

綠色鋼鐵經濟學

中國資料表

引言

鋼鐵行業佔全球溫室氣體排放量的7%以上，佔全球二氧化碳（CO₂）排放量的11%以上。中國佔全球鋼鐵產量的一半以上。利用可再生能源/零碳電力製造的綠色氫氣（H₂）進行氫氣直接還原鐵（H₂-DRI）工藝，可顯著減少碳排放，並過渡至更低碳的鋼鐵生產。以綠色氫氣主導的DRI-EAF煉鋼流程對於不同國家而言，涉及到各國的財務考慮，也取決於各自的氫氣成本和碳定價機制。本研究評估了包括中國在內的七個主要鋼鐵生產主體，以綠色氫氣DRI-EAF流程製鋼（下簡化成「綠鋼」）與傳統高爐-轉爐（BF-BOF）和天然氣直接還原鐵-電弧爐（NG-DRI-EAF）煉鋼路線的成本比較。

綠色鋼鐵溢價：氫氣價格和碳價格在中國的影響

在碳定價為零的情況下，中國的綠色H₂-DRI-EAF製鋼比BF-BOF和NG-DRI-EAF方法更昂貴，這是因為綠色氫氣價格尚處高位，綠鋼價格需要降至約2美元/公斤才能與NG-DRI-EAF的成本相匹配，而降至約1.4美元/公斤才能達到與BF-BOF成本平價。然而，當引入二氧化碳每噸15美元的碳價格時，成本平價點發生變化。在這一碳價格下，氫氣以1.0美元/公斤生產的綠鋼，其均化噸鋼成本(Levelised Cost of Steel, LCOS) 為491美元/噸，低於BF-BOF工藝下的539美元/噸，展示了採用更綠色的工藝煉鋼會有顯著經濟激勵。在碳價以每噸30美元的情景下，綠鋼的均化噸鋼成本與BF-BOF成本在2.2美元/公斤的氫氣價格下相同。當碳價格上升到每噸50美元時，綠鋼變得更加具有競爭力，其成本與BF-BOF工藝在2.8美元/公斤以上的氫氣價格下相同。

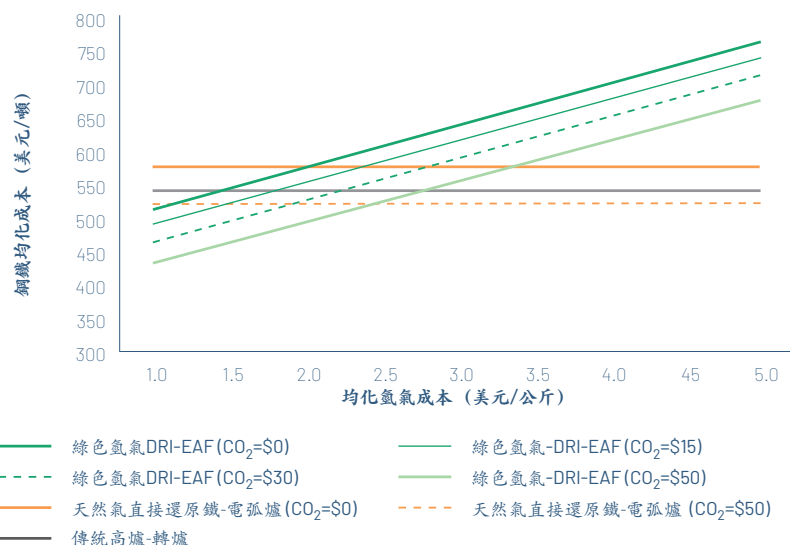
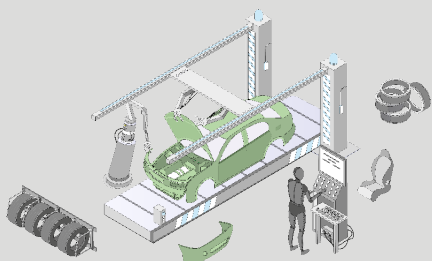


圖1. 在不同均化氫氣成本（LCOH）及碳價格條件下，中國的鋼鐵均化成本（\$/噸）（來源：本研究）

本分析強調碳定價在提升低碳綠色鋼鐵生產技術財務可行性方面的重要作用，從而促進綠色H₂-DRI-EAF製鋼的採用。通過出售由綠鋼廠房產生的碳信用所獲得的潛在收入，可以幫助緩解與初期生產綠色氫氣相關的高成本。這種財務支持可以加速該技術的採用。

<1%

的價格增幅，以中國載客車輛平均價格的基礎計算。



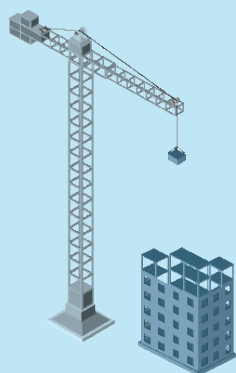
綠色鋼鐵溢價對汽車價格的影響

汽車行業佔全球鋼鐵需求的12%。將綠鋼用於載客車輛的額外成本（即綠色溢價），其對整體車輛價格的影響輕微，這與早前研究所指出的汽車行業可能成為綠色鋼鐵採購先行者的結論一致。例如，在中國，當氫氣價格為每公斤5美元時，與傳統BF-BOF方法相比，綠色溢價約為每噸鋼225美元。每輛載客車輛平均使用0.9噸鋼，這相當於每輛車將增加約203美元的成本，以中國載客車輛平均價格（22,000美元）的基礎計算，價格增幅少於1%，維持了可負擔性和市場穩定性。未來的預測表明，隨著氫氣成本可能降至每公斤1.4美元，綠色溢價可能會消失，使綠鋼在經濟上與傳統鋼鐵相媲美。隨著碳價格（或碳信用）的引入，綠色溢價可能會進一步顯著下降。

綠色鋼鐵溢價對建築成本的影響

建築行業（建築和基礎設施）佔全球鋼鐵需求的52%。在中國，與傳統BF-BOF鋼製造路線相比，採用綠色氫氣DRI-EAF流程製鋼的綠色鋼鐵對經濟成本影響輕微。使用綠色氫氣DRI-EAF路線，在氫氣價格為每公斤5美元的情況下，每噸鋼的額外成本約為225美元，

以一個50平方米的住宅單位（平均水平來看，低至中高層住宅建築每平方米使用0.05噸鋼）計算，成本增加約563美元。這僅佔住宅建築總成本的一小部分。此外，隨著未來氫氣成本的降低或碳定價的引入，綠色溢價可能會減少甚至消失，使綠色鋼鐵成為中國建築建造的經濟可行替代品。



以一個

50 m²

住宅單位計

成本增加了

\$563

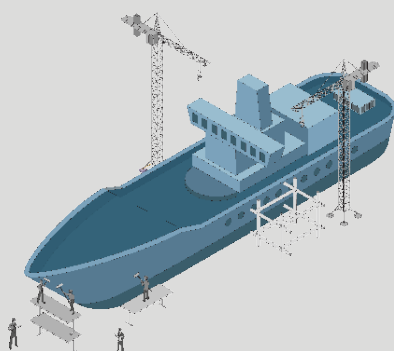
綠色鋼鐵溢價對造船成本的影響

中國、韓國和日本是全球三大造船國，佔全球造船業的90%以上。將綠鋼納入造船業顯示出造船成本會輕微增加。全球市場上有多種類型的船舶，本研究只以每年在世界各地大量建造的散貨船作例。例如，建造一艘4萬噸載重（DWT）的散貨船，大約需要1.3萬噸鋼。在中國，如果以每公斤5美元的氫氣價格而生產的綠鋼來造這艘船，則每艘船的額外成本約為3百萬美元。考慮到新建4萬噸載重的散貨船的平均成本超過3千萬美元，這相當於中國船價不到10%的增幅。

與汽車和建築相比，由於船舶中95%以上的材料是鋼，所以造船成本中鋼鐵成本佔比較高，因此造船業受綠色鋼鐵溢價的影響相對較大。未來預期的氫氣成本下降可能會抵消這種綠色溢價，使綠鋼的成本與傳統BF-BOF鋼製造成本持平。此外，碳定價的引入可以進一步縮小綠色溢價，提高採用綠鋼在海事行業中的財務吸引力。

<10%

中國船價增幅



我們的建議

為了推進氫氣直接還原鐵（H₂-DRI）工藝的轉型，需要公共和私人投資來減少財務風險。我們對利益相關者的建議包括：

政府：

- 通過稅收減免和其他激勵措施來使綠色氫氣生產更具經濟可行性。
- 投資研發項目和基礎設施建設，以降低綠色氫氣生產、運輸和儲存的成本。
- 實施公共採購政策，在公共資助項目中優先採用綠色鋼鐵，以提升市場需求。
- 將鋼鐵行業納入碳交易市場，並利用碳定價機制推動其向低碳實踐的轉型。

鋼鐵公司：

- 通過建立可靠的氫氣供應合作夥伴關係，從傳統BF-BOF路線轉型到綠色氫氣-直接還原鐵工藝。
- 參與工業規模的試點項目，展示綠色H₂-DRI的可行性和效益。
- 通過與主要下游行業簽訂長期供應協議，確保市場需求並分擔綠色溢價的成本。

汽車和建築公司：

- 將綠色鋼鐵納入採購策略，以刺激需求並幫助分擔綠色溢價。
- 通過宣傳綠色鋼鐵的氣候及環境效益來提升市場定位。
- 通過綠色私營採購以滿足對氣候意識高的客戶要求。

造船和航運公司：

- 利用公共和私人採購策略以促進行業中綠色鋼鐵的採用。
- 與綠色H₂-DRI鋼製造商建立穩健的供應鏈，以確保綠色鋼鐵的穩定需求。
- 通過政府政策和商業協議推動行業更廣泛的採用，以降低綠色溢價。

建議引用： Hasanbeigi, Ali; Zuo, Bonnie; Kim, Daseul; Springer, Cecilia; Jackson, Alastair; Heo, Esther Haerim. 2024. Green Steel Economics. Global Efficiency Intelligence, TransitionAsia, Solutions for Our Climate.

請前往此網頁下載本報告：<https://transitionasia.org/green-steel-economics>

聯絡作者

Ali Hasanbeigi	hasanbeigi@globalefficiencyintel.com
左凌玥	bonnie@transitionasia.org
Daseul Kim	daseul.kim@fourclimate.org