



國際減碳發展趨勢

1. IEA 近零和低排放鋼鐵的定義及基礎排放測量方法 1
2. IEA 公布先進清潔能源示範案 2
3. 印度的綠色鋼鐵生產之路 2
4. 印度鋼鐵部推動綠鋼生產激勵政策 4
5. 生質燃料應用趨勢與未來展望 5
6. 鞍鋼採用氫能源卡車承擔運輸任務 6

技術/生產資訊

1. 河鋼張宣科技氫基 DRI 豎爐示範工程設計特點 7
2. 適用於富 CO 煤氣噴吹的低碳高爐理論模型 7
3. 中國鋼研科技集團公司純氫冶金技術開發及應用 9
4. 日本製鐵 Super COURSE50 試驗減排 43% 10
5. 巴西 CSN 鋼鐵率先採用綠氫技術提升高爐效率 12

碳捕捉、利用與封存

- | | |
|--------------------------------|----|
| 1. 台灣二氧化碳的去化難題 | 13 |
| 2. 中冶京誠開發新一代碳捕集技術 | 13 |
| 3. 韓國將展開國家級 CCU 研究計畫 | 15 |
| 4. 安賽樂米塔爾和 LanzaTech 宣布乙醇生產里程碑 | 15 |
-

技術專欄

- | | |
|------------------------|----|
| ※ 2024 年主要鋼廠低碳轉型發展動態回顧 | 16 |
|------------------------|----|
-

1. IEA 近零和低排放鋼鐵的定義及基礎排放測量方法

國際能源署 (IEA) 於 2024 年 11 月發布「近零和低排放鋼鐵和水泥的定義以及基礎排放測量方法」，強調建立全球共識的低碳及近零碳排放定義對推動工業淨零轉型的重要性。這些定義可作為多項政策工具的基礎，包括綠色採購、認證機制、配額規範等。報告指出，近零排放定義應該符合幾個核心原則：與淨零目標相容、長期穩定、全球一致、技術中立、具體化減排、透明度高且易於理解和應用。

具體而言，IEA 建議的近零排放鋼鐵生產標準為每噸粗鋼排放 50-400 公斤二氧化碳當量 (視廢鋼使用比例而定，100%鐵礦石為 400，100%廢鋼為 50)。這些標準已獲得全球鋼鐵氣候委員會、工業深度脫碳倡議等多個重要組織的認同。

低碳排放鋼材的定義較為彈性，主要目的是鼓勵業者逐步減碳，但必須確保低碳定義能推動產業轉型，而非淪為漂綠。IEA 提出三種低碳排放鋼材定義如下：

- (1) IEA 建議的五級制 (A 到 E)，認可優於最佳可行技術但未達近零排放的生產，讓各國可依情況逐步提高標準；
- (2) 認可當前最佳表現前 10-20%的生產者，或認可採取漸進式減排措施的現有設施；
- (3) 認可低於全球淨零排放路徑平均值的生產者。

IEA 強調，這些定義不應限制各國的減碳速度，而是作為共同的溝通語言，協助建立全球低碳鋼材市場。報告也探討碳排放計量方法的重要性，建議盡可能採用現有的計量標準 (如 ISO 標準)、排放報告和標籤工具，以避免重複建立新系統。同時提出需要修訂這些方法以確保其可互通性及與淨零目標的相容性，包括便於不同設施間的公平比較、提供完整和透明的排放範疇、採用合適的核算規則等。報告指出多方利害關係人的參與對推動這些改革至關重要，包括標準制定機構、產業協會、政府等。

(摘自：[國際能源署\(IEA\) 2024-11-08](#))

2. IEA 公布先進清潔能源示範案

IEA 表示，雖然短期內幾乎所有減排都可以透過已知且可用的技術和措施來實現，但到 2050 年仍需要創新，2050 年的二氧化碳減量目標，目前仍處於商業階段的前置作業。創新技術的示範步驟特別困難，因為測試某些技術需要龐大的風險和資金，本報告根據 IEA 資料庫提供全球清潔能源示範資訊。

政府的支持活動方面發揮重要作用，尤其是北美、歐洲和中國，佔資金總額的 95%。總資金的大約一半用於專注於氫和氫基燃料生產的項目，另外四分之一用於發電，例如浮動離岸風力渦輪機、CCUS 生物質、潮汐能和先進太陽能發電、核電，以及 CCUS 研究。文中提及各國政府支持清潔能源示範專案，較大規模如美國 OCED 策略，自 2021 年起負責 250 億美元的聯邦投資案，涵蓋氫能 (80 億美元)、工業 (63 億美元)、核電 (33 億美元)、能源儲存 (5 億美元) 與分散式能源系統 (5000 萬美元) 等。

清潔能源示範計畫無論是規模還是資金需求通常都很大，考慮到風險和不確定性，籌集如此數量的資金極具挑戰性且成本高昂。許多公司沒有這樣的現金流動性，其補充融資方案係來自此類專案的專用公共債務融資，政府和某些私營部門合作夥伴 (包括願意提供贈款以啟動新產業的技術的未來客戶)。

(摘自：[國際能源署\(IEA\) 2024-12](#))

3. 印度的綠色鋼鐵生產之路

印度是全球第二大鋼鐵生產國，面臨鋼鐵產業去碳化的挑戰，目前高度依賴碳密集的高爐-轉爐 (BF-BOF) 生產製程，本報告概述印度鋼鐵產業如何向更環保、低排放的技術轉型，同時應對未來的挑戰：

(1) 印度鋼鐵生產現況：

印度的鋼鐵產業以高爐-轉爐 (BF-BOF) 排放為主，高度依賴原生鐵和焦

煤。這種方式佔全國鋼鐵產量的 43%，是碳密集度最高的生產途徑。與此同時，結合電弧爐（EAF）和感應爐（IF）的煤基鋼鐵生產則分別佔產量的 22% 和 35%。印度仍然是全球第一大 DRI 生產國，其對煤炭的依賴造成大量排放。

鑒於印度鋼鐵產業的發展以及政府在 2030 年前實現年產量 2.55 億噸（MTPA）的目標，其鋼鐵產業的去碳化已不再是選擇，而是必然。在沒有減緩措施的情況下透過 BF-BOF 擴大鋼鐵生產，可能會導致二氧化碳排放量大幅飆升，進一步加重環境挑戰。

(2) 定義綠色鋼材與生產路徑：

綠色鋼鐵指的是碳排放量大幅降低的鋼鐵製程，主要是透過創新技術達成，例如生產鋼鐵的綠色氫氣、以可再生能源為動力的廢鋼-EAF，與傳統的 BF-BOF 路線相比，這兩種製程的碳足跡都較低，例如，H₂-DRI 可減少排放量高達 97%，以可再生能源為動力的廢鋼-EAF 可減少排放量高達 88%。

報告中強調全球綠色鋼鐵並沒有單一的產業標準定義，不同的倡議，例如 ResponsibleSteel 和 Science-Based Targets 倡議（SBTi），設定不同的排放強度目標，從每噸鋼 0.05 到 0.4 噸 CO₂ 不等。這些目標反映不同的方法，取決於廢金屬在鋼鐵中的回收以及可再生能源在煉鋼過程中的融入等因素。

(3) 印度面臨的挑戰與建議：

儘管綠色鋼鐵大有可為，但轉型仍面臨多項挑戰。H₂-DRI 所需的高額前期資本投資以及對可再生能源的依賴是重大障礙。

此外，印度目前缺乏大量廢鋼，使得廣泛採用廢鋼-EAF 極具挑戰性。為解決這些問題，報告建議採用多管齊下的方法：

- (1) 政策支持：一個強大的監管框架，強制規定印度生產一定比例的低排放或綠色鋼鐵。此外，應該規定國內消費者採用一定比例的綠色鋼材。政府可透過提供稅務獎勵、資本補助及脫碳項目補助金來促進目標實現。
- (2) 整合可再生能源：綠色鋼鐵生產的成功取決於可再生能源的可用性。因此，在太陽能 and 風能方面的投資以及強大的能源儲存系統至關重要。
- (3) 碳捕集技術：報告強調制定國家碳捕集、利用和封存 (CCUS) 戰略的必要性。開發高準備度技術有助於在 BF-BOF 作業中實現顯著的減排，直到全面採用綠色鋼鐵可行為止。

印度鋼鐵產業正處於十字路口，轉向可持續、綠色鋼鐵生產不僅對減少排放至關重要，對於在快速去碳化的全球市場中保持競爭力也非常重要。通過採用可再生能源、創新技術和政策干預，印度有潛力成為可持續鋼鐵生產的領導者。

(摘自：[Ernst & Young 2024-10-18](#))

4. 印度鋼鐵部推動綠鋼生產激勵政策

印度鋼鐵部宣布一項全面戰略，主要包含原物料、技術、投資和出口等關鍵領域，使印度鋼鐵業與國際標準接軌。此外，印度政府已於上個月將每噸成品二氧化碳排放量低於 2.2 噸的鋼品定義為「綠色」鋼鐵。

該部的主要工作之一是啟動「綠色鋼鐵使命」，這是一項耗資 1500 億印度盧比 (約新台幣 588 億元) 的措施，將推動鋼鐵生產脫碳並支援印度的 2070 淨零排放目標。其使命包括綠色鋼鐵生產及研發相關激勵計劃、採用再生能源的激勵措施以及優先考慮綠色鋼鐵供應等計劃。

此外，作為國家綠色氫使命的一部分，探索氫作為鋼鐵生產的潛在替代品的試點項目已獲撥款 45.5 億印度盧比 (約新台幣 17 億元)，這些激勵措施將持續到 2030 年，印度亦考慮在政府計畫中使用綠色鋼鐵。

(摘自：[環宇鋼鐵網 2024-01-03](#)、[路透社 2024-01-17](#))

5. 生質燃料應用趨勢與未來展望

生質燃料在全球能源轉型中扮演關鍵角色，特別是在減少碳排放、促進能源多樣化及經濟發展方面，2021 年生質能占全球最終能源消耗的 12.1%。生質燃料來自有機物質，具碳中和潛力，應用於交通運輸、供熱及電力等領域。

未來發展趨勢主要體現在兩個方面，首先是生質能源結合碳捕捉與封存技術 BECCS (Bioenergy combined with Carbon Capture and Utilization or Storage) 技術實現負排放。2023 年，歐美等地進一步投資 BECCS 項目，例如英國的德拉克斯發電站和瑞典的聯合熱電廠，這些計畫預估每年可移除數十萬噸的二氧化碳。

其次是交通運輸脫碳，在航空業方面，歐盟要求 2025 年航空燃料 2% 需來自永續航空燃料(SAF)，到 2050 年需達到 70%；而在海運業，生物基質液態天然氣已成為重要的低碳替代燃料選項之一。未來生質燃料在難以電氣化的海、空運輸將扮演重要角色。

安賽樂米塔爾及寶武都曾在 2020 及 2021 年的減碳戰略中提到生質能的重要性，安米於 2023 年啟動以電動卡車及氫生物柴油卡車 (HVO) 進行鋼品的低碳運輸服務測試，表示 HVO 可將每噸鋼材運輸碳排放降低約 82%。安米並推動「從森林到鋼鐵」策略，透過利用可再生生物質 (例如裂解油、生物炭、沼氣) 製成的生物能源，從源頭減少鋼鐵的環境足跡，其位於加拿大魁北克省的卡地亞港球結礦廠已成為全球首個以裂解油永久取代重燃油的工廠。

要實現生物質在鋼鐵產業的大規模應用仍面臨諸多挑戰，首先是需要建立完整的供應鏈系統，包括生物質的收集、轉化和運輸等環節；其次是要面對來自其他產業對生物質資源的競爭；第三是需要證明生物質使用的永續性，並考量全供應鏈的碳排放影響。

儘管如此，在淨零排放的目標下，生物質仍將在鋼鐵業的低碳轉型中扮演重要角色。不同地區的鋼廠將根據當地條件採用不同的技術方案，例如巴西已開始

商業化應用木炭替代部分高爐煤炭，而沼氣也可望替代加熱爐和直接還原鐵生產中的天然氣。

(摘自：[IEK 產業情報網 2024-12-19](#)，[世界鋼鐵協會](#))

6. 鞍鋼採用氫能源卡車承擔運輸任務

從去年 12 月開始，鞍鋼汽運公司的 2 輛氫能驅動重型卡車馳騁在鞍山鋼鐵本部和鮎魚圈之間的集港運輸線上，鞍山鋼鐵成為鞍鋼集團首家採用氫能源汽車運輸的單位。根據《遼寧省氫能產業發展規劃 (2021-2025 年)》以及「打造沈大高速氫走廊」的具體要求和戰略部署，鞍山鋼鐵於去年 12 月投入 2 台氫能重卡(圖 1)，應用於鞍山鋼鐵本部和鮎魚圈之間的集港運輸路線，路線單次往返距離約為 320 公里，在氫能重卡的續航能力範圍內。

從運行情況來看，氫能重卡的安全性能和技術性能可滿足運輸生產的需求。鞍鋼汽運公司自承擔鞍山至鮎魚圈港口運輸任務以來，已連續三次更新其重型卡車車隊，採用不同類型的能源運輸技術。2002 年，該公司引進 50 輛德國賓士品牌柴油驅動的重型卡車；2012 年，為降低運輸成本，又引入 49 輛以液化天然氣 (LNG) 為動力的重型卡車。目前，投入試營運的氫能驅動重型卡車，將成為該公司第三代港口集疏運的清潔運輸工具。



圖 1、鞍鋼氫能驅動重型卡車

(摘自：[中國鋼鐵新聞網 2025-01-06](#))

1. 河鋼張宣科技氫基 DRI 豎爐示範工程設計特點

直接還原鐵 (DRI) 是電爐冶煉純淨高級鋼種不可或缺的雜質稀釋劑，亦是轉爐煉鋼的優質冷卻劑。

河鋼張宣科技建成全球首座氫基豎爐示範工程，採用焦爐煤氣 (COG) 零重整技術生產 DRI，全部以焦爐煤氣為氣來源，焦爐煤氣在豎爐內實現原位重整， CH_4 催化裂解為 CO 和 H_2 ， H_2/CO 比可達 8 以上，是目前工業化生產 H_2 比例最高的直接還原工藝。豎爐工藝氣循環採用甲基二乙醇胺 (MDEA) 脫除 CO_2 技術，實現爐頂煤氣循環使用，可於提高還原效率、增加產量的同時，進一步減少碳排放。

氫基豎爐透過採用噴鈍化劑減少還原過程球團礦黏結，噴硫化物保護加熱爐高溫合金管，噴氧部分燃燒工藝氣等「三噴」技術，不僅解決操作安全問題，還有效提高操作溫度和反應效率，並降低系統能耗。

(摘自：[煉鐵\(CNKI\) 2024-08-12](#))

2. 適用於富 CO 煤氣噴吹的低碳高爐理論模型

本研究目的為建立一種基於氣固換熱及反應動力學的低碳高爐理論模型，在滿足物質守恆、能量守恆、質量守恆定律前提下，考慮氣固換熱、氣固反應、爐料軟融、渣鐵滴落等過程。建立的理論模型被用於研究富 CO 煤氣噴吹工況下不同噴吹量對高爐爐內溫度分佈及壓差的影響，其研究結論如下：

- (1) 模型將高爐風口至爐頂的區域劃分為塊狀區、軟融帶和滴落帶 3 個子區域，根據各子區域內的氣流運動差異和熱負荷差異，以能量守恆方程式和壓差計算控制方程式進行修正；模型中的氣固反應過程由熱力學條件和動力學條件協同控制。

- (2)以中國一座 2300 m³ 高爐為對象，利用模型分析常規高爐爐內溫度、煤氣流等分佈特徵(圖 2)，並將模型計算結果和理論計算結果(物質平衡與熱量平衡模型)與生產資料進行對比，驗證模型的有效性。
- (3)利用模型研究噴吹富 CO 煤氣下高爐爐內煤氣流分佈、溫度分佈情況。結果顯示，煤氣進入高爐後，促進間接還原發展，高爐上部煤氣溫度和爐料溫度均隨噴吹量的增加而升高，爐內壓差略有下降。
- (4)建立的模型為基於假設條件的理論計算模型，可作為低碳高爐新技術前期探索的理論工具。

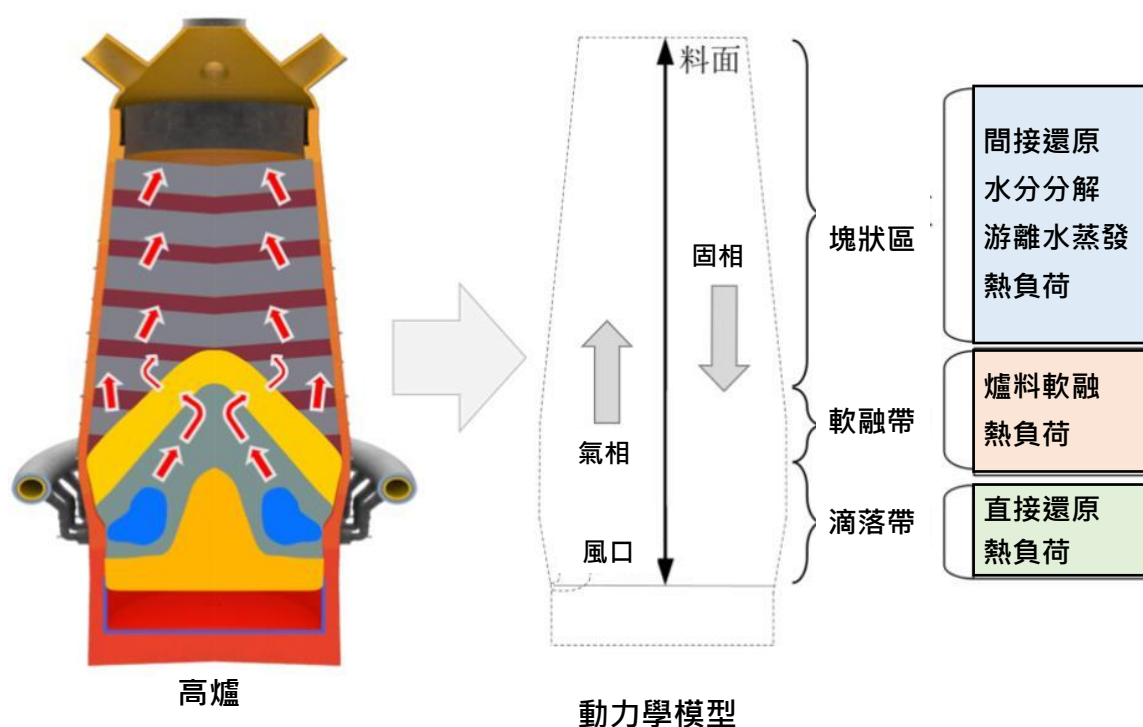


圖 2、低碳高爐動力學理論模型架構

(摘自：[鋼鐵\(CNKI\) 2024-12-05](#))

3. 中國鋼研科技集團公司純氫冶金技術開發及應用

中國鋼研公司最近突破「製程+設備+軟體」整套關鍵技術，打通從純氫還原到高純鐵製備的全流程工藝，開發純氫分體式豎爐、鬆料及排料裝置、氫氣高溫電加熱器等 6 大核心設備技術，突破氫氣高溫加熱、傳動結合部位動態密封、循環加熱及冷卻氣自調節等十大核心技術，設備如圖 3 所示。

主要技術成果如下：

(1) 打通純氫冶金及高純鐵生產流程，實現純氫豎爐準工程化示範

構建純氫冶金潔淨化生產模型、開發和應用純氫豎爐還原優化控制模型、建立能量流-物質流-資訊流高效協同運行機制；自主研發、設計並建造了純氫豎爐工程，安全性、可靠性以及技術可行性得到充分驗證，穩定生產 2000 小時，生產氫還原鐵 4000 噸。

(2) 創立純氫高溫加熱工業化技術

規避管式換熱技術換熱管高溫強度下降、緻密度降低、氫氣腐蝕等制約純氫高溫加熱的難點問題，實現還原氫氣溫度常態化 950°C~1050°C。

(3) 創新開發純氫還原反應器

設計高溫還原氣多梯度可調節噴吹的純氫豎爐，達到直接還原鐵物理熱極效利用、物料抗壓強度要求顯著降低、豎爐溫度場與還原場極致優化的目的，實現系統熱效率提高 15%~20%、直接還原鐵粉化率降低 30%、氫氣一次利用率提升 5%的集成化效果。

(4) 首創多維度鬆料與多級排料長效穩定運行技術

開發耐高溫磨損及氫腐蝕合金葉片材質，研製「多維度鬆料與多級排料」體系化傳動設備，解決高溫爐料粘結、還原與冷卻料流獨立可控的行業共性難題，實現生產運行寬範圍調節，提高純氫豎爐原料適應性。

(5) 構建純氫豎爐多相多流穩態控制系統

基於氫氣管路壓力自我調整平衡與直接還原鐵排料溫度靶向控制模式，創新研發氫氣的自感知-自調節閉路多重耦合控制系統，確保氫氣安全應用。



圖 3、中國鋼研純氫豎爐

(摘自：[中國金屬學會網站 2024-12-11](#))

4. 日本製鐵 Super COURSE50 試驗減排 43%

在高爐氫氣還原技術開發領域，日本製鐵自 2022 年 5 月起在東日本製鐵所君津地區的 12m³ 試驗高爐進行使用鋼廠外部加熱氫氣的 Super COURSE50 技術開發。迄今為止，日本製鐵在該技術的建立取得穩步進展，在 2022 年即達高爐 CO₂ 排放量減少 22% 的世界最高水準，在 2023 年則減少 33%。而在 2024 年 11 月至 12 月進行的測試中，CO₂ 排放量更減低 43%，再次刷新世界最高水準。

此計劃已被列入日本新能源和產業技術綜合開發機構 (NEDO) 綠色創新基金項目，並獲得 2023 年 11 月的資金擴大補助。日鐵計劃在 2026 年 4 月於君津廠二號 4500m³ 高爐開始進行實機規模的實證試驗，目前正在進行氫氣注入設備的施工作業，期望最快在 2040 年建立 Super COURSE50 商業化技術。



(摘自 : Nippon Steel 2024-12-20)

5. 巴西 CSN 鋼鐵率先採用綠氫技術提升高爐效率

巴西鋼廠 CSN 率先於其里約熱內盧州 Volta Redonda 工廠的二號高爐導入綠色氫氣供電技術。此技術由葡萄牙 UTI 開發，先前已應用於 CSN 的 Arcos 水泥廠，本次為全球首次應用於鋼鐵廠。

名為 Ultimate Cell[®]連續燃燒 (UC3) 技術的系統應用於高爐的熱風爐中，透過注入受控量的氫氣和氧氣來提高燃燒效率。此技術的基本原理是加速連續燃燒過程中的反應，使相同數量的燃料釋放更多能量並提高效率。能源效率的提高轉化為環境效益(減少二氧化碳排放)、降低化石燃料消耗和能源成本，以及提高產品品質。該系統以容器形式提供，易於工業安裝，僅需要連接電力、通訊、供水和污水網路。「即插即用」產品的基本概念在於確保客戶對其生產流程進行最少的更改，以獲得與產品相關的優勢。

目前 CSN 已成功將熱風爐的吹煉溫度提高 7%，並減少每噸生鐵的焦炭用量，同時提高生產率並減少二氧化碳排放。

(摘自：[SNN 環宇鋼鐵網 2024-12-31](#))

1. 台灣二氧化碳的去化難題

由於 2020 年中石化天然製氫工廠的關閉連帶中止作為副產品的二氧化碳的生產，而半導體產業需求卻上升，需要透過進口氣源來補足國內二氧化碳供給短缺。台灣二氧化碳從供過於求轉變為供不應求，顯示產業需求的快速變化以及氣源供應的不穩定性。

調查顯示，自 2020 年以來每月皆需進口 1000 公噸以上的二氧化碳，甚至短缺時需進口 5000 公噸。另一方面，台灣產業二氧化碳的排放總量超過億噸，相較每年十多萬公噸的二氧化碳銷售量來說，達國內需求的千倍以上，國內需求遠遠無法去化。

未來國內排碳產業，如電力、鋼鐵與水泥等排碳工業若開始投入碳捕捉建設，每年將捕捉數十萬至數百萬公噸的二氧化碳。雖有供給缺口存在，非轉化直接銷售市場規模過小，其二氧化碳的去化規劃，仍須以封存與轉化利用為主。

(摘自：[IEK 2024-12-02](#))

2. 中冶京誠開發新一代碳捕集技術

中冶京誠開發出以兩相吸收劑 (Biphasic Solvent) 為核心的新型二氧化碳捕集技術，相較於傳統 MEA 溶劑，不僅提升二氧化碳吸收能力 30% 以上，還降低再生能耗 20% 以上。透過「級間冷卻+餘熱梯級利用」的創新技術整合，成功強化熱傳遞效率，實現多級捕集工藝系統的整合。

兩相吸收劑 (Biphasic Solvent) 是一種創新的二氧化碳捕集溶劑系統，其獨特之處在於當吸收二氧化碳後會自動分離成兩個液相。最初為均相液體的溶劑，在吸收二氧化碳後會自發形成上下兩層液相，上層為含二氧化碳較少的貧液相，下層則為含二氧化碳較多的富液相。

碳捕捉、利用與封存

這種自動分層的特性使得系統只需處理濃縮後的富液，大大減少需要進入再生塔的液體量，進而顯著降低再生能耗，同時也減小再生塔的體積。與傳統的 MEA（單胺）捕集技術相比，兩相吸收劑具有能耗低、吸收效率高、腐蝕性低、設備要求較低等諸多優勢，使其成為鋼鐵業碳捕集技術創新的重要突破。

在實際應用方面，中冶京誠已建成千噸級二氧化碳捕集與液化提純中試裝置，捕集率可穩定維持在 90% 以上，平均再生能耗較傳統方法降低 45%。這項技術不僅適用於鋼鐵工業的高爐、加熱爐和石灰窯等區域，還可將捕集的二氧化碳轉化為食品級液體，實現資源化利用。

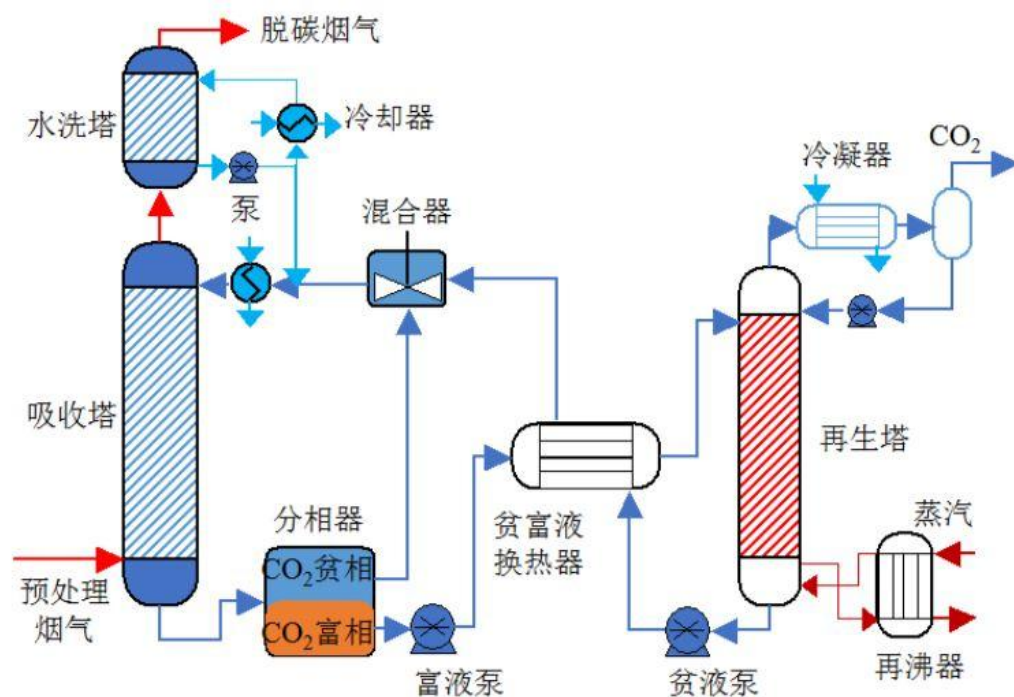


圖 5、CO₂ 吸收後分相工藝流程

（摘自：[世界金屬導報 2025-01-03](#)、[中國鋼鐵新聞網 2025-01-03](#)、[中國電機工程學報 2021-02-20](#)）

3. 韓國將展開國家級 CCU 研究計畫

韓國官方近期公布「CCU 大型計畫」(CCU Megaproject，暫定名稱) 的場址選擇結果，這項計畫選定慶尚北道浦項市的浦項鋼廠、全羅南道麗水的 GS Caltex (煉油化工)、忠清南道瑞山的韓華道達爾能源 (石化業)、江原道三陟的韓羅水泥、三表水泥和東西電力公司 (水泥和電力) 以及忠清南道保寧的韓國中央電力公司 (電力) 作為實施地點。

該計畫將 CCU 技術應用於捕捉發電和工業過程中產生的二氧化碳，並將其轉化為有用物質，如甲醇、烯烴和碳酸乙烯酯。計畫預計於 2026 年開始全面實施，但目前面臨經濟可行性低的主要挑戰，需要透過示範案例來克服商業化限制。

這個計畫是韓國應對氣候變化的重要措施，對以製造業為主的韓國產業結構具有特殊意義。透過發展 CCU 技術，韓國期望在全球碳捕獲技術領域占據領導地位，並為實現國際碳中和承諾做出貢獻。

(摘自：[Businesskorea 2024-10-22](#)、[世界金屬導報 2024-12-10](#))

4. 安賽樂米塔爾和 LanzaTech 宣布乙醇生產里程碑

安賽樂米塔爾和 LanzaTech 於 2024 年 12 月宣布，位於比利時根特的 Steelanol 設施達成重要里程碑，首次實現乙醇生產量達到可通過駁船運輸的規模，而乙醇將用於清潔燃料及消費品市場，進一步推動歐洲的可持續乙醇供應鏈。

該設施利用 LanzaTech 的碳回收技術，將鋼鐵生產中的高碳排放轉化為燃料級乙醇，這是歐洲鋼鐵業的第一個專案，年產量達 8000 萬升，預計每年減少 12.5 萬噸的二氧化碳排放。

(摘自：[ArcelorMittal 2024-12-11](#))

※2024 年主要鋼廠低碳轉型發展動態回顧

撰稿人 T41 黃俊傑、余佳杭

一、前言

鋼鐵業為高耗能、高排放的產業代表之一，根據國際能源署 (IEA) 的統計，全球鋼鐵業一年平均會造成 30 億噸的二氧化碳，約佔全球總排放的 7%。為實現全球 2050 碳中和目標，鋼鐵業的減碳勢在必行。

隨著全球對減碳需求的重視，鋼鐵產業正加速向「綠色鋼鐵」生產模式轉型，傳統的高碳排放製造方式將逐步被取代，低碳高爐及氫能 DRI 搭配電爐的生產模式在近期減碳進程將逐漸扮演重要角色。未來，鋼鐵產業的競爭力將不僅取決於產量與成本，更取決於其碳排放量。

但由於經營環境艱難、投資成本高昂、低碳排鋼品銷售不易等問題，亦有鋼廠傳出延後或重新審視減碳計畫的進行。

二、全球主要鋼廠 2024 年減碳趨勢

1. 中國低碳高爐與 DRI-電爐技術取得進展

(1) 寶武利用氫氣作為減排主要手段

寶武富氫碳循環氧氣高爐(HyCROF)技術透過從高爐頂氣中分離 CO₂，並將回收的高還原能力副產 CO 導入高爐，同時用綠電替代化石燃料進行加熱，預估可將高爐減碳 20%，後續將透過煤氣高溫加熱技術提高減碳能力。

八鋼 2500m³HyCROF 商業化項目於 2023 年 9 月開始運行後，持續進行實際生產之技術驗證與製程改善，日前取得脫碳系統作業率 100%、19.5 萬 m³/h 脫碳煤氣量的供應能力之成果，且脫碳煤氣中 CO₂ 含量穩定控制在 3%以下。

此外，作為寶武氫冶金電熔煉製程 (HyRESP) 的一環，一座可年產 100 萬噸 DRI 的氫基豎爐已於 2023 年 12 月在湛江投產，相較傳統高爐減碳 60% 以上 (年約 50 萬噸)。未來綠氫、綠電廣泛應用後，預估可減碳 90%。

湛江目前正在建造 220 萬噸高效電爐及 2150mm 單流板坯連鑄機等設施，預計於 2025 年底可年產 180 萬噸零碳排板材。搭配 DRI、廢鋼、高效電爐及綠電，全製程每年將減少碳排放 314 萬噸以上，後續透過碳捕集、森林碳匯可實現全製程零碳排。

(2) 河鋼拓展 120 萬噸氫基豎爐效益

河鋼全球首座年產 120 萬噸之焦爐煤氣零重整豎爐於 2023 年 5 月投產，每年可減少 CO₂ 排放 70% (約 80 萬噸)，且生產每噸直接還原鐵可捕集 125 公斤 CO₂。河鋼於 2024 年 12 月底宣布搭配「氫基豎爐 - 近零碳排電爐」及 1900mm 單流板坯連鑄機的全球首條氫冶金綠色汽車板連鑄生產線投產，可年產 150 萬噸高階、低碳排汽車板用材料，並創下了氫基 DRI 在電爐的最高配加比例 50% 的紀錄。

2. 日本鋼廠推動創新電爐取代計畫、Super COURSE50 高爐氫還原試驗創紀錄

(1) JFE 聚焦於電爐減排技術

JFE 規劃在西日本製鐵所設置創新高效率大型電爐以取代 4100m³ 高爐，並用於生產高級鋼種，此計畫已於 2024 年 12 月獲得日本綠色轉型 (GX) 經濟轉型債券資助，即將開始建設，預計在 2028 年年中投產，年產能 200 萬噸，每年可減排 CO₂ 約 260 萬噸。

透過應用創新電爐技術及低碳排還原鐵，JFE 計畫建置全球最大規模的電爐，並首次大量供應原本大型電爐無法製造的電磁鋼板和高張力鋼板等高品質、高機能鋼材。

除 JFE 之外，日本製鐵也正就九州製鐵所的高爐轉電爐計畫向政府申請補助，神戶製鋼則正在檢討於 2030 年將加古川製鐵所兩座高爐轉為一高一電的生產體系。

(2) 日本製鐵著重 Super COURSE50 技術研發

在高爐氫氣還原方面，日本製鐵自 2022 年起利用君津廠 12m³ 試驗高爐進行使用鋼廠外部加熱氫氣的 Super COURSE50 技術開發，並於 2024 年 11-12 月的測試中取得 CO₂ 排放量降低 43% 的成果，為目前世界最高水準。日本製鐵計劃在 2026 年 4 月於君津廠 4500m³ 二號高爐開始進行實機規模的實證試驗，希望最快在 2040 年建立 Super COURSE50 商業化技術，並於 2050 年搭配 CCUS 達成碳中和。

3. 浦項建設新電爐及 HyREX 氫還原煉鐵廠

2024 年 2 月浦項開始在光陽廠建造一座年產 250 萬噸鋼的電爐，預計於 2026 年投產。浦項計畫直接採用全廢鋼或廢鋼與高爐鐵水混合的冶煉方式生產鋼液，預計可年減 350 萬噸 CO₂ 排放量。此外，由於 POSCO Future M 已成功研發 300mm 高品質人造石墨電極棒國產化技術，故以往完全仰賴進口的電極棒將可改為在當地生產。

2024 年 4 月，浦項在浦項廠進行了 HyREX 試驗裝置 (DRI-電熔爐) 的首次試運行，每天可生產 20-24 噸鐵水，噸鐵 CO₂ 排放量為 400 公斤。HyREX 工藝將還原和熔化裝置分開，由兩套裝置組成，即四座流化還原爐和一座電熔爐。利用浦項的獨創技術，氫氣被注入四個相連的流化還原爐中直接還原鐵礦粉生產 DRI，產出的 DRI 隨即由自動轉向架被運往電熔爐熔化，生產鐵水。

浦項將於 2025 年興建 HyREX 氫還原工廠，計畫於 2027 年竣工，每小時可生產 36 噸鐵水。目前 HyREX 的生產成本較傳統製程高出約 30%，浦項的目標是在 2030 年實現 HyREX 商業化，2050 年將浦項廠和光陽廠全部轉換為 HyREX 製程。

4. 歐美鋼廠脫碳技術發展陷入資金困境

受到鋼鐵行業不景氣影響及中國鋼鐵大量出口等因素，鋼材需求和價格均處於歷史低位，而市場尚未接受更高的環保鋼材價格，且能源成本持續增加，使其生產成本持續上揚。

因此 ArcelorMittal、ThyssenKrupp 及 Cleveland-Cliffs 等歐美鋼廠雖以 DRI 工廠、電熔爐替代高爐之減碳計畫獲得政府資金補助，然因鋼廠本身亦須投入鉅額成本，故傳出推遲或考慮放棄既定的綠色鋼鐵技術轉型計畫，詳如下表。

表、歐美鋼廠重新考量及宣佈延遲之低碳排鋼生產計畫

鋼廠	生產計畫	狀態	經費分攤	考量因素
Thyssenkrupp	德國杜伊斯堡年產 250 萬噸 DRI 工廠	2024/10 傳出重新考量，後又決定繼續推進	總投資 30 億歐元，政府補助 20 億歐元	歐洲鋼鐵市場需求疲軟、鋼鐵價格暴跌等困境，導致成本增加、經營環境困難 此外，德國各政黨對氫能產業看法分歧，包含「快速轉向氫能源不切實際」與「氫能應為國家政策」等
ArcelorMittal	法國敦克爾克兩座電爐和年產 250 萬噸 DRI 工廠	2024/11 官方宣布延遲投資	總投資 17 億歐元，政府補助 8.5 億歐元	資金充足但目前營運環境困難、歐盟支持低碳轉型政策仍不到位
	西班牙 Gijon 年產 230 萬噸 DRI 工廠	2024/11 官方宣布延遲投資	總投資 10 億歐元，政府補助 4.5 億歐元	CBAM 政策缺陷、缺乏明確的綠氫監管框架、不利的市場和能源情勢、綠氫發展緩慢

鋼廠	生產計畫	狀態	經費分攤	考量因素
Cleveland-Cliffs	美國俄亥俄州米德爾頓兩座 120MW 電熔爐和年產 250 萬噸 DRI 工廠	2024/09 傳出考慮放棄，後又決定持續進行	總投資 16 億美元，政府補助 5 億美元	升級設備支出高昂、來自中國及印度低價(高汙染)鋼品的競爭、市場(主為車廠)不願支付綠鋼真實成本

5. 歐洲推動變革立法

歐盟利用歐洲碳邊境調整機制(CBAM)，對進口的高碳排商品課徵費用，以反映其生產過程中的碳排放成本。2023 年 10 月至 2025 年底為 CBAM 之過渡階段，歐盟將在不徵收任何關稅的情況下測試該機制；2026 年至 2034 年間，CBAM 將逐步實施，同時逐步取消歐洲排放交易計劃 (ETS) 下適用的免費碳配額。

6. 全球能源競爭挑戰

- (1) 歐美：由於企業成本提升，歐盟委員會決定將強制性的環境、社會和治理 (ESG) 披露推遲兩年，並表示僅靠可再生能源恐難以實現碳中和；美國證券交易委員會 (SEC) 已將範圍 3 從其 ESG 披露義務中刪除，並決定將其標準降低到範圍 1 和範圍 2，以減輕企業負擔。
- (2) 中國：太陽能電池板、電池和電動汽車是碳中和的核心產業，由於中國龐大的產量，已經達到了其他國家在價格競爭中無法匹敵的水準。此外，由於俄羅斯無法再向歐洲出售石油和天然氣，從能源格局變化中受益最大的國家是中國和印度等國家。

- (3) 韓國：雖然韓國不生產原油或天然氣，但該國國內各大企業參與全球能源資源開發，並以此為基礎供應國內能源。透過對進口能源進行再加工和出口以及提供低成本能源，在支援製造業競爭力方面具主導功能。

三、 結論

綜上所述，當前全球主要鋼廠朝向兩大低碳技術路線發展，包含高爐富氫噴吹技術及氫基還原鐵搭配電爐產製高級鋼種，反映出目前全球鋼鐵業在低碳技術選擇上已形成基本共識。尤以中國表現更為積極，河鋼搭配 DRI 製程的汽車板連鑄生產線已投產，寶武的連鑄產線也預計於今年底投產，將提升這兩家鋼廠的低排碳鋼品市場競爭力。

相較之下，歐美地區的低碳轉型面臨較大挑戰。主要原因包括：市場對環保鋼材的接受度不高、能源成本持續上升、綠氫尚未普及，以及來自中國等地低價鋼材的競爭壓力。迫使多家歐美大型鋼廠如 ArcelorMittal、ThyssenKrupp 等，即使獲得政府補助，仍不得不延後或重新評估其減碳計畫。

這種區域差異反映出全球鋼鐵業低碳轉型的複雜性，不僅涉及技術創新，更與市場接受度、成本效益、政策支持等多個因素密切相關。未來鋼鐵業的競爭力將越來越依賴於其減碳能力，但如何在環保與經濟效益之間取得平衡，仍是整個行業面臨的重大挑戰。

四、 參考資料

- [1]. 綠色鋼鐵需求爆發！不只氫能，揭密鋼鐵行業未來 8 大商機...這國已提前搶佔商機
- [2]. 鋼鐵業因應淨零減碳趨勢之策略：以電爐煉鋼為例
- [3]. 八鋼 2500 立方米 HyCROF 各項技術指標向好
- [4]. 八鋼 2500 立方米 HyCROF 商業示範線脫碳能力實現預定目標

- [5]. 每年減碳 50 萬噸以上！百萬噸級氫基豎爐點火投產！
- [6]. 寶鋼湛江零碳高等級薄鋼板工廠專案採用達涅利「氫基豎爐+電爐」短流程冶煉技術
- [7]. 中國首個！湛江鋼鐵零碳高等級薄鋼板工廠項目開工
- [8]. 河鋼全球首例 120 萬噸氫冶金示範工程實現綠色 DRI 產品安全順利連續生產
- [9]. 全球首例！河鋼推動實施“氫基豎爐—近零碳排電弧爐”新型短流程項目
- [10]. 河鋼全球首條氫冶金綠色汽車板連鑄生產線誕生記
- [11]. JFE の電炉転換、政府が採択 総投資 3000 億円規模
- [12]. 神戸製鋼所社長、2 高炉体制「1 高炉・1 電炉に移行検討」
- [13]. 浦項鋼鐵公司開始在光陽廠建設電弧爐
- [14]. POSCO Future M Achieves Domestic Production of Essential Steelmaking Material ‘Electrode Rods’
- [15]. 浦項計畫建設 HyREX 氫還原煉鐵廠
- [16]. How the European steel industry is going green
- [17]. [전문가의 시선] 글로벌 에너지 패권 전쟁의 향배는?
- [18]. ERM launches UK’s first offshore hydrogen production trials in South Wales
- [19]. Carbon capture and storage: Europe's climate gamble
- [20]. 全球低碳煉鐵新工藝技術進展及展望
- [21]. ArcelorMittal postpones green steel project in Dunkirk with Ghent investment also in doubt
- [22]. German steel company Thyssenkrupp may rethink plans for green steel
- [23]. 5 億美元資金支援 克利夫蘭-克利夫斯與美國能源部合作開展低碳專案
- [24]. Big steelmaker weighs abandoning \$500M Biden climate grant
- [25]. 轉型成本高+買家不願支付“綠色溢價” 克利夫蘭-克利夫斯考慮放棄生產「綠鋼」和 5 億美元撥款

[26]. Cleveland-Cliffs Reaffirms Commitment to Middletown Works
Decarbonization Project and Ongoing Partnership with the U.S.
Department of Energy