



鋼廠動態

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1. 日本鋼鐵業氫還原技術進展 | 1 |
| 2. JFE、神戶製鋼的低碳鋼材獲得豐田汽車採用 | 2 |
| 3. 現代鋼鐵公開美國電爐廠氫還原製鐵技術藍圖 | 2 |
| 4. SSAB 與 EAB 達成低排碳鋼鐵合作 | 3 |
| 5. 世界鋼鐵協會突破技術會議聚焦低碳商業部署 | 3 |
| 6. 歐盟確立低碳燃料碳排計算標準以推動能源轉型 | 4 |
| 7. 歐盟成員國加速推動 CCS 基礎設施建設 | 4 |
| 8. 中國電爐煉鋼轉型面臨的三大結構性挑戰 | 5 |
| 9. 中國 CCUS 國際論壇聚焦技術創新與產業集群發展 | 6 |
| 10. 首鋼擬新建 160 噸電爐實現減碳 70% 低碳鋼生產 | 6 |
| 11. 張宣科技發布《氫基豎爐直接還原工藝設計規範》 | 7 |

技術/生產資訊

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. JFE 研發廢棄物氣化技術及其發電與化學回收體系 | 8 |
| 2. 唐鋼申請利用燒結餘熱發電專利 | 8 |
| 3. 武鋼煉鋼廢鋼比達 50% | 9 |

技術專欄

※全球綠色鋼鐵轉型深度報導

10

1. 日本鋼鐵業氫還原技術進展

面對日本國內需求萎縮及中國產能過剩的雙重夾擊，日本主要鋼鐵製造商仍積極尋求脫碳技術突破，試圖透過氫能冶金維持高階鋼材競爭優勢。電爐雖能大幅減碳，但因廢鋼雜質問題，暫時難以滿足車用高階鋼材品質要求，且電力成本高昂，氫還原路線遂成業界首選。以下為日本主要鋼廠相關技術進展：

- (1)**日本製鐵**：在君津廠展開高爐試驗，透過注入加熱氫氣，解決氫還原過程中的吸熱降溫問題，實現減碳 43%。
- (2)**JFE**：在千葉展開碳循環高爐試驗，將爐內排放的二氧化碳加入氫氣製成甲烷，再與焦炭一同作為還原劑回送回爐中，實現減碳 50%以上。
- (3)**神戶製鋼**：採用氫氣直接還原製程，用氫氣取代焦炭作為還原劑，預期可減碳 20%至 40%。

然而，高昂成本成為量產最大阻礙。神戶製鋼指出，氫能製程成本至少是傳統方法的兩倍。受制於市況惡化，神戶製鋼已宣布將原定 3,000 億日圓（約 601 億新台幣）的脫碳投資削減至 1,500 億日圓（約 301 億新台幣）。儘管日本政府已提供約 4,499 億日圓（約 903 億新台幣）的研發補貼，但日本鐵鋼聯盟（JISF）強調，僅靠技術補貼遠遠不足，建立能回收投資的綠色鋼材市場機制才是當務之急。

（摘自：Asia News Network 2025-12-09）

2. JFE、神戶製鋼的低碳鋼材獲得豐田汽車採用

日本兩大鋼鐵製造商 JFE 和神戶製鋼於 11 月 11 日分別宣布，其低碳鋼材產品「JGreeX」(JFE)、「Kobenable」(神戶製鋼) 已獲得豐田汽車採用，顯示汽車產業在實現碳中和方面正加速努力。

JFE 承諾將繼續透過擴大應用低碳化技術和節能技術，以及擴大環保產品和綠色轉型 (GX) 鋼材的銷售，為整個社會的脫碳化做出貢獻。神戶製鋼則將此次採用視為其推動 GX 的一個實例。兩家公司都強調，透過提供這些環保鋼材，將持續為汽車領域乃至社會整體的脫碳化做出貢獻。

這兩項消息均體現日本主要鋼鐵廠共同採用的核心策略，即遵循日本鐵鋼聯盟的指導方針，靈活運用「質量平衡法」(Mass Balance Approach) 有效地向市場供應 GX 鋼材。

(摘自：JFE 2025-11-11、KOBELCO 2025-11-11)

3. 現代鋼鐵公開美國電爐廠氫還原製鐵技術藍圖

現代鋼鐵計畫在韓國高陽市舉行的 2025 世界氫能博覽會 (World Hydrogen Expo) 上，首度公開其位於美國路易斯安那州的新建電爐廠 (EAF) 模型，向全球展示其邁向淨零生產的具體願景與技術實力。

這座美國新廠預計於 2029 年投入運行，現場展示的模型詳細呈現從原料到成品的關鍵製程基礎設施，涵蓋生產直接還原鐵 (DRI) 的原料設施 (DRP)、將其轉化為鋼液的電爐，以及後端的熱軋與冷軋產線。

在技術路徑上，現代鋼鐵揭示務實的轉型藍圖。初期將採用以天然氣為基礎的直接還原製程將礦石轉化為鐵，隨後逐步提高氫氣作為還原劑的比例，最終實現完全的氫還原製鐵。

(摘自：Korea Herald 2025-12-01、Chosun Biz 2025-12-01)

4. SSAB 與 EAB 達成低排碳鋼鐵合作

EAB 已在其旗艦倉儲管理產品 Radioshuttle™ 的機殼中應用了 SSAB Zero™ 技術，Radioshuttle™ 是一個半自動化、高密度的棧板貨架儲存和檢索系統 (Pallet Storage and Retrieval System)，旨在提升客戶的儲存空間並降低能源消耗。其使用一種無線電控制的穿梭車 (Shuttle Cart)，在專門設計的深層貨架通道 (deep lane racking) 內獨立移動，來執行棧板的存入 (Loading) 和取出 (Unloading) 操作。

(摘自：SSAB 2025-11-17)

5. 世界鋼鐵協會突破技術會議聚焦低碳商業部署

2025 年 12 月，世界鋼鐵協會在新加坡舉辦第二屆突破技術會議，邀集全球鋼廠、技術供應商與金融機構，共同研議如何將氫基直接還原鐵 (H₂-DRI)、碳捕捉與封存 (CCS) 及鐵礦電解 (IOE) 等關鍵技術，從試驗階段推向大規模商業部署。

會上指出，儘管技術路徑已趨清晰，但綠電供應不足、氫能與二氧化碳輸送基礎設施尚未完備，以及高昂的轉型成本，仍是當前最大阻礙。對此，專家強調需仰賴碳定價、綠色採購補貼等政策工具降低投資風險，並導入數位化與 AI 預測維護技術，透過製程改善與能耗監測，進一步分攤高昂的低碳設備成本。

針對區域差異，歐洲聚焦於與 CBAM 對接的示範專案，亞洲鋼廠則著重於煤基高爐的階段性轉型。世界鋼鐵協會預期，透過「綠色 + 數位」的整合模式，配合下游車廠與建築業的長約採購，全球鋼鐵業有望在 2040 至 2050 年間建立可持續的近零排放商業模式。

(摘自：World Steel Association 2025-12-02)

6. 歐盟確立低碳燃料的碳排計算標準以推動能源轉型

歐洲議會與歐盟理事會於 2025 年 11 月 21 日正式批准並發布一項關鍵授權法案，明確規範低碳燃料的溫室氣體減排計算方法。該法案作為《氫能與脫碳氣體市場套案 (hydrogen and decarbonised gas markets package) 》的重要補充，將於公報發布 20 天後生效，旨在為運輸與工業領域的可持續燃料建立完善的市場框架。

根據新規，可再生氫主要透過可再生電力電解生產，而低碳氫可以透過各種生產方法生產，惟兩者均需達到較石化燃料減少 70% 溫室氣體排放的嚴格標準。其計算方法採用全生命週期原則，涵蓋燃料生產至使用過程中的所有排放，並將碳捕捉(CCS)納入減排計算依據。針對電解製氫的電力來源，新法規定其碳排強度將依據國家或投標區層級(區域內電力整體碳強度的單位)確定，而風能、太陽能等可再生電力之碳排放則視為零。新法案的落地解決長期以來低碳燃料定義不清的問題，為企業投資提供關鍵的政策確定性。

(摘自：網易 CHC 全球氫能 2025-11-24)

7. 歐盟成員國加速推動 CCS 基礎設施建設

歐盟碳捕捉與封存 (CCS) 基礎設施建設進入加速期，以完善工業脫碳的價值鏈。近日，荷蘭、希臘兩個歐盟成員國也各自公布其 CCS 技術推動之發展動態：

- (1)荷蘭：Porthos、Aramis、CO2next、Delta Rhine Corridor 及 Delta Schelde CO2nnection 等五大 CCS 專案組成聯盟，合力打造連接西北歐工業集群的跨境二氧化碳運輸網路，預計年運輸能力可達 3,500 萬噸。該聯盟已獲得歐盟「連接歐洲基金」(CEF Energy) 的多項資助，計畫將鹿

特丹、安特衛普港區與德國工業重鎮串聯，並連接至北海的永久地質儲存點。

(2)希臘：該國政府近日提出一項法律草案，旨在確立二氧化碳安全捕捉、利用、運輸和儲存的規則框架，並以嚴格透明的方式規範該領域的市場運作。該法案也明確規範 CCS 行業許可證發放、使用儲存設施的條件，以及在二氧化碳儲存區域採取補償措施。

(摘自：[Carbon Herald 2025-12-01](#)、[Ceenergy News 2025-12-01](#))

8. 中國電爐煉鋼轉型面臨的三大結構性挑戰

隨著 2025 年即將結束，中國作為全球最大鋼鐵生產國，其脫碳進程正面臨嚴峻考驗。儘管中國工信部曾宣示 2025 年電爐鋼（EAF）產量佔比需達 15%，但根據能源與清潔空氣研究中心（CREA）數據，截至 2025 年上半年，該比例僅停滯在 10%，且 EAF 產能利用率近五年更從 61% 下滑至 49%，顯示「棄煤轉電」的結構性轉型進度嚴重落後。據分析，阻礙電爐鋼發展的結構性挑戰主要有三點：

- (1) 電爐鋼高度依賴具成本競爭力的電力，但工業電價高昂且再生能源充沛地區面臨電網瓶頸，限制低碳電力的穩定供應。
- (2) 廢鋼回收體系破碎，物流不均，導致電爐業者需與高爐業者爭奪有限的廢鋼資源。
- (3) 高達 11 億噸的產能過剩疊加需求疲軟，迫使業者優先選擇成本較低、但高碳排的高爐煉鋼模式。

儘管面臨困境，寶武、河鋼及鞍鋼等中國主要鋼廠已啟動氫基直接還原鐵（H₂-DRI）試點，展現技術升級決心。未來的關鍵在於能否透過「轉型金融」支

持產業升級。目前鋼鐵業僅佔中國綠色貸款與債券發行的 0.1%，亟需建立具公信力的轉型計畫與融資標準。產能合理化、電力市場改革與氢能部署的整合，將是引導鋼鐵業重回低碳軌道的關鍵。

(摘自：SEAI SI 2025-11-14)

9. 中國 CCUS 國際論壇聚焦技術創新與產業集群發展

2026 年 11 月，第八屆二氧化碳捕捉利用與封存 (CCUS) 國際論壇在北京舉行。本屆論壇以「加快技術創新 共創低碳未來」為題，吸引來自全球政府官員、專家學者及企業代表近 300 人與會，共同探討 CCUS 技術在工業脫碳中的應用。

中國石化於會中強調，CCUS 技術是推動傳統產業轉型升級及培育新質生產力的關鍵。該公司將致力於突破技術瓶頸與鞏固產業根基，並積極推動 CCUS 產業的「集群發展」與生態構建，力促該技術從目前的示範應用階段，邁向大規模商業化運營。

中國工程院從戰略層面分析，指出 CCUS 對保障能源安全及產業轉型具有不可替代的意義。目前中國已建成一批具代表性的捕捉、輸送與封存示範項目，為後續推廣奠定基礎。

(摘自：新華網 2025-11-25)

10. 首鋼擬新建 160 噸電爐實現減碳 70% 低碳鋼生產

中國生態環境部於近日發布《2024、2025 年度全國碳排放權交易市場鋼鐵、水泥、鋁冶煉行業配額總量和分配方案》，正式將鋼鐵、水泥與鋁冶煉行業納入中國碳排放權交易市場範疇。

面對碳配額收緊的趨勢，首鋼宣布採取積極對策，將新建 160 噸電爐及配套設施，預計投產後可實現降碳 70%以上的高品質綠色低碳鋼生產。此外，該公司亦致力於太陽能與生物質能等非石化能源應用，並建置智慧碳管理平台，以數位化手段精準控管碳排放。

(摘自：中國證券報 2025-12-01)

11.張宣科技發布《氫基豎爐直接還原工藝設計規範》

由張宣科技主導的《氫基豎爐直接還原工藝設計規範》團體標準已正式發布，將於 2026 年 3 月起正式實施，作為中國氫冶金技術設計規範的參考。

張宣科技將其運營全球首例 120 萬噸氫冶金示範工程的實戰經驗融入條文中，並聯合「冶金工業資訊標準研究院」等多家機構共同制定。標準內容涵蓋製程原理及流程、製程設計要求、安全與消防、控制與安全連鎖要求、節能與環保等面向，明確適用於以富氫氣體及球團礦為原料的新建或改擴建專案。

該標準的發布意味著中國氫冶金技術已從單一企業的探索邁向行業合作，並具有 4 項重要意義與作用：

- (1)建立明確依循：為未來氫冶金專案的設計與建設提供完整可遵循的框架。
- (2)降低技術與投資風險：有效降低新技術推廣的技術門檻與投資不確定性。
- (3)確保安全與環保效能：以統一技術依據保障項目運行的本質安全與環保表現。
- (4)支持技術規模化推廣：為氫基豎爐技術在中國鋼鐵業的快速、有序、規模化複製與擴散提供關鍵支持。

(摘自：鐵合金在線 2025-11-25)

1. JFE 研發廢棄物氣化技術及其發電與化學回收體系

2025 年 11 月，JFE 工程株式會社與 J&T 環境株式會社位於千葉縣東日本製鋼所的小型爐示範設備竣工，該設備將用於試驗 C-PhoeniX Process® 廢棄物氣化技術，建立廢棄物發電 (Waste-to-Energy, WtE) 與廢棄物化學回收 (Waste-to-Chemical, WtC) 的雙軌機制。

C-PhoeniX Process® 技術能穩定地將廢棄物轉化為主成分 H₂ 和 CO 的精製合成氣，並應用於製造塑膠原料、永續航空燃料 (SAF)，或是作為氫氣來源。該氣化技術透過減少回收用途中對石化燃料的依賴實現碳減排，同時還具備像傳統廢棄物發電的焚燒處理一般，處理多樣化的廢棄物的能力。

本次示範試驗是 NEDO 綠色創新基金「利用微生物透過氣化和重整以及乙醇生產開發廢棄化學品回收技術」專案的一環，試驗期間為 2025 年 12 月至 2026 年 6 月，設備處理能力為每日 20 噸。JFE 計畫將 C-PhoeniX Process® 技術建立為下一代廢棄物處理方案，於 2030 財年前在社會上實施。

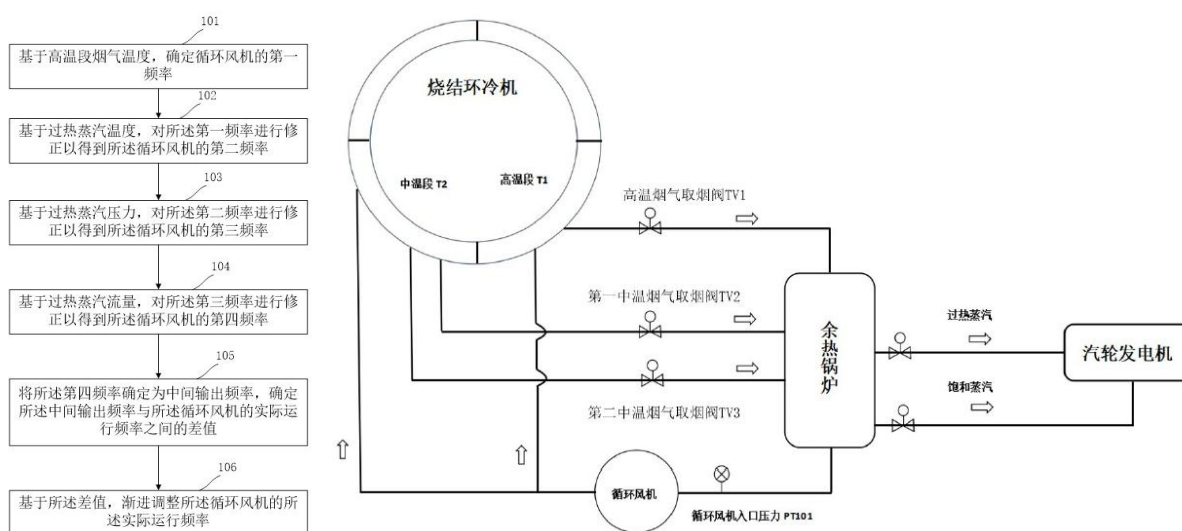
(摘自：JFE Engineering 2025-11-12)

2. 唐鋼申請利用燒結餘熱發電專利

傳統燒結餘熱發電系統常因煙氣溫度波動劇烈及各控制參數間相互耦合，導致人工操作難度極高且反應滯後。這種不穩定的狀況不僅使廢氣熱能利用效率低下，頻繁的負荷變動更易加劇汽輪機等關鍵設備的磨損，增加故障風險。

唐鋼開發了一種智慧解耦控制方法，核心在於將複雜變數分層管理以實現自動化精確控制。技術上以煙道高溫段煙溫作為循環風機頻率的主調節依據，並創新引入過熱蒸汽的溫度、壓力及流量作為副調節量進行多重修正。系統能計算出

最佳中間頻率，並依據差值「漸進式」自動調整風機轉速，有效解決參數相互干擾的難題，顯著提升了系統穩定性與能源回收效率。



圖一、一種燒結餘熱發電的控制方法、系統和可讀存儲介

(摘自：中國大陸專利 CN120947365 2025-11-24)

3. 武鋼煉鋼廢鋼比達 50%

武鋼透過「高爐+煉鋼」多點添加廢鋼，成功生產 50%以上廢鋼比的高廢鋼比產品。然而，在不同認證標準體系下，對廢鋼比的核算方式存在一定差異。為此，武鋼計畫在高爐不添加廢鋼的情況下，依然實現煉鋼廢鋼比突破 50%。

武鋼對傳統的鐵水和廢鋼配比模式調整，規劃最佳倒罐、轉爐、精煉的廢鋼分配方案，成功實現廢鋼多路徑添加、純淨度保障和殘餘元素穩定控制。產品成分、技術、性能均滿足客戶需求，且廢鋼比全部高於 50%的目標值。

(摘自：冶金信息網 2025-11-13)

※全球綠色鋼鐵轉型深度報導

撰稿人 T41 鄭百傑

隨著全球氣候變遷議題升溫，鋼鐵產業作為全球碳排放大戶，正面臨前所未有的減碳壓力。根據國際能源署 (IEA) 統計，鋼鐵業每年約排放 30 億噸二氧化碳，佔全球總排放約 7%。為實現 2050 年碳中和目標，鋼鐵產業必須大幅減少碳排放，並積極導入創新技術。近年來，綠氫、直接還原鐵等低碳製程技術成為全球鋼廠轉型的核心路徑。歐洲地區在政策、資金與技術推動下，已出現 SSAB、ArcelorMittal、ThyssenKrupp、TATA 等領先企業，積極布局氫能煉鋼、DRI 電爐製程與低碳鋼品開發。本文將從全球脫碳背景與技術路徑演變切入，深入剖析歐洲主要鋼廠的轉型進展，並針對綠氫、DRI 等關鍵技術進行系統性探討，為鋼鐵產業未來發展提供參考。

一、全球脫碳背景與技術路徑演變

(一) 全球鋼鐵業脫碳壓力與政策背景

鋼鐵產業是全球最重要的基礎產業之一，廣泛應用於建築、汽車、機械、家電等領域。然而，傳統高爐-轉爐製程高度依賴煤炭，碳排放強度極高。隨著《巴黎協定》與各國碳中和承諾的推進，鋼鐵業減碳已成為全球共識。歐盟率先提出「歐洲綠色新政」與碳邊境調整機制 (CBAM)，要求進口鋼鐵產品須符合碳排放標準，進一步加劇全球鋼鐵業的減碳壓力。美國、中國、日本、韓國等主要鋼鐵生產國亦陸續發布碳中和路徑圖，推動產業升級。

(二) 鋼鐵業主要的減碳技術路徑

1. 高爐富氫噴吹技術

高爐富氫噴吹是利用氫氣部分取代傳統煤粉作為還原劑，降低碳排放。此技術可在現有高爐基礎上進行改造，減碳潛力約 10~20%。如

Thyssenkrupp 已於 9 號高爐 28 個風口之一改為吹氫氣，日本製鐵 Super Course50 計畫則以外部氫氣還原，提升減碳效益。

2. 直接還原鐵 (DRI) -電爐製程

DRI 技術以天然氣或氫氣為還原劑，將鐵礦石還原成海綿鐵，再以電爐(EAF) 熔煉成鋼。若還原氣體為綠氫，且電力來源為再生能源，理論上可實現近零碳排放。根據資料，傳統高爐-轉爐每噸鋼碳排約 1.8 至 2.2 噸，DRI-EAF 製程則可降至 0.65 噸，若全面採用綠氫與再生能源，則可達零碳排。歐洲、北美、亞洲等地主要鋼廠均積極布局 DRI-EAF 製程，並以 100%氫氣還原為終極目標。

3. 廢鋼利用與電爐煉鋼

提升廢鋼回收利用率，並以電爐煉鋼，可大幅降低碳排放。美國 Nucor、SSAB 等企業以 100%廢鋼為原料，結合再生能源電力，生產低碳鋼品。此路徑對於廢鋼資源豐富地區尤具優勢。

4. 綠氫製備與應用

綠氫是指以再生能源 (如風能、太陽能) 電解水製得的氫氣，碳排放極低。歐洲鋼廠如 ArcelorMittal、Thyssenkrupp、Voestalpine、Salzgitter 等，均規劃自建電解水製氫廠，並與能源企業合作，確保綠氫供應。POSCO、KOBELCO 等亞洲鋼廠亦積極投入氫能技術研發。

5. 低碳/零碳鋼品開發

鋼廠透過質量平衡法，將減少的碳排分配至產品，推出低碳鋼、零碳鋼等綠色鋼品，並取得第三方認證。SSAB Zero™、Econiq™、XCarb™、bluemint® 等品牌，已成為市場標竿。

(三) 全球鋼鐵業轉型挑戰

近年來，全球鋼鐵業技術路徑正由傳統高碳排製程，逐步轉向低碳高爐、氫基 DRI-EAF、廢鋼電爐等多元化發展。歐洲地區在政策、資金、技術等多重驅動下，已成為全球綠色鋼鐵轉型的領頭羊。北歐新創公司如 Stegra、HYBRIT 等，直接以 100% 氫氣為還原劑，挑戰零碳排目標。亞洲地區則以 POSCO、寶武、河鋼等企業為代表，積極推動氫能煉鋼與廢鋼利用。美國則以 Nucor、Cleveland-Cliffs 等企業，專注於廢鋼電爐與再生能源應用。

儘管技術路徑日益明確，但全球鋼鐵業轉型仍面臨諸多挑戰，包括：

- 綠氫製備成本高昂，供應鏈尚未成熟。
- 再生能源電力不足，基礎設施需大幅升級。
- 投資成本高，回收期長，市場接受度有限。
- 政策法規、碳定價機制尚待完善。
- 低價高碳鋼材競爭壓力大，環保鋼品溢價能力不足。

未來，鋼鐵業競爭力將取決於減碳能力與技術創新，如何在環保與經濟效益間取得平衡，成為產業發展關鍵。

二、各地區主要鋼廠綠色轉型進展

（一）SSAB：

SSAB 攜手 LKAB 與 Vattenfall 推動 HYBRIT 計畫，以綠氫及無化石電力取代焦煤，邁向零碳煉鋼。目前已推出以廢鋼再生的 SSAB Zero™，並計畫於 2026 年量產以氫氣還原鐵礦的 SSAB Fossil-free™ 鋼材。

該計畫已吸引 Volvo 等龍頭企業合作，將減碳影響力擴及運輸與建築業，目標於 2030 年全面商業化。儘管面臨綠氫供應與成本挑戰，但憑藉瑞典能源優勢與政策支持，SSAB 的經驗對全球鋼鐵業具有重要示範意義。

（二）ArcelorMittal：

ArcelorMittal 積極於歐、美各地布局 DRI (直接還原鐵) 工廠，如德國 Hamburg 廠正測試 100% 氫氣煉鋼。其策略為先以天然氣過渡，未來逐步轉向綠氫，並透過投資電解水製氫確保供應。此外，公司推出經第三方認證的 XCarb™ 綠色鋼品，透過質量平衡法推動下游供應鏈減碳。

ArcelorMittal 多項低碳轉型計畫獲得歐盟與各國政府資金補助，如法國 Dunkirk 兩座電爐與 DRI 工廠，政府補助 8.5 億歐元；西班牙 Gijón 年產 230 萬噸 DRI 工廠，與西班牙政府簽署備忘錄，總投資 10 億歐元。然而，受市場需求疲軟、能源成本上升、綠氫發展緩慢等因素影響，部分計畫於 2024 年宣布延遲投資，顯示轉型過程挑戰重重。

(三) ThyssenKrupp :

ThyssenKrupp 積極推動高爐噴氫技術，並規劃採用 Midrex 技術的 DRI 工廠，預計 2029 年全面轉用綠氫，已獲德國政府 20 億歐元補助。公司同步推出 bluemint® 低碳鋼品，透過質量平衡法協助汽車與家電產業鏈減碳。

受歐洲鋼鐵市場需求疲軟、鋼價下跌、能源成本上升等影響，ThyssenKrupp 於 2024 年考慮延後 DRI 工廠建設。德國政界對氫能產業發展看法分歧，部分認為快速轉向氫能源不切實際，部分則主張氫能應為國家政策，顯示政策協調仍需加強。

(四) Stegra :

Stegra 改名前為 H₂ Green Steel，是瑞典新創公司，2020 年成立，目標推動歐洲鋼鐵脫碳。公司於 2024 年獲得 65 億歐元融資資金，規劃於第一階段產能擴張，於瑞典 Boden 建設綠色鋼鐵工廠，採用 MIDREX 技術，2026 年投產。與 Thyssenkrupp Nucera 合作，建設 700MW 電解水製氫廠，氫氣用於 DRI 還原。瑞典北部豐富的綠電資源為其提供競爭優勢。

(五) 寶武集團：

寶武集團作為全球最大鋼鐵企業，積極推動低碳轉型，提出「綠色製造、綠色產品、綠色產業」三大行動，並以六大技術路徑為核心，包括極致能源效率、氫碳循環高爐 (HECR)、氫基豎爐、近終形製造、冶金資源循環利用及碳捕捉再利用 (CCU) 等。寶武的富氫碳循環氧氣高爐 (HyCROF) 技術，透過高爐頂氣分離 CO₂，回收高還原能力副產 CO 導入高爐，並以綠電替代化石燃料加熱，預計可將高爐減碳 20%，未來將進一步提升減碳能力。

2023 年 9 月，八鋼 2500m³ HyCROF 商業化項目正式運行，預計年減排二氧化碳 100 萬噸。寶鋼則推出 BeyondECO® 低碳鋼品牌，要求產品碳足跡降低比例達到 30% 以上。

(六) 河鋼集團：

河鋼集團同樣積極推動低碳轉型，2024 年 4 月推出低碳排放產品 HINEX Steel，並構建「6+6+5」多元低碳排放產品組合矩陣。河鋼已投產搭配 DRI 製程的汽車板連鑄生產線，提升低碳鋼品市場競爭力。河鋼的技術策略包括高爐富氫噴吹、DRI-EAF(直接還原鐵-電爐) 路徑，並強化廢鋼回收利用，降低碳排放。

(七) 日本製鐵：

日本製鐵積極推動碳中和技術，主力技術包括 Super COURSE50(高爐富氫噴吹)、氫基還原鐵 (DRI)、碳捕捉與再利用 (CCU) 等。Super COURSE50 計畫以外部氫氣還原碳基還原，提升氫氣投入量，CO₂ 減排量可達 43%。同時，日本製鐵與 Tenova 合作，導入 ENERGIRON 技術，建設日本首座氫基 DRI 實驗廠，推動氫能煉鐵產業化。

(八) JFE：

JFE 鋼鐵以高爐富氫噴吹、DRI-EAF、碳捕捉與再利用為主軸，並積極開發地熱發電等再生能源。JFE 與 Emirates Steel Arkan、ITOCHU 合作，生產 DRI 產品，並推動 JGreeX™ 綠色鋼材品牌，廣泛應用於造船、建築、家電等領域。

(九) POSCO：

POSCO 積極發展 HyREX 氫還原煉鐵技術，計畫 2026 年建設試驗裝置，2030 年全面商業化。POSCO 推出 Greenate certified steel™、Greenate carbon reduced steel™ 等綠色鋼品，並打造 INNOVILT、e Autopos、Greenable 三大環保品牌，滿足建築、汽車、能源等產業鏈減碳需求。POSCO 同時投入核能發電電解製氫技術，並研發燃燒氫裂解產氫發電，強化氫能供應鏈。

三、供應鏈變革與資源戰略

(一) 原料與能資源戰略：

下游產業對綠色鋼材的需求快速增長，國際碳關稅、碳足跡認證等政策推動鋼鐵供應鏈加速減碳。鋼廠不僅需提升自身減碳能力，還需協同上下游企業，構建綠色供應鏈體系。原料與能源資源方面，廢鋼作為低碳煉鋼的重要原料，亞洲、歐洲、美洲主要鋼廠均提出提升廢鋼使用比例，減少對原生鐵礦石的依賴；DRI 與 HBI 成為鋼廠低碳轉型的關鍵原料，全球主要鋼廠傾向自建 DRI/HBI 工廠，或與其他企業合資建廠，確保穩定料源；綠氫作為未來鋼鐵減碳的核心能源，歐洲鋼廠積極布局再生能源發電（風能、太陽能、核能等）與電解水製氫技術。亞洲地區綠氫產業鏈尚在起步階段，需待再生能源供應充足後，方能大規模產生綠氫。

(二) 質量平衡法與第三方認證：

主流鋼廠如日本製鐵、JFE 等，採用質量平衡法，將生產過程中減少的碳排放分配給所有鋼鐵產品，並經第三方認證，提升綠色鋼品價值。客戶購買綠色鋼材可獲得相關證書，便於計算產品生命週期碳足跡，提升資訊透明化。

各大鋼廠積極推出綠色鋼品品牌，如 POSCO 的 Greenate、INNOVILT、e Autopos、Greenable，JFE 的 JGreeX™，KOBELCO 的 Kobenable Steel，寶鋼的 BeyondECO®等，並廣泛應用於汽車、家電、建築、能源等領域。

四、市場展望

全球鋼鐵業正處於百年一遇的轉型關鍵期，面對 2050 碳中和目標，綠氫、DRI 與電爐煉鋼成為主流技術路徑。未來鋼鐵業競爭力將取決於減碳能力、能源整合、供應鏈協同及品牌溢價能力。能夠率先實現低碳轉型的企業，將在全球市場中取得領先地位。然而，全球鋼鐵業低碳轉型仍面臨諸多挑戰，包括高昂投資成本、綠氫與綠電供應瓶頸、下游市場接受度有限及國際競爭壓力。未來產業競爭力將取決於減碳技術創新、能源整合能力、供應鏈協同及政策支持力度。

建議企業持續加大對氫基 DRI、電解製氫、碳捕捉與再利用（CCUS）等前瞻技術的研發投入，提升製程效率與經濟性。積極布局再生能源、綠氫產業鏈，確保低碳能源穩定供應，降低生產成本。與下游汽車、家電、建築等產業建立長期合作關係，共同推動綠色鋼材應用，提升品牌溢價能力。更需要政府積極支持與資金補助，推動全球綠色鋼鐵市場健康發展。