韓綠色能源與鋼廠 DRI 規劃

日本新能源產業技術綜合開發機構（NEDO）提出了數項專案，包含降低離岸風力發電的成本、大規模氫供應鏈建立、再生能源電解製氫等。然就目前釋出資料而言僅為零星案例，例如開發海上風電批量生產的基礎結構、分散式能源緩解電網壅塞等；尚未獲悉有巨大進展，仍有努力的空間。

依據歐洲環境與能源智庫 EMBER 數據統計，2023 年韓國有 62% 電力依賴化石燃料，是世界前幾名，最大的單一低碳來源為核能，風能和太陽能落後於全球平均值。政府雖然有進行幾項再生能源計畫，但**依當前數據，如果不加強再生能源的比例，未來就有可能會輸給競爭對手。**

1. 神戶製鋼

神戶製鋼子公司 MIDREX Technologies, Inc. 開發並擁有 MIDREX 製程，主要技術，分為 MIDREX FLEX[®]、MIDREX H₂[™]、MxCoL[®]。除了 MIDREX 技術已提供給許多鋼廠使用，神戶製鋼自己也有開發案進行中：神戶製鋼、三井物產株式會社與 Oman 國家經濟特區自由區域 (OPAZ) 合作，將在 Oman 港口生產和銷售 DRI。Oman 位於阿拉伯半島東南沿海，是天然氣豐富的地區，將使用 MIDREX 技術，初步目標為生產 500 萬噸/年 DRI，並考慮使用氫氣與 CCUS。

2. JFE

JFE Steel、阿聯酋鋼鐵公司、日本伊藤忠商事株式會社，三間公司於 2022 年簽署協議，共同建立低排放綠色煉鐵技術。目前 JFE 既有的電爐使用廢鋼冶煉，產出的產品品質較為一般。因此 JFE 計畫將阿聯酋鋼鐵的鐵礦石，利用再生能源或綠氫生產 DRI，再進口至日本倉敷的新型電爐，製作高品質鋼鐵，並降低排碳量。

3. Nippon Steel 日本製鐵

Tenova 向日本製鐵提供 ENERGIRON[®] 技術的實驗級直接還原裝置，此裝置能使用氫氣作為還原氣體，以及組成任意比例的不同氣體。2024 年宣布將建置小型豎爐 (10 噸規模) 於日本製鐵波崎 (Hasaki) 研發中心，並於 2025 年開始實驗。

4. POSCO 浦項鋼鐵

早期 POSCO 與 Primetals 共同開發 FINEX 技術，為流體化床技術。目前 POSCO 有兩座 FINEX 生產 DRI，在此基礎上，POSCO 繼續研發 HyREX 技術，採用更成熟的流體化床反應器，並往 100% 氫氣還原方向努力。

HyREX 的流體化床，有多個開口分配版，可使原料均勻地流入，在特定的條件下，還原氣體使固體像流體般漂浮，使細礦顆粒均勻。因此這種特性能使用細鐵礦石，無需進行額外造粒。POSCO 計畫於 2027 年完成年產能 30 萬噸的 HyREX 氫試驗工廠，目標是到 2030 年完成製程商業化，2050 年將浦項廠與光陽廠全部轉為 HyREX。

二、歐洲綠色能源與鋼廠 DRI 規劃

2023 年為歐洲再生能源里程碑的一年，依據 EMBER 數據調查，歐盟二氧化碳的排放量創下歷史新低，化石燃料發電量下降 19%。按歐盟官方市場報告，2024 年第一季發電量有 46% 由再生能源發電，太陽能 and 風能發電提升 11%。

歐盟近期批准第三個歐洲共同利益重要專案 (IPCEI) - IPCEI Hy2Infra，包含大型電解槽、佈署氫氣管線、開發儲氫設施與氫運輸船，該計畫係 IPCEI Hy2Tech (重點為最終用戶開發氫技術) 與 Hy2Use (重點在於工業領域的氫應用)，前兩個已核准專案之補充。

目前觀察到歐洲主要鋼廠發佈的訊息，偏屬各自建立自有的能源，但若歐盟的資金與政策的便利性足夠，將能整體帶動各鋼廠朝著同一個方向聚集。

1. ArcelorMittal 安賽樂米塔爾

ArcelorMittal 在不同國家都有設立 DRI 工廠的計畫，包含加拿大 Dofasco 工廠、西班牙 Gijón 工廠、德國 Bremen 和 Eisenhuttenstadt 工廠、德國 Hamburg 工廠、法國 Dunkirk 和 For-sur-mer 工廠、比利時 Gent 工廠。各地區的進度、產量與策略不盡相同。其中，ArcelorMittal Bremen 正在與德國風能開發商合作，在工廠設立風電廠，預計建造 10 台風力渦輪機，總輸出功率為 72MW，並可用於鋼鐵生產。

2. Thyssenkrupp 蒂森克魯伯

Thyssenkrupp 將透過 MIDREX 和 Paul Wurth 一起合作，建設一座 250 萬噸/年的 MIDREX FLEX® DRI 工廠。最初會使用重整後的天然氣進行反應，再過渡到使用 100% 氫氣，工廠預計於 2026 年底啟動。為了獲取綠色能源，Thyssenkrupp 與 RWE 公司簽訂綠色電力的合約，為 DRI 工廠提供綠色電力，將由離岸風電廠發電，有利於實現能源目標。

3. HYBRIT Development AB

由 SSAB 鋼廠、LKAB (瑞典礦業公司) 與 Vattenfall (瑞典跨國電力公司) 成立的 HYBRIT Development AB，從 2020 年開始進行天然氣還原鐵的開發。目前 LKAB 已與 Tenova、Danieli 簽署合約，負責 LKAB 位於 Gällivare 的 100% 氫基 DRI 工廠之基礎工程。預期於 2026 年，該工廠 DRI 產能達 135 萬噸/年，並將使用基於 HYBRIT 技術，並結合 ENERGIRON 知識與 DRI 工廠經驗。

4. Stegra (原 H₂ Green Steel)

Stegra 是一間新創公司，成立於 2020 年。自 2022 年開始規劃，將使用 MIDREX 技術，其在瑞典 Boden 建立 DRI-EAF 工廠。另於 2024 年宣布，已透過融資、歐盟資助等，已獲得近 65 億歐元 (約 2300 億台幣) 的資金。預期於 2025 年開始營運，初始產能為 250 萬噸/年。

Stegra 與蒂森克魯伯 Nucera 公司簽署協議，確保 Boden 的大型電解廠容量能超過 700MW，產生的氫氣將用於 DRI。為取得完整的綠電，Stegra 與風電廠簽訂協議，使用瑞典的綠色能源，然而要供應鋼鐵製程完整的需求，仍需要強大的電網連結。

日韓、歐洲各主要鋼廠，傾向以自建工廠的形式，或是與其他企業合資建廠，來獲取 DRI 的料源，從廠址的選擇、採用的技術、需要的資金、電力的來源等，皆逐漸開始規劃（統整於表一）。建廠完工約落在 2025 年~2027 年，最遲也到 2030 年能有一個較明確的里程碑。初步的規模約在 2~5Mtpa，除了北歐新創公司，直接以 100% 氫氣為研究對象，其餘傾向由天然氣開始，逐步轉換為氫氣。

表一、各鋼廠 DRI 規劃

鋼廠	DRI Mtpa	還原氣體	預計年份	備註
KOBE Steel & Mitsui & Co. (Oman)	5	NG→H ₂	2027	工廠位於 Oman，使用 MIDREX 技術
JFE, Emirates Steel Arkan, ITOCHU	2.5	NG→H ₂	2025	生產 DRI 用於倉敷電爐
Nippon Steel	小型豎爐 (10 噸規模)	NG→H ₂	2025	於 Hasaki 研究中心進行試驗
POSCO	0.3	(25→100%)H ₂	2027	發展 HyREX 技術
ArcelorMittal Canada (Dofasco)	2.5	NG→H ₂	2026	ENERGIRON ZR 技術
ArcelorMittal Spain (Asturias)	2.3	NG→H ₂	2025	DRI 將供應 Sestao 工廠
ArcelorMittal Germany (Bremen & Eisenhuttenstadt)	3.5	NG→H ₂	2030	為確保未來氫氣供給，兩個地點都將整合到歐洲氫氣網路中
ArcelorMittal Germany (Hamburg)	0.1	NG→H ₂	2025	MIDREX 技術
ArcelorMittal France (Dunkirk)	2.5	NG→H ₂	2027	2030 年將取代在法國五個高爐中的三個
ArcelorMittal Belgium (Gent)	2.5	NG→H ₂	2026	DRI 工廠將與更新過的高爐一起營運
Thyssenkrupp	2.5	NG→H ₂	2026	MIDREX 技術
HYBRIT Development AB (Gällivare)	1.35	H ₂	2026	結合本身 HYBRIT 基礎與 ENERGIRON 技術
Stegra	2.5	H ₂	2025	MIDREX 技術