



鋼廠動態

- | | |
|--|---|
| 1. 首鋼股份綠色低碳發展的探索與實踐 | 1 |
| 2. 寶鋼達涅利 ECS 水準連續加料電爐成功完成熱試驗 | 2 |
| 3. 神戶製鋼攜手 Midrex 和普銳特冶金建設氫氣鋼鐵廠 | 3 |
| 4. 印度塔塔鋼鐵推出碳銀行將二氧化碳減排轉化為資產 | 4 |
| 5. Hydnum Steel 將在西班牙建造第一座綠色鋼廠 | 5 |
| 6. Emirates Steel Arkan 和 Danieli 簽署了一份諒解備忘錄 | 5 |
| 7. 歐洲鋼廠的脫碳策略與技術路徑 | 5 |

技術/生產資訊

- | | |
|------------------------------------|----|
| 1. 首鋼京唐煉鋼廠廢氣中二氧化碳的資源化利用技術及
工業實踐 | 8 |
| 2. 神戶製鋼減排二氧化碳的核心技術 | 8 |
| 3. 浦項控股 HyREX 中試廠將全面採用氫還原煉鐵技術 | 10 |
| 4. 安賽樂米塔爾將試用二氧化碳轉換技術 | 11 |
| 5. 德國 BSW 鋼鐵公司開發新電爐燃燒技術 | 12 |

6.美國鋼鐵公司與 CarbonFree 合作推動碳捕集利用技術	12
7.高爐低碳煉鐵技術路徑分析及發展建議	13
8.轉爐煉鋼底吹 O_2 - CO_2 - CaO 製程二氧化碳排放分析	14
9.電爐低碳高效智能冶煉技術進步及展望	15
10.生物炭生產技術及其在鋼鐵工業的應用綜述	15
11.低溫冶金理論、技術及未來發展	16
12.國外燒結優化配礦研究進展	16

節能減碳措施

1.東京製鐵宣布推出碳排『近乎零』鋼材：實現低 CO_2 排放新突破	18
2.東京鋼鐵推出綠色鋼鐵品牌 enso [®]	18
3.愛知製鋼刈谷工廠氫燃燒試驗	19
4.塔塔鋼鐵荷蘭公司生產原料中廢鋼占比達 30%的鋼鐵產品	19
5.蒂森克虜伯使用創新性碳追溯和破強度工具支援低碳金屬採購	20
6.ERM 在南威爾斯啟動英國首次海上氫氣試驗	21

技術專欄

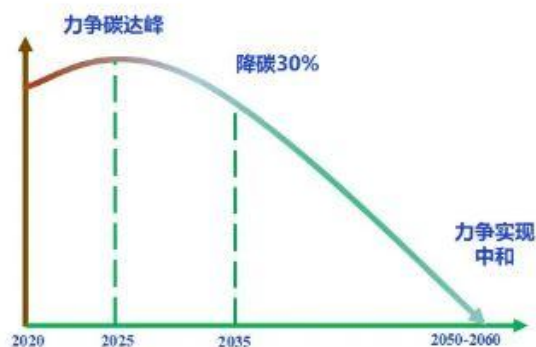
※碳循環管理專利檢索與分析	22
---------------	----

1. 首鋼股份綠色低碳發展的探索與實踐

低碳發展戰略：首鋼股份於 2023 年 7 月正式發佈低碳行動規劃(圖一)，確立低碳戰略目標和實施路徑。著力優化產業結構、工藝流程結構、能源結構、物流運輸結構，走綠色低碳高品質發展道路。

发展目标：

- 2025年，CO₂排放总量力争达到峰值
- 2030年，低碳产品专线具备吨钢CO₂排放强度比2020年降低30%的能力
- 2035年，CO₂排放总量较峰值降低30%
- 2050至2060年，力争实现碳中和



圖一、首鋼低碳行動規劃

全生命週期管理：首鋼股份積極推進全生命週期管理，完善碳資料管理資訊化平臺建設及碳管理平臺的搭建。公司深化 LCA 體系研究，在產品研發設計上秉持綠色發展理念，基於全生命週期評價的方法論，建立完備的產品生命週期評價體系及資料獲取平臺。

EPD 發佈及組織碳認證：2023 年 1 月首鋼遷鋼公司、京唐公司熱連軋鋼板及鋼帶產品 EPD 在鋼鐵行業 EPD 平臺正式發佈；12 月京唐公司熱鍍鋅鋁鎂(低鋁)合金鍍層鋼板及鋼帶、冷軋公司鋼板及鋼帶產品 EPD 正式發佈，完成各基地開展組織碳認證工作。

低碳冶煉技術：依託特有的礦產資源優勢，首鋼京唐三座 5500 特大型高爐使用高比例球團礦冶煉工藝，球團礦比例由 2020 年 48%提升到 55%，並展開 70%大球比測試，遠期目標為 80%。首鋼遷順汽車板產線球團礦比例由 2020 年 28%提升至 50%，遠期目標為 80%。球團礦比例每提高 10%，每噸鐵 CO₂ 排放強度降低 50kg 以上。

首鋼京唐公司組織展開 50%大廢鋼比冶煉，實現七爐連澆，降碳比例達 43%。遷順汽車板產線已在 UF 鋼、IF 鋼、高強 IF 鋼三類鋼種上展開多爐大廢鋼比冶

煉，廢鋼比均達到 40% 以上，與 2023 年對比減碳比例達 40%。

極致能效利用：首鋼股份貫徹落實《鋼鐵行業能效標杆三年行動方案》，深入展開製程節能降耗研究，提升能源轉換效率，推進智慧能源建設。

清潔能源應用：已利用廠房屋面、停車場等場所建設太陽能發電累計 14MW，年發電 1550 萬 kWh，CO₂ 年減排 1.37 萬噸。首鋼遷順產線正在建設 37MW 太陽能項目。公司 2023 年直購綠電 12.35 億 kWh，此外，應用綠證定向抵扣機制實現供部分客戶的產品 100% 綠電。

(摘自：[鐵諾信息網 2024-07-04](#))

2. 寶鋼達涅利 ECS 水準連續加料電爐成功完成熱試驗

寶武集團寶山鋼鐵公司（以下簡稱“寶鋼股份”）的低碳節能改造項目取得重要進展，該公司安裝的達涅利 ECS 水準連續加料電爐近日在上海寶山基地電爐廠完成熱試驗，助力寶鋼股份實現低碳發展的目標。

寶鋼股份電爐低碳節能改造項目是寶鋼股份 2024 年重點項目之一，旨在通過技術提升，實現電爐煉鋼的節能降碳目標，並大幅度減少碳排放。這套 ECS 水準連續加料電爐是改造專案中的核心設備，電爐採用零料籃(zerobucket)理念，實現操作的靈活性，能夠在廢鋼和鐵水之間靈活選擇原料，從而最大程度地降低對環境的影響。

該項目包含全新的 150t 超高功率電爐，具有原來的 ECS 廢鋼連續加料和預熱的特點。另還配備機電一體化技術模組，以滿足生產智慧化及無人化的需求。技術模組包含達涅利 Q-SmarTEC 動態電極冷卻系統、配有自動填砂裝置和自動下渣檢測的 Q-ATS 自動出鋼系統，以及 Q-Robot 自動取樣機器人，可最大限度地減少運營成本，實現自動化煉鋼。

說明：

ECS 水準連續加料電爐是一種新型的電爐煉鋼技術，它具有以下特點：

- 高效率：ECS 水準連續加料電爐的爐膛容積利用率高，可以實現連續加料，從而提高生產效率。
- 低能耗：電極消耗量低，可以降低電耗。
- 低排放：煙氣粉塵排放量低，可以減少環境污染。
- 高安全性：電爐的運行安全可靠，可以降低事故發生率。

ECS 水準連續加料電爐的工作原理是：廢鋼由給料機平穩連續地送入爐內，在電弧的加熱作用下熔化成鋼水。鋼水在爐內流動，並與爐膛內的氧化劑反應，去除雜質。當鋼水達到預定的成分和溫度後，通過爐底傾倒機構排出爐外。

“ECS 水準連續加料電爐”中的 ECS 是 “Electric Furnace Continuous Scrap Feeding System” 的縮寫，即電爐連續廢鋼加料系統。

(摘自：[鐵諾信息網 2024-07-15](#))

3. 神戶製鋼攜手 Midrex 和普銳特冶金建設氫氣鋼鐵廠

神戶製鋼及其全資子公司 Midrex Technologies, Inc. (Midrex) 與工程設計和工廠建設公司普銳特冶金技術公司 (Primetals Technologies) 合作，在芬蘭 Inku 建設一座使用氫氣的鋼鐵廠。該工廠將採用 Midrex H2™ 製程，使用 100% 綠色氫氣作為還原劑，實現鋼鐵生產的近零碳排放，預計產能為每年 200 萬噸熱直接還原鐵 (HDRI) 和熱壓塊鐵 (HBI)。

Blastr Green Steel (Blastr) 是一家促進北歐鋼鐵業脫碳的鋼鐵公司，該公司將採用 MIDREX H2™ 製程生產高級鋼材，與傳統製程相比，二氧化碳排放量減少約 90%，每年減少約 600 萬噸二氧化碳。

MIDREX® 製程是一種直接還原技術，約佔全球還原鐵產量(天然氣直接還原

鐵)的 80%。Midrex 提供使用天然氣($\text{CO}+\text{H}_2$)作為還原劑的 MIDREX NG™、以氫氣取代天然氣的 MIDREX Flex™以及新採用的 100%氫氣還原劑的 MIDREX H2™。

(摘自：[神戶製鋼 2024-07-12](#))

4. 印度塔塔鋼鐵推出碳銀行將二氧化碳減排轉化為資產

印度塔塔鋼鐵公司在 7 月 11 日宣佈推出「碳銀行」，這是一種虛擬儲存庫，將二氧化碳減排轉化為未來使用的有價值資產。二氧化碳被廣泛認為是由於工業和運輸中使用各種化石燃料而排放的有害物質，該公司表示，鋼鐵業的生產線尤其依賴煤炭和其他化石燃料，導致釋放大量二氧化碳。

碳銀行在衡量和管理各種可持續專案產生的二氧化碳節省量，不僅有助於實現環境目標，還可以產生收入，再投資於進一步的脫碳工作。塔塔鋼鐵公司已確定了一些可以減少二氧化碳排放的專案，這些專案的減排量由獨立審核員嚴格監控，並按照 ISO 系統驗證，最終簽發碳節約證書並虛擬存入碳銀行。

印度碳市場將由印度能源效率局 (BEE)、印度電力部 (MoP) 和印度環境、森林和氣候變遷部 (MoEFCC) 共同管理，將採用基於強度的方法分配其排放配額，即碳信用證書 (CCC)，涵蓋 11 個產業，包括煉油廠、水泥、鋼鐵等。市場將遵循一年的合規週期，要求合規市場中的公司每年報告業績。印度碳市場將涵蓋更多類型的溫室氣體，並採用“門到門”的方法核算排放量，即核算從接收原料到完成生產過程的排放量。市場將不包括來自再生能源、生物質或生物源能源的溫室氣體排放，以及透過碳捕獲、利用和儲存或 CCUS 技術進行適當處理的排放。印度碳市場的啟動預計將覆蓋約 8 億噸二氧化碳當量的排放量，並推動清潔能源技術的採用。

(摘自：[steelorbis 2024-07-11](#)、[S&P Global 2023-11-10](#))

5. Hydnum Steel 將在西班牙建造第一座綠色鋼廠

西班牙 Hydnum Steel 計劃建造該國第一座綠色鋼廠，將使用綠氫生產直接還原鐵 (DRI) 並利用電爐來生產高品級鋼品。

該廠位於普埃爾托利亞諾，投資額為 16.5 億歐元，預計於 2025 年動工，初期規劃年產量 150 萬噸，後續將增加到 260 萬噸。生產過程將全程使用可再生能源，與傳統高爐製程相比，二氧化碳排放量將接近零。

(摘自：[GMK Center 2024-07-11](#))

6. Emirates Steel Arkan 和 Danieli 簽署了一份諒解備忘錄

位於阿布達比的 Emirates Steel Arkan，該公司擁有兩座低排放小型鋼廠，生產由 Danieli 提供的優質長材 (厚型材、棒材和線材)，並採用 Energiron DRI 技術和 Hytemp 氣動加料技術，將熱 DRI 加熱至 600°C 進入電爐。

Emirates Steel Arkan 希望進一步減少碳足跡，因此正在研究於其中一座 DRI 工廠安裝 e-PGH 電製程氣體加熱器 (electrical Process Gas Heater) 的可能性，加熱器設計於加熱液態或氣態流體，對應於流體的類型、壓力、溫度等條件，設定應對的條件。由電能轉換為熱能，不由化石燃料燃燒，而電能的來源預期能使用再生能源。

(摘自：[DANIELI 達涅利 2024-06-25](#))

7. 歐洲鋼廠的脫碳策略與技術路徑

歐洲鋼鐵脫碳策略可分為兩種，一是限制現有高爐工藝的排放；二是採用非高爐技術取代高爐工藝。

一、限制現有高爐工藝的排放

即使採用 CCUS 技術，例如向高爐中噴吹氣體減少煤炭消耗，也不會顯著減少碳排放，因高爐的排氣口數量眾多，基礎設施要求高，成本較高，廢氣中的二氧化碳濃度僅 4%-5%，氣體去除效果不佳；使用生物質，則需要大量穩定供應生物質和適當的基礎設施；廢鋼在高爐-轉爐爐料中所占比例較高，但受限品質要求及市場上優質廢鋼的長期短缺。且歐洲許多高爐-轉爐的產能已接近其使用壽命，需要徹底改變技術。因此尚未在歐洲鋼鐵生產中廣泛使用。

二、非高爐技術取代高爐工藝

歐洲領先的製造商重點關注直接還原鐵 (DRI)、直接電解和冶煉工藝，這些技術無需使用碳燃料和還原劑，也不需要 CCUS 裝置，但通常需要使用氫氣和電力等清潔能源。在歐洲流行的非高爐策略歸結為三項關鍵技術 (表 1)，包括煤基或氣基 (氫氣) 豎爐中生產海綿鐵、熔融電解技術 (AE 和 MoE)，以及熔融還原技術 (HPSR 和 Hisarna)。MOE 和 HPSR 技術不需要二次加工，因其可以直接生產鋼水。其他策略包括進一步在電爐將鐵水轉化為鋼。

表一、非高爐策略

名称	炼铁技术	能源	无 CCUS 的 CO ₂ 减排潜力	有 CCUS 的 CO ₂ 减排潜力	技术成熟度	欧盟钢铁企业
NG-DRI	直接还原铁	天然气	35%	80%	成熟	安米、萨尔茨吉特
H ₂ -DRI	直接还原铁	绿氢	97%	不需要	未成熟	SSAB、萨尔茨吉特、蒂森克虏伯
HPSR	氢等离子体熔融还原	氢气 + 氫 / 氫气 + 绿电	95%	不需要	低	奥钢联
AE	低温电解铁	绿电	95%	不需要	低	安米
MOE	高温熔融氧化铁电解	绿电	96%	不需要	很低	安米
Hisarna	铁水熔池反应器熔融还原	煤粉	20%	80%	中等	塔塔钢铁

注：与常规高炉工艺相比的碳减排潜力，范围 1 和范围 2

歐盟目前有 65 座正在運行的高爐，總產能近 1.23 億噸/年。歐洲十大高爐生產商占歐洲鐵總產量的 83%。此外，還有大約 2000 萬噸高爐產能被閒置或退役。安賽樂米塔爾、蒂森克虜伯等鋼廠陸續關停高爐，歐洲地區產能過剩和效率低下是高爐業務減少的主要原因。

歐盟已宣佈的 DRI 總產能約為 3300 萬噸，占高爐產能的 27%。其中一些項目已經開始運行，但迄今為止僅處於中試階段，各鋼廠採用的技術與年產量如表二：

表二、鋼廠技術與年產量

鋼廠	使用技術	年產量(萬噸)
安賽樂米塔爾，德國漢堡廠	採用 Midrex 技術(天然氣基)	50
H2 Green Steel	類似 Midrex 工廠	210
蒂森克虜伯，杜伊斯堡廠	計畫採用 Midrex 技術	250(預估)
TATA Steel，艾默伊登工廠	Hisarna 技術，還原潛力估計只有 80%	n/a

歐洲非高爐項目不超過新增產能的三分之一，主要將進口 HBI 作為 DRI 來源。歐洲 DRI 產品的消費量超過了其自身的產能。2023 年，歐洲以熱壓塊鐵 (HBI) 的形式進口約 270 萬噸 DRI，通常與廢鋼一起進口。在廢鋼電爐煉鋼過程中，添加 HBI 可提高鋼材品質，同時減少碳排放，以使用鐵礦品位達到或超過 67% 的生產 DRI 最有效。NG-DRI 技術已經成熟，為未來使用低排放氫氣鋪平道路，最終實現碳減排 97%。

(摘自：[鐵諾信息網 2024-07-03](#))

1. 首鋼京唐煉鋼廠廢氣中二氧化碳的資源化利用技術及工業實踐

本論文系統性分析鋼廠煙氣中 CO_2 捕集利用特點，在首鋼京唐開發了煉鋼廠廢氣中二氧化碳的資源化利用技術，將石灰窯尾氣中捕集的 CO_2 應用於轉爐頂底復吹製程中發揮冶金作用。透過 PSA 變壓吸附法和液化提純法，將石灰窯尾氣中 CO_2 體積分數由 23.5% 提高至 99.8%。並透過轉爐頂底復吹 CO_2 系列試驗，研究了 CO_2 對轉爐終點碳氧積、爐渣 TFe 含量、氮含量、熱量及爐底侵蝕的影響。

轉爐頂吹 CO_2 和 O_2 混合氣體時， CO_2 混合體積分數為 8.1% 時，碳氧積、爐渣 TFe 和脫磷率達到最好結果。轉爐底吹 CO_2 時，轉爐終點氮含量隨著 CO_2 噴吹時間延長而降低。轉爐底吹 CO_2 須同氫氣進行切換，冶煉末期末吹 CO_2 導致 CO 分壓升高，底吹 CO_2 時間控制在 12 分以前可以避免碳氧積和爐渣 TFe 含量升高。噸鋼噴吹 1m^3 CO_2 引起熔池平均溫降為 $6.4 \sim 8.3^\circ\text{C}$ ，熱量由鋼液轉移至轉爐煤氣 CO 中。為了利用底吹 CO_2 的冷卻效應保護底吹槍，提高 CO_2 和鋼液碳的反應率， CO_2 應在高速脫碳期吹入；同時為了避免 CO_2 的弱氧化性侵蝕耐材，吹煉末期低碳範圍避免噴吹 CO_2 ，末期 CO_2 和鋼液反應產生的金屬氧化物導致耐材侵蝕更快。

(摘自：[鋼鐵 2024-07-10](#))

2. 神戶製鋼減排二氧化碳的核心技術

一、煉鐵過程中減排 CO_2 的措施

(1) MIDREX® 製造直接還原鐵

神戶製鋼 CO_2 減排解決方案的核心技術是 MIDREX® 技術，該技術是採用天然氣的直接還原煉鐵法。目前，全球直接還原鐵產量的約 6 成 (天然氣基約

8 成) 是由該技術生產的。

(2) 高爐多配比直接還原鐵技術

該公司積極致力於還原鐵的高爐利用。2023 年，在加古川制鐵所將還原鐵 (HBI) 大量裝入實際高爐，減少煤的使用量，高爐的 CO₂ 排放量比以往減少約 25%。這是在保持大型高爐穩定作業的同時，CO₂ 減排量達到較高水準的實績，高爐大量裝入 HBI 是通過該公司獨有的高爐操作技術實現的。

(3) 支援煉鐵工藝減排 CO₂ 的核心技術

該公司的“還原鐵製造技術”和“熱流體控制技術”等核心技術，有助於滿足多種需求工藝條件的優化。今後為了實現減排 CO₂、穩定運行和控制成本，AI 操作的爐況預測和傳感技術的革新是不可缺少的。神戶製鋼的支援下一代高爐作業的“程序控制技術”“特殊條件下的測量技術”“資料驅動科學及 AI 應用技術”等也能促進上述目的的實現。

二、製程設備對實現綠色社會的貢獻

(1) 有助於減排 CO₂ 的製程設備

最近，以節能為目標的冷熱有效利用的需求不斷提高，因此考慮引入適合氣化時冷熱回收的中間介質式氣化器 (IFV : Intermediate Fluid type Vaporizer) 的案例正在增加。面向未來的碳中和社會，也考慮到從 LNG 向液化氫的燃料轉換，但迄今為止沒有 IFV 方式的液化氫氣化器。因此，該公司正在推進利用 LNG 汽化器培育技術的 IFV 方式的液化氫氣化器的驗證。

神鋼環境解決方案公司 (簡稱 SKS) 於 20 世紀 90 年代開發並商品化了使用固體高分子電解質膜 (PEM : Polymer Electrolyte Membrane)，使用自來水電解製造高純度氫氣的裝置 (商品名 HHOG : High-purity Hydrogen Oxygen Generator)。最初主要用於半導體、電子產業和金屬熱處理的工業氣體的現場供給。最近，以碳中和為背景，面向能源用途的需求急劇擴大。預計今後作為電解電力利用可再生能源的“CO₂ 自由氫 (綠色氫)”的需求也會增加。

(2) 結合神戶製鋼製程設備的“混合型氫氣供應系統”的驗證

該公司以為碳中和社會提供“穩定且廉價的氫供給”的解決方案為目標，推進“混合型氫氣供給系統”的驗證。這個系統由該公司的以下三項技術構成：

- 1) IFV 方式的超低溫液化氫氣化器；
- 2) 利用可再生能源的水電解氫製造裝置；
- 3) 監視控制“創造和使用”的運行管理。

具體來說，通過將液化氫的氣化器和可再生能源+水電解裝置並列配置的“混合型氫氣供給系統”，同時實現節省成本，又消除再生能源特有的供給不穩定的問題。此外，還可以將液化氫氣化時產生的冷能用於工廠內設備冷卻、空調和熱泵等，以提高客戶的製程效率，實現節能化。

(3) 支援 CO₂ 減排製程設備開發的核心技術

該公司的“機械振動、聲音和動態特性控制技術”“熱流體控制技術”“吸附和分離技術”都是應對這些問題的核心技術。

三、副產品的再資源化

神戶製鋼致力於開發利用煉鋼渣的 CO₂ 固化工藝。首先，從使用完的煉鋼渣中，利用獨特溶劑選擇性地提取 CaO；再通過來自工廠的廢氣與含有 CaO 的溶劑反應，可以使廢氣中的 CO₂ 作為高純度的碳酸鈣 (CaCO₃) 固化。這是對煉鋼渣的資源循環(抑制路基材料膨脹)和抑制溫暖化(CO₂ 固化)兩方面都有好處的工藝，目前正在推進其技術的開發。

(摘自：[鐵諾信息網 2024-07-11](#))

3. 浦項控股 HyREX 中試廠將全面採用氫還原煉鐵技術

浦項控股宣布到 2050 年，其 HyREX 中試廠所有產品將完全使用氫還原煉鐵技術生產。目前，HyREX 中試廠於 4 月中成功生產出 DRI，經分析其原料的碳含量雖沒有達到標準，但也達到了 90% 以上的目標。生產能力已經達到 24 噸直接還原鐵 (DRI) / 天，每噸 DRI 的二氧化碳排放量為 400 公斤，遠低於使用焦

炭和天然氣等化石燃料的排放量。一旦使用可再生能源生產氫氣，該中試廠或將實現「零碳排放」。

計劃在 2025 年第 1 季建設每小時產能為 36 噸 DRI 的氫還原 HyREX 設施，預計於 2027 年完工，到 2030 年實現商業化生產。目標是到 2040 年將直接還原鐵產量增加至 250 萬噸/年。

由於氫還原的成本比現有生產成本高出 30% 以上。需通過製程創新、降低可再生能源制氫成本等手段來降低生產成本。浦項控股計劃與韓國政府討論如何改善國家電力供應以滿足大規模低碳排放鋼材生產對綠色電力的需求。

(摘自：[鐵諾信息網 2024-07-09](#))

4. 安賽樂米塔爾將試用二氧化碳轉換技術

安賽樂米塔爾和三菱重工有限公司 (MHI) 以及氣候技術公司 D-CRBN，將試驗一種將二氧化碳轉化為一氧化碳的技術，然後將其用於鋼鐵和化學生產。此試驗將在安賽樂米塔爾的比利時工廠進行，使用再生電力，利用電漿(PLASMA) 將 C-O 鍵打破，由 CO₂ 轉化為 CO。

此製程需要高純度 CO₂，可由三菱重工的碳捕獲裝置提供，該裝置目前用於捕獲比利時工廠的高爐廢氣和熱軋帶鋼再加熱爐廢氣，測試的過程也確保煉鋼製程中，產生的 CO₂ 伴隨的任何雜質，不會對反應有不利影響。一氧化碳可用作煉鋼過程中的還原劑，取代焦炭，或於比利時 Steelanol 工廠用在化學品或替代燃料生產的基本成分。

(摘自：[ArcelorMittal 2024-07-08](#)、[MITSUBISHI 2024-07-08](#))

5. 德國 BSW 鋼鐵公司開發新電爐燃燒技術

德國鋼鐵製造商 Badische Stahlwerke GmbH (BSW) 宣布與其子公司 Badische Stahl-Engineering GmbH (BSE) 和亞琛工業大學合作開發新燃燒器技術，用於電爐鋼廠的氫氣使用，減少碳排放並促進脫碳。該項目獲得德國聯邦經濟事務和氣候行動部提供的 230 萬歐元資金，預計持續三年。

新技術能夠靈活使用氫氣或氨作為燃料，以減少或替代天然氣使用，並將在 BSW 測試工廠進行測試和優化。BSW 致力於到 2045 年實現碳中和，目前其碳排放量已比傳統高爐生產商少 80%。

(摘自：[SNN 環宇鋼鐵網 2024-07-16](#))

6. 美國鋼鐵公司與 CarbonFree 合作推動碳捕集利用技術

美國鋼鐵公司與 CarbonFree 公司簽署了為期二十年的合作協議，在其印第安納州加里廠新建一座採用 SkyCycle™ 技術的碳捕集利用工廠。

這座工廠計劃於今年開始建設，預計 2026 年投入營運，每年可捕集 50000 噸二氧化碳，並將其轉化為碳酸鈣，用於製造各種產品。該工廠將成為北美鋼鐵行業第一個商業規模的碳捕集和利用設施，並有助於地方經濟和環境保護。

CarbonFree 開發的 SkyCycle™ 技術在工業來源的碳排放進入大氣之前捕獲它們，並將其轉化為沉澱碳酸鈣 (PCC)。該過程涉及捕獲二氧化碳排放，然後利用化學反應將二氧化碳礦化成穩定、無害形式的碳酸鈣，可用於造紙、塑膠、建築材料、油漆和個人護理產品等多種行業。該技術還生產鹽酸 (HCl) 作為副產品。

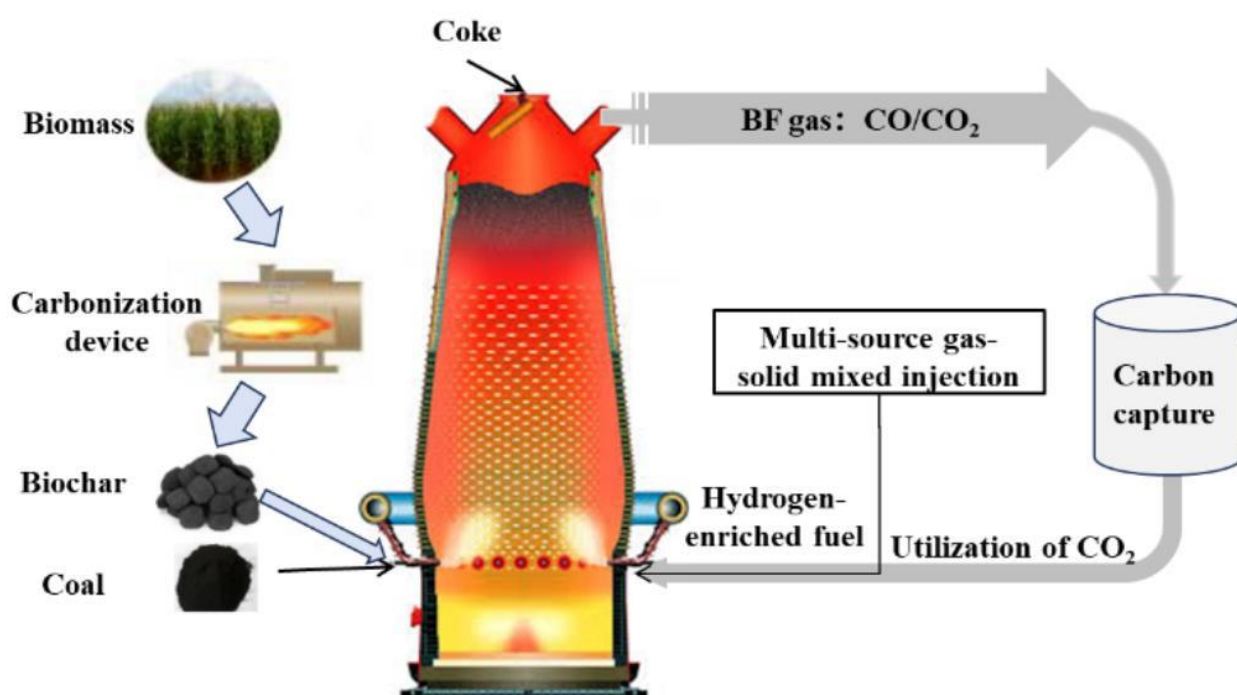
SkyCycle™ 具有模組化和可擴展性，這意味著它可以在不同的工業現場實施，而無需大量的新基礎設施。該技術被視為減少工業二氧化碳排放和幫助工業實現脫碳目標的關鍵工具。

美國鋼鐵公司還在賓州蒙瓦利廠測試先進的薄膜技術，並致力於 2030 年實現溫室氣體減排 20%，2050 年達到碳淨零排放。

(摘自：[SNN 環宇鋼鐵網 2024-07-16](#))

7. 高爐低碳煉鐵技術路徑分析及發展建議

本論文介紹了國外主要的高爐低碳冶金的技術路線和發展方向，並對中國近年來的高爐低碳冶煉示範項目進行總結。認為高爐富氫工藝是現階段工藝技術改進的首選方向，但其碳減排的幅度有限，僅可實現減少 CO_2 排放 10%~30%，不能從根本上解決高爐碳排放高的問題，故提出了一種高爐源頭生物質減碳-過程富氫降碳-末端 CCUS 固碳全製程低碳冶煉工藝，並對其各個路線的關鍵技術進行了深入分析，認為全製程低碳冶金將是未來鋼鐵業發展的重要方向，具有較高的技術可行性和減排效果。



圖二、高爐全製程低碳冶煉路線

(摘自：[鋼鐵 2024-07-01](#))

8. 轉爐煉鋼底吹 O_2 - CO_2 -CaO 製程二氧化碳排放分析

本篇研究探討轉爐使用底部吹煉 O_2 - CO_2 -CaO 技術對二氧化碳排放的影響，通過從底部吹入石灰粉，設計粉末噴塗流量最大流量為 240 kg/min，對應噴塗強度為 0.8 kg/(t·min)。每爐可噴粉 6~12 公斤/噸，有效滿足脫磷所需石灰。此製程的載氣是 O_2 - CO_2 混合氣，流速為 2700 Nm³/h。底吹強度可達 0.2Nm³，顯著提高脫磷效率(傳統單爐製程 2-4 倍)及減少原料消耗，同時提高鋼鐵品質，在透過分析四種不同轉爐製程下二氧化碳排放量，顯示其中兩種底吹 O_2 - CO_2 -CaO 製程的應用，雙爐法減少 24.6 kgCO₂/t，傳統單爐法減少 30.1 kgCO₂/t，估算此技術應用於年產 2000 萬噸粗鋼的鋼廠，預估每年可減少二氧化碳排放量 60 萬噸，目前該技術已在首鋼 300 噸轉爐實施。

補充：①公司因受限設備空間，目前採傳統單爐雙渣法，但本研究提及底吹 O_2 - CO_2 -CaO 製程，在傳統單爐法有相當減碳效益，對公司仍有參考價值。

②6 月碳中和小組會議紀錄提及"中鋼轉爐底吹 CO_2 測試結果與首鋼經驗相符"，公司現行做法是投入 CaO，可供現場評估底吹 CaO 可能性。

③公開號 CN118291707A，專利名稱：一種底吹脫碳爐渣粉末的轉爐脫磷方法

(摘自：[Sage Journal 2024-05-01](#))

9. 電爐低碳高效智能冶煉技術進步及展望

本論文分析了電爐低碳、高效、智能冶煉技術所存在的技術瓶頸，並介紹寶鋼湛江零碳示範產線及寶鋼電爐流程生產高品級鋼的研究進展，並對電弧爐煉鋼技術的未來發展方向進行了展望。

截至目前，透過使用綠色原料與能源，降低能耗物耗，強化能量輸入，促進熔池內的化學反應與開發相關製程模型已有效提高電爐的低碳化、高效化、智能化水平；但仍然存在著諸多問題，如固態爐料熔化緩慢，終點鋼水過氧化嚴重，鋼中有害元素與殘餘元素難以有效脫除，能量利用效率普遍偏低，線上檢測與控制手段缺乏，冶金反應機理尚不明晰等。

未來隨著電爐生產原料的多樣化與設備的大型化，提高電爐能量效率、增強熔池攪拌效果、改良爐渣反應性與發泡性等技術的重要性應得到進一步重視，對電爐生產流程與配套裝備的優化需要進一步推進，開發一系列檢測技術和適用於綠色原料的生產模型，將為實現電爐低碳高效智能冶煉的重要目標。

(摘自：[鋼鐵 2024-07-03](#))

10. 生物炭生產技術及其在鋼鐵工業的應用綜述

本篇綜述了多種生物炭的生產方法及其在鋼鐵工業 (iron and steel industries, ISI) 各個方面的潛在應用。與煤和焦炭相比，生物炭具有更高的熱值 (30-32 MJ/kg)、更多的孔隙率 (58.22%) 和更大的表面積 (113 m²/g) 等優點，應用在鋼鐵工業中可得到不同程度的降低碳排放。然而，生物炭的存在通常會降低煤-生物炭混合物的流動性，並且生物炭生產和應用成本通常較傳統燃料高。生物炭的經濟可行性和社會需求具有高度不確定性，並且根據地點、原料類型、生產規模和生物炭定價等因素而存在很大差異。儘管存在這些挑戰，仍期望透過生物炭技術來減少高爐轉爐操作的排放。

(摘自：[SpringerOpen 2024-07-03](#))

11.低溫冶金理論、技術及未來發展

與高溫冶金相比，低溫冶金過程耗碳少、化學熱及物理熱需求少。透過煤種、粒度、溫度等工藝參數的改變，可控制自產煤氣中 CO₂ 含量。低溫還原過程熱負荷低於高溫還原透過上下加熱為主、四周協同加熱強化低溫傳熱。提出了冷壓球團-低溫還原-電爐熔分鋼鐵冶煉新工藝流程，研發了低溫還原反應新設備，開發了自產煤氣低成本 100%循環利用、低溫還原爐廢熱梯級利用、抑制磷、矽還原等技術，實現了從原料預處理到煉鋼過程的連續化生產，省去了燒結、焦化、氧化球結等煉鐵工序和部分煉鋼工序，實現了大幅度降低了冶煉能耗、煤耗、二氧化碳排放量以及煉鋼過程的氧氣和生石灰消耗。

本研究開發出 5 萬噸年產能級的低溫還原煉鐵新裝備工業試驗設備，創造了噸金屬煤耗 300kg 的煤基煉鐵流程新記錄，得到低磷、低硫、低碳鋼水。低溫冶煉技術於金屬鐵粉製備、含鋅粉塵制備金屬鋅錠、釩鈦磁鐵礦、鈦鐵精礦粉、高磷鐵礦、廢舊電池回收、廢輪胎回收領域等多個領域應用。利用可再生能源生物質或生物炭逐步替代煤粉進行低溫還原，有望實現冶煉過程的近零碳排放。

(摘自：[鋼鐵 2024-07-10](#))

12.國外燒結優化配礦研究進展

燒結最佳化配礦是高爐煉鐵降本降耗的核心，國外研究從鐵礦粉特性、燒結杯試驗、數學模型等多個角度進行了大量的工作。鐵礦粉常溫特性獲取成本低，是國外鋼廠實際使用最多的方法，但在原料條件變化大的情況下還需要考慮鐵礦粉高溫特性對燒結配礦的影響。透過鐵礦粉特性進行礦粉搭配，僅在理論上滿足了配礦需求，而燒結杯試驗可以對鐵礦粉性質或燒結原料製程的理論分析結果進行有效驗證，避免實際生產中的燒結礦產品質出現較大的偏差。

燒結最佳化配礦模型的研究重點包括燒結製程與燒結礦高溫冶金性能的高效利用。從鋼鐵廠鐵前系統資料與生產條件出發，建構基於現場燒結原料特性、燒結操作、燒結礦常溫與高溫冶金性能、燒結-高爐狀態等歷史資料的燒結最佳化配礦模型，最終實現穩定燒結礦質量並降低生產成本的燒結最佳化配礦。

(摘自：[鋼鐵 2024-06-29](#))

1. 東京製鐵宣布推出碳排『近乎零』鋼材：實現低 CO₂ 排放新突破

東京製鐵於 2024 年 7 月 1 日推出名為「ほぼゼロ」(Hobo Zero) 的新型綠色鋼材，大幅降低製造過程中的 CO₂排放量，該鋼材每噸的 CO₂排放量僅為 0.1 噸，相較傳統鋼材的 0.4 噸，有顯著減少。透過使用非化石能源（如太陽能和風能）的電力實現，除了外部購電外，東京製鐵還將增加自己的太陽能發電，並與九州電力合作，並獲得了法國獨立第三方機構「Sokotec Certification Japan」的驗證，有助於客戶在其供應鏈的「Scope 3」範疇內減少 CO₂排放，符合國際可持續性標準。

（摘自：[東京製鐵 官網 2024-07-01](#)）

2. 東京鋼鐵推出綠色鋼鐵品牌 enso[®]

日本製鐵參股 19.9%的東京鋼鐵公司，於 2024 年 6 月推出綠色鋼鐵品牌 enso[®]，寓意永恆、無限、和諧、平衡及生命循環，象徵著該公司致力於循環經濟，計畫從化石燃料過渡到綠色能源，從碳密集型生產方式轉型成綠色低碳鋼鐵生產。

東京鋼鐵目前採用電爐煉鋼，並嘗試使用 100%可再生能源生產，enso[®]初期系列產品將包括熱軋捲和熱軋板，前者相比傳統高爐製程減碳 66%，後者則減碳達 80%。

（摘自：[鐵諾信息網 2024-07-09](#)）

3. 愛知製鋼刈谷工廠氫燃燒試驗

愛知製鋼公司為實現碳中和，完成了刈谷工廠鋼材熱處理爐的氫燃燒改造工程，並進行氫燃燒技術的實證試驗。刈谷工廠引入再生能源電力和碳中和都市燃氣，於 2022 年 3 月成功削減每年約 1 萬 2 千噸的 CO2 排放量，達成碳中和目標。

公司與東邦燃氣集團及愛知賽拉科技株式會社合作，推進氫燃燒改造工程，試驗開發氫燃燒鋼材熱處理技術，並將獲得的技術知識應用於其他工廠的氫利用，公司將持續致力於實現脫碳社會，推動清潔能源利用。

東邦瓦斯株式會社生產的都市煤氣是通過碳中和天然氣（液化天然氣）製造的，通過森林保護項目等方式抵消了從天然氣開採到燃燒過程中產生的二氧化碳排放。

（摘自：[aichi-steel 2024-07-05](#)）

4. 塔塔鋼鐵荷蘭公司生產原料中廢鋼占比達 30%的鋼鐵產品

塔塔鋼鐵荷蘭公司推出新品牌“Zeremis®Recycled”，並開始以該品牌為依託生產原料中廢鋼占比達 30%的鋼鐵產品，旨在促進廢鋼循環利用，減少二氧化碳排放，同時滿足汽車、包裝和建築行業對低碳排放鋼鐵產品的需求。

該公司計畫在未來幾年內轉型為一家綠色鋼鐵公司，計畫到 2030 年將二氧化碳排放水準降低 40%，同時提高廢鋼利用率。早些時候，塔塔鋼鐵已推出 Zeremis®Carbon Lite 產品，是一種碳足跡減少高達 90%的鋼材，以及 Zeremis®Delivered，這是客戶通過低排放運輸方式接收鋼材訂單的選擇。Zeremis®Recycled”的推出是塔塔鋼鐵開展可持續發展戰略計畫的重要組成部分。未來，該公司計畫進一步擴大其具有高回收材料含量的產品範圍，助力行業可持續發展。

（摘自：[塔塔鋼鐵官網 2024-06-26](#)、[鐵諾信息網 2024-07-09](#)）

5. 蒂森克虜伯使用創新性碳追溯和碳強度工具支援低碳金屬採購

蒂森克虜伯材料服務公司（後簡稱蒂森克虜伯）和 CarbonChain 公司宣佈建立合作夥伴關係，透過新的碳追溯和碳強度工具推進低碳採購，蒂森克虜伯在東歐和西歐的客戶以及供應商將使用此創新的可追溯性和碳強度工具。

此次合作旨在加強排放透明度和資料品質的行業標準，更快地提供更準確的碳強度。對於尋求低碳材料的客戶而言，可以輕鬆識別、比較和選擇低碳材料，同時利用這些資料制定可持續採購戰略，進而實現淨零碳目標。

CarbonChain 以人工智慧驅動的碳核算平臺透過為碳密集型供應鏈（包括金屬、礦業和製造業）提供準確、精細的數據，實現排放追蹤自動化。CarbonChain 的綜合金屬排放資料庫將利用蒂森克虜伯供應商提供的原始數據進行加強。採購商如果不瞭解所購商品的碳足跡，就無法實現淨零目標。雙方透過合作，為碳資訊貿易提供及時、優質的資料。

今後，蒂森克虜伯的產品碳足跡報告將根據客戶要求、報價或交付情況提供，並按生命週期階段和來源詳細列出排放細目，提供清晰的碳熱點洞察，涵蓋從原產地到最終客戶的所有溫室氣體排放。

備註：CarbonChain 是一家總部位於英國的軟體公司，為高度污染行業的公司提供 SaaS（軟體即服務）平臺，協助跟蹤供應鏈碳排放：1. 測量範圍三排放，2. 採取措施減少排放，例如：識別最大的排放源、設定減排目標、跟蹤進度。其平臺還可以幫助公司遵守法規，例如歐盟排放交易系統（ETS）和碳邊境調整機制（CBAM）等。

（摘自：[我的鋼鐵網 2024-06-17](#)）

6. ERM 在南威爾斯啟動英國首次海上氫氣試驗

ERM 公司在南威爾斯啟動英國首次海上氫氣試驗。該試驗將評估使用浮動風力渦輪機生產綠色氫氣的可行性。該試驗在海上使用 Dolphyn 氫製程方法及結合最先進的浮動風力和電解技術生產氫氣，其透過管道輸送到岸上，可儲存在岸上或直接用於發電、運輸、工業等其它相關用途。Dolphyn 氫製程它不需要電力連接，並提供一種低碳能源發電的途徑，而無需相關電網限制或消耗其他可再生能源的能源，可以幫助我們減少對化石燃料的依賴，是一種可持續的能源解決方案。

(摘自：[hydrogentechworld 2024-07-03](https://hydrogentechworld.com/2024/07/03/erm-launches-first-offshore-hydrogen-trial-in-wales/))

碳管理技術專利檢索與分析

撰稿者 T41 王則堯工程師

碳管理之重要性

減碳為國際趨勢，而碳管理則是掌握組織排碳量的重要手段，以食品工廠為例，碳盤查是計算一個工廠(組織)的總碳排量，而碳足跡則是盤點一項產品(如一瓶食用油)生命週期的總碳排量，包括原料提取、加工、製造、配銷，到產品使用和壽命終止的處理方式。由此可知，減碳牽涉碳稅、碳交易、碳足跡、碳排放、碳循環週期甚至區塊鏈等諸多議題，為瞭解碳管理技術的發展趨勢以及碳管理技術在國內外布局的情形，將蒐集相關議題之專利並分析之，掌握國際現況。

中華民國專利調查結果

分析台灣專利搜尋結果發現蟲洞科技股份有限公司係主要申請人，而目前在碳管理領域所申請的專利以智慧製造與碳排放最佳化決策、區塊鏈技術以及交易/信用為主。此外，申請人的身份並非集中於高耗能、高碳排的產業，反而是會計師事務所(勤業眾信)、顧問公司(蟲洞科技股份有限公司、永智顧問有限公司)及學校為多。由此可知，因應國際法規的變遷，台灣於 2024 年成立碳權交易所，加上歐盟碳邊境調整機制(CBAM)已於 2023 年 10 月上路，專利申請人為搶得先機，紛紛申請有關碳排、區塊鏈、碳交易系統及方法的專利，以便搶得未來歐盟碳邊境調整機制(CBAM)以及碳權交易實施後，可能產生的巨大商機。

下圖 1 為智慧製造與碳排放最佳化決策圖示例，可快速說明系統概念。首先建立一至少包含直接間接材料碳足跡資訊、輔助機台設備電力資訊以及直接機台設備電力資訊的基礎資料庫(S31);接著設定各項排程需求，包含目標值(例如，碳足跡最高閥值、生產成本最低值等)、輸入生產線機台電力資訊(耗電量)、材

料備料的碳足跡資訊及工序表等生產需求資料、限制條件（例如，非派工時段、材料庫存量、訂單交期...）（S32）；將上述需求饋入一最佳化碳足跡排程管理單元演算碳足跡優化排程（S33）；取得優化排程結果後（S34），透過設備碳足跡聯網監控管理單元，以 IoT 架構自動計算即時碳足跡，即時監控及計算碳足跡（S35），並回饋實際碳排放值至 S34 輸出單元，修正碳足跡優化排程演算模型 S33，修正後資料再回饋至基礎資料庫 S31。

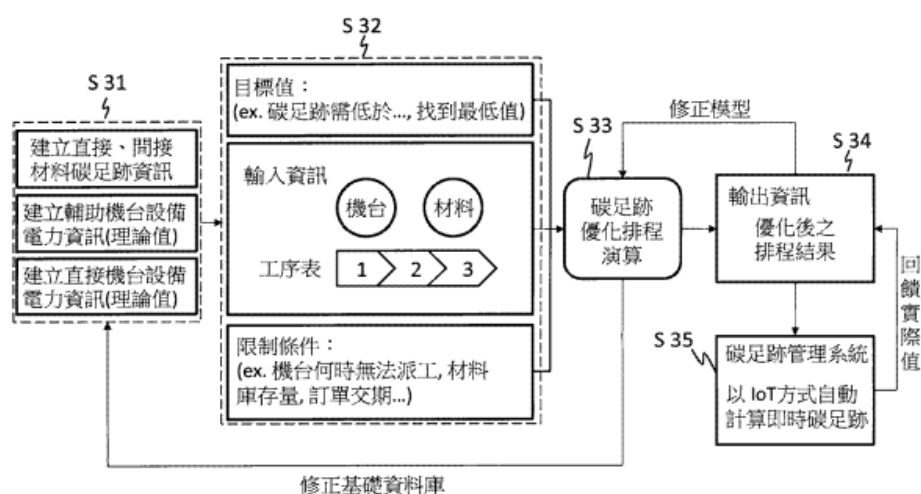


圖 1、智慧製造與碳排放最佳化決策圖

（來源：中華民國專利 TWI818523B）

國外專利調查結果

國外較台灣有更多專利布局，主要集中在交易/信用（45 件）、運輸/車輛（26 件）、區塊鏈（22 件）、碳足跡（18 件）、碳排放模型優化（12 件）。由此可見，在碳循環管理技術中，以信用/交易、運輸/車輛、區塊鏈、碳足跡、碳排放模型優化等 4 類最為重要，也是專利布局的重要區塊。在交易機制外，最為熱門的就是運輸/車輛類別，推估係因全球各行業均會面臨運輸（旅客/原料/產品等）過程中的碳排放/碳足跡問題，也成為申請人投入研發與布局的重點。

下圖 2 為一碳中和資產交易方法示意圖，其中資產持有者代表碳排放，而 CNT（Carbon Neutrality Token，碳中和代幣）持有者則為碳消耗，雙方以「碳」作為交易商品，透過系統進行交易或建置 CNT 投資組合。資產持有者上市資產

(碳排量)，其碳足跡屬性由第三方實體判定及驗證後標示於交易資產。投資者或資產持有者可經由交易所購買 CNT，以增加其總碳足跡屬性值，達成資產碳中和目標。

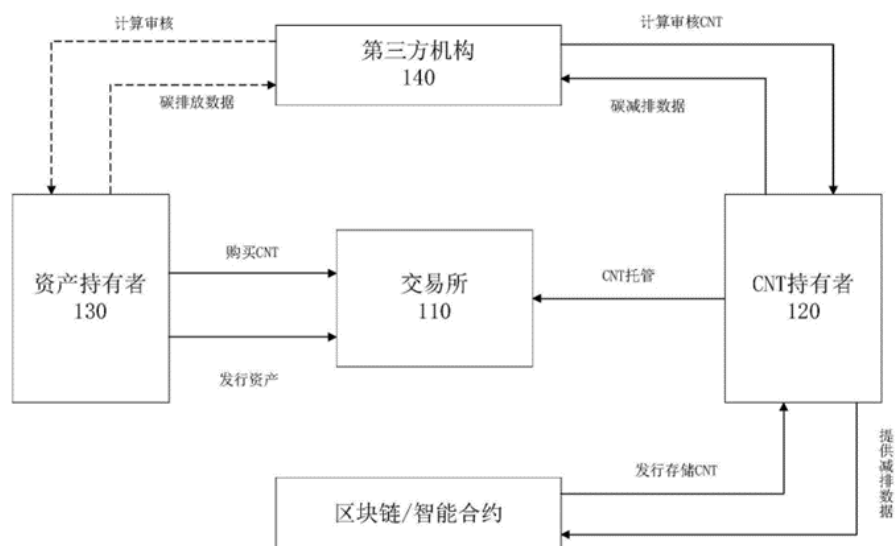


圖 2、碳中和資產交易方法示意圖(來源: WO 專利 WO2022225446)

中國專利調查結果

中國於 2021 年 10 月 27 日發表的《中國應對氣候變化的政策與行動》白皮書顯示，其 2020 年碳排放強度比 2005 年下降 48.4%，超越預計的 40%-45% 目標，累計少排放二氧化碳約 58 億噸，由於鋼鐵行業為中國重點的減排實施產業，故鎖定鋼鐵行業的碳管理專利，以期找出鋼鐵行業目前碳管理技術的發展趨勢。檢索後發現主要上海大學為主要申請人，本溪鋼鐵、鞍鋼、中冶賽迪亦有專利產出，主要申請標的是鋼鐵行業碳排放資料管理、鋼鐵產品碳足跡管理、高爐-轉爐長流程相關的 CO₂ 排放盤查及成本控制方法。

下圖 3 是一種基於生命週期評估的鋼鐵產品碳足跡管理方法與管理系統，針對高爐-轉爐長流程為特徵的鋼鐵企業設計而成，在進行碳足跡管理時依賴鋼鐵產品生產過程中物質流與能量流的轉換與流動關係，建立生產設備層面的鋼鐵產品碳足跡計算、預測、最佳化模型。結合鋼鐵產品生產過程路徑多樣性的特點，根據不同生產路徑與相關因素，綜合運算，達成碳足跡計算、分析、預測、優化等多種碳足跡管理方法，實現鋼鐵產品生命週期碳足跡管理。



圖 3、鋼鐵產品碳足跡管理方法與管理系統示意圖(來源: 中國專利 CN116822714A)

結論

由上述分析得知，碳管理雖為全球重要發展領域，然而就現有專利看來，碳管理領域的台灣專利申請人並非集中於高耗能、高碳排的產業，而是以管理公司與事務所等為主；此外申請人的身份上，並未發現歐美或是日韓鋼廠的蹤跡，反而是中國專利申請人以碳排放資料管理、鋼鐵產品碳足跡管理、高爐-轉爐長流程相關的 CO₂ 排放盤查及成本控制方法為申請標的，其緣由或許可從中國減碳政策尋得蛛絲馬跡。

目前申請標的聚焦於碳權交換，然各國政府相關機制尚未拍板，推行措施與因應方法等均值得持續關注。此外在申請人部份，碳管理機制確為高碳排、耗能產業所關注的重點，然目前除中國外，未見其他國家鋼廠發聲，亦為將來追蹤重點。