

推动中国绿色钢铁转型： 资本支出、电网脱碳与补贴支持

2025年7月

要点

资本支出下滑有助于缩小绿色钢铁的成本差距

技术改进及中国强劲的本土制造能力正推动可再生能源、储能及电解槽的资本成本下降，使氢基DRI-EAF炼钢路径在成本上更具竞争力。持续在研发和成本优化方面的投入——尤其是在竖炉等还原铁技术上可有望进一步降低资本支出，帮助中国在低碳钢铁生产中建立更强的技术优势。

电网脱碳是绿色钢铁可行性的关键

电力碳强度和电价的区域差异影响氢基炼钢的排放水平和成本结构。电价较低、供电较清洁的省份可实现不足10%的绿色溢价，从而提高商业可行性。为推动转型，中央及地方政府必须将电网整合和推进清晰、具前瞻性的电力脱碳计划。

精准设计的补贴机制有助于推动绿色钢铁的大规模部署

在多种政策工具中，资本支出补贴在降低单位钢铁平准化成本方面最为有效。政策制定者应聚焦于采用效率更高的扶助方式，而非过度依赖如低息融资等金融市场工具。具有战略性和针对性的补贴，仍是弥合成本差距、实现绿色钢铁大规模部署的关键。

引言

作为全球最大的钢铁生产国，中国钢铁行业的脱碳进程在实现2060年碳中和目标中至关重要。钢铁行业是中国以及全球温室气体排放的主要来源之一，因此必须进行深度的低碳转型。其中，以绿色氢气为基础的直接还原铁（H₂-DRI）结合电弧炉（EAF）技术可显著降低吨钢碳排放。该技术可生产近零碳排放的“绿色钢铁”，重塑整个行业格局。

然而，这一低碳工艺目前仍面临高昂的成本。通过直接还原铁-电弧炉（H₂-DRI-EAF）工艺生产的绿色钢铁，价格远高于以煤为基础的高炉所生产的传统钢铁。市场对这类产品的需求仍处于起步阶段，除了少数汽车制造商与钢铁企业签署的谅解备忘录外，几乎没有迹象表明消费者愿意承担低碳钢的“绿色溢价”。此外，考虑到目前中国仅有极少数H₂-DRI-EAF设施投入运营，该技术在大规模推广过程中的真实成本仍存在高度的不确定性。

这一困境带出了两个核心问题：中国扩大绿色钢铁产能的成本边界在哪里？又该如何在高度价格敏感的全球市场中实现成本与需求的平衡？

直接还原铁-电弧炉工艺：钢铁生产结构的低碳革命

传统的高炉-转炉（BF-BOF）炼钢工艺主要依赖煤炭和焦炭将还原铁矿石，碳排放强度极高——中国高炉-转炉工艺的平均吨钢碳排放达到约2.1吨二氧化碳。¹相比之下，基于氢气的H₂-DRI-EAF工艺提供了一种近乎零排放的替代方案：

直接还原铁（DRI）：铁矿石在还原反应器与富氢气体还原反应，去除氧元素，生成一种称为直接还原铁或“海绵铁”的固态金属铁。

绿色氢气（H₂）：在生产过程中，通过电解水产生氢气——即利用电能将水分解成氢气和氧气。当电解过程由太阳能、风能等可再生能源驱动时，产生的氢气被称为“绿色氢气”。绿氢还原铁矿石的过程几乎不产生直接碳排放，是钢铁脱碳的核心环节。

电弧炉（EAF）：直接还原铁（DRI）与废钢在电弧炉中熔炼成液态钢。若以可再生电力驱动，可进一步降低全流程碳足迹。

与高炉-转炉工艺相比，这一创新路径可减少95%以上的二氧化碳排放，因而被视为全球钢铁行业减碳战略的基石。本分析报告采用国际能源署（IEA）的界定标准，将“近零排放钢铁”定义为生命周期排放低于每吨产品0.4吨二氧化碳且不使用废钢生产的钢铁。²

H₂-DRI-EAF在各省的模型结果存在差异

本分析采用技术经济优化模型，对2030年中国各省采用H₂-DRI-EAF工艺生产绿色钢铁的平准化成本（LCOS）进行区域差异化评估。该模型以省级行政区域为基本分析单元，整合可再生能源资源和电网碳排放因子的区域差异，探究不同因素对绿色钢铁生产的可行性和成本的影响。

1 <https://globalenergymonitor.org/wp-content/uploads/2024/03/GEM-China-steel-brief-March-2024.pdf>

2 <https://iea.blob.core.windows.net/assets/c4d96342-f626-4aea-8dac-df1d1e567135/AchievingNetZeroHeavyIndustrySectorsinG7Members.pdf>

本模型通过优化以下各项的能源应用来实现钢铁平准化成本 (LCOS) 的最小化：

- 场址风力及太阳能发电装机容量
- 电池储能与储氢系统规模
- 电网电力采购

我们在模型中纳入了以下要素：

- 基于每小时风力及太阳能容量系数（反映各省的可再生能源资源潜力）
- 各省电网碳排放因子（反映电力清洁化程度）；
- 可再生能源、电解槽以及 DRI-EAF 设施在 2030 年的预估投资与运营成本（考虑学习曲线效应，即通过技术进步带来的成本下降趋势）。

各省绿色钢铁成本差异分析

H₂-DRI-EAF 工艺在中国的经济可行性高度依赖于各地可再生能源资源，如图 1 及 2 所示：

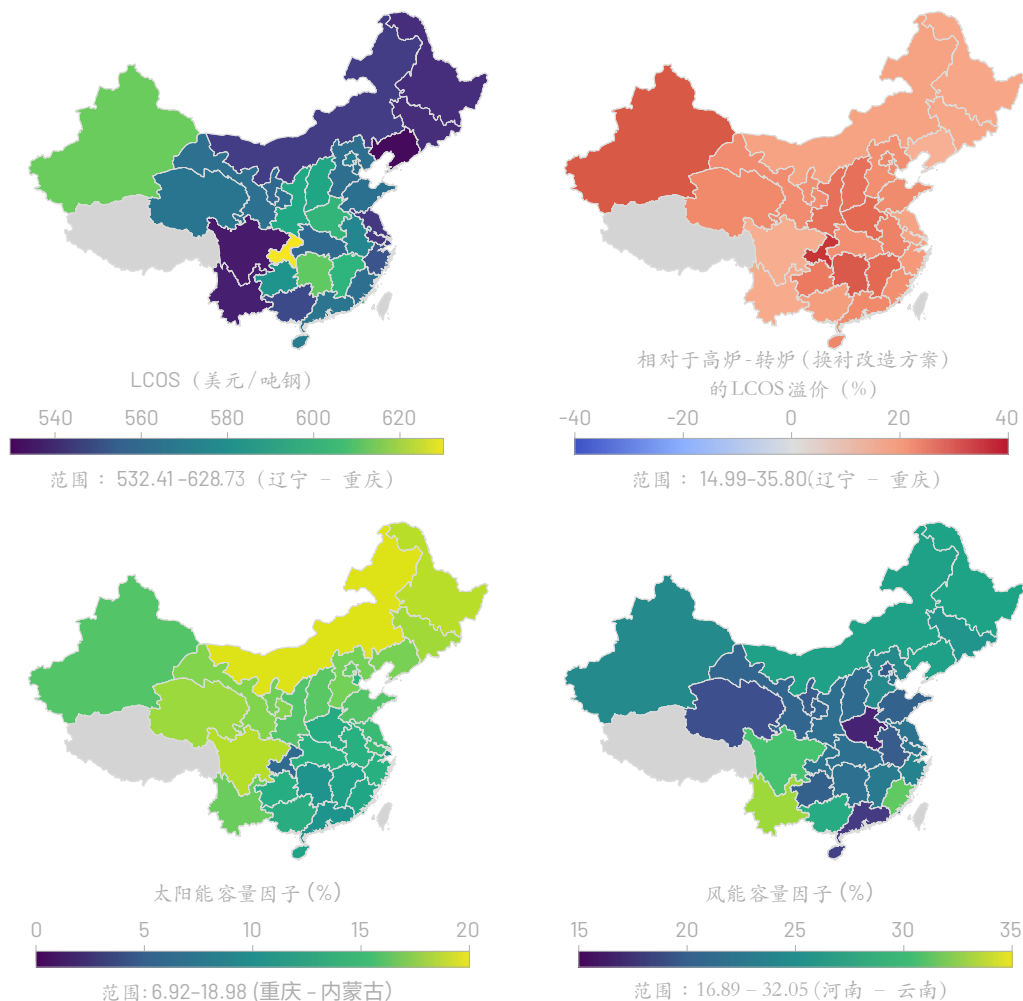
- 受各省可再生能源资源与电网排放因子差异的影响，绿色钢铁的平准化成本 (LCOS) 在每吨约 530 至 630 美元之间不等，其中辽宁是成本最低的省份。这一成本相比 2030 年高炉-转炉 (BF-BOF) 换衬改造方案的估算平准化成本（约为每吨 460 美元）存在 14% 至 35% 的溢价。
- 钢铁的平准化成本对当地可再生能源资源高度敏感，尤其是太阳能资源。北方省份由于太阳能资源丰富，因此通常具有较低的绿氢平准化成本 (LCOH)。

一些中国的主要产钢省份在采用 H₂-DRI-EAF 工艺上表现出较好的经济可行性：

- 辽宁是中国第四大钢铁生产省份³，其平准化钢铁生产成本 (LCOS) 为全国最低。鉴于其雄厚的工业基础、高素质劳动力、完善的物流基础设施以及强大的电网连接能力，辽宁为率先试点 H₂-DRI-EAF 工艺或对现有高炉-转炉 (BF-BOF) 产能进行改造提供了极具吸引力的机会。
- 江苏、河北和山东同为重要的钢铁生产省份，其平准化钢铁生产成本 (LCOS) 分别位列第 6、第 13 和第 17 位。尽管其 LCOS 高于部分省份，但这些地区依然是推进 H₂-DRI-EAF 工艺部署的有力候选者。凭借完善的电网基础设施和雄厚的工业产能，这些省份可以通过与来自邻近低成本省份的可再生电力和氢气整合，实现经济高效的绿色钢铁生产。
- 四川、云南、吉林和黑龙江等省份虽然目前并不是钢铁生产重地，但凭借优越的太阳能和/或风能资源，展现出较低的平准化钢铁生产成本 (LCOS)。这些地区非常适合开展绿地 (greenfield) H₂-DRI-EAF 项目，用以替代氢气平准化成本 (LCOH) 较高省份（如河南、江西）的产能，或作为战略性绿色氢气生产基地，供应下游工业中心。

3 http://www.csteelnews.com/xwzx/hydt/202407/t20240719_90410.html

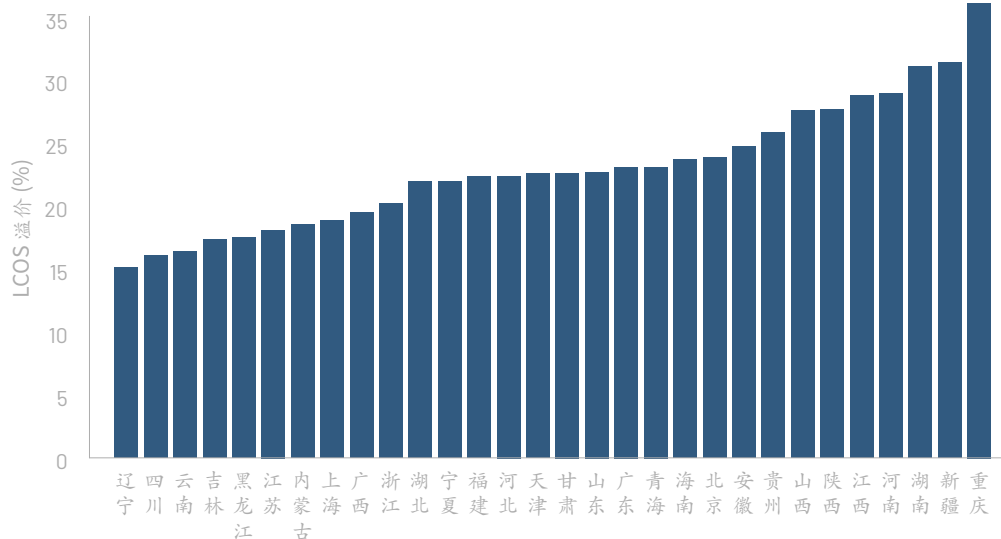
图1. 各省H₂-DRI-EAF钢铁平准化成本 (LCOS)、绿色钢铁溢价与太阳能及风能容量因子对比



地图由[Free Vector Maps](#)提供

数据来源：TA分析

图2. 各省平均最低的绿色钢铁溢价 (相对于高炉-转炉平均成本)



数据来源：TA分析

资本支出驱动因素概述

中国 H_2 -DRI-EAF 系统的成本结构既受全球技术发展动态影响，也体现出中国特有的成本优势。如图3所示，资本支出 (CAPEX) 主要由以下部分构成：场址太阳能光伏装机成本 (32%)、场址风力发电装机成本 (26%)、电弧炉设备 (18%) 和直接还原铁竖炉反应器 (9%)。⁴

成本结构分析显示了资本投资的三个主要驱动因素：

1. 可再生能源供应（风能 + 太阳能）

可靠且经济的可再生电力是绿色钢铁经济的基础。生产氢气需大量电力：每生产一吨 H_2 -DRI-EAF 钢铁就消耗833千瓦时电能，而氢气生产则需2,971千瓦时。因而，场址内可再生能源发电占总资本支出的近60%。在三分之二的省份中，太阳能光伏因其较高的发电密度占主导地位，但具体的能源组合仍取决于各地地区的资源特点。

可再生能源的间歇性特征，尤其是太阳能，决定了混合能源配置的必要性。通过整合风能、太阳能及储能系统（电池和氢气储存），可确保氢气电解槽的高利用率及 H_2 -DRI-EAF 工艺的 stable 供电。中国作为全球最大的风力涡轮机、太阳能光伏组件和锂离子电池制造国，凭借规模效应和成熟的供应链，有能力经济高效地部署可再生能源基础设施。

在本研究中，出于安全考虑，压力氢气储存量被限制为每吨钢20公斤氢气。电池储能与氢气储存系统在稳定氢气供应方面发挥互补作用，随着技术进步和成本下降，其作用预计将持续提升。

值得注意的是，总资本支出 (CAPEX) 与钢铁平准化成本 (LCOS) 并非直接相关 (见图3)，因为某些可再生资源较短缺的省份可能通过更多依赖电网电力来弥补，具体取决于当地电网的碳排放水平和可再生能源的供应情况。⁵ 在本分析中，我们假设土地使用和电网接入的成本为零。此假设在中国背景下具有一定合理性，因为政府往往通过提供土地和基础设施支持等方式，作为推动产业脱碳和可再生能源投资的政策激励措施。⁶ 电网接入尤为关键。由于支持绿色钢铁的可再生能源项目往往占地广阔，发电点与氢基炼钢厂之间的距离可能较远，因此完善的输电基础设施必不可少。

2. 炼钢设备：DRI竖炉反应器与电弧炉

直接还原铁 (DRI) 竖炉反应器是绿色钢铁生产中的关键设备，但由于全球主要被美国 Midrex 和意大利 Tenova/Danieli 两家公司垄断，价格仍然偏高。受知识产权保护和技术复杂性影响，有限的竞争使价格居高不下。然而，近期中国-伊朗在技术转让方面的合作可能为国内生产创造机会，从而降低成本。

相比之下，电弧炉 (EAF) 技术成熟，广泛应用于废钢和直接还原铁两种炼钢方式。其成本随着产能的增长呈可预测的规模效应，且技术灵活多变。不过，生产高端或特殊钢种可能需要更先进的原料策略和工艺控制。尽管中国在制造用于废钢炼钢的电弧炉方面具有丰富经验，但尚未出现用于高端钢种生产的电弧炉需求。目前，这类电弧炉技术主要由西方企业如 Danieli 和 Prime Metals 主导。

3. 氢气生产系统

氢气生产系统，包括电解槽、电厂附属设备 (BoP) 及安装 (EPC) 费用约占总资本支出 (CAPEX) 的6%。尽管氢气生产是世界各地的主要成本驱动因素，但中国在此领域具有显著的竞争优势。

⁴ 在所分析的所有省份中取平均值

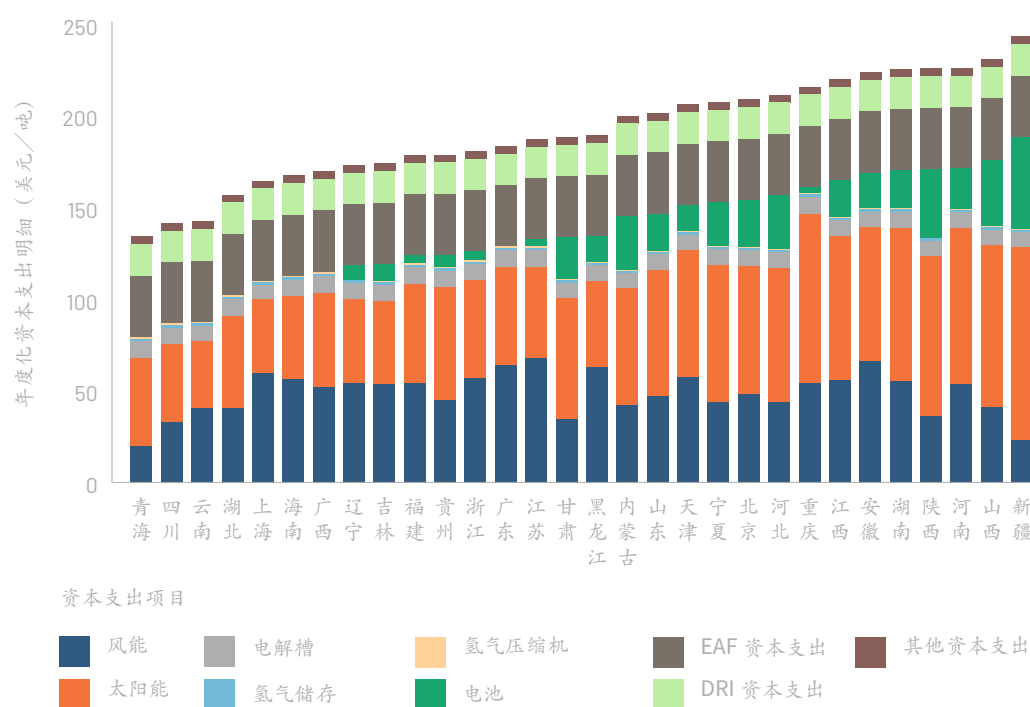
⁵ 本分析未将各省电网电价纳入考量

⁶ https://link.springer.com/article/10.1007/s12140-025-09447-1?utm_source=chatgpt.com

受惠于成熟的供应链和大规模制造，国产碱性电解槽的价格低至271美元/千瓦，约为欧洲和美国同类系统成本的四分之一。⁷因此，氢气生产在中国的资本支出中所占比例相对较低，增强了H₂-DRI-EAF技术路径的可行性。

总的来说，中国在可再生能源基础设施方面的比较优势，为绿色钢铁的大规模推广奠定了坚实基础。下一步，推动国产DRI竖炉的技术创新，以及提升电弧炉在高端应用中的制造能力，将是进一步降低成本、加快技术路径落地的关键。

图3：H₂-DRI-EAF模式的年均资本支出构成



数据来源：TA分析

技术进步对资本支出的影响

图4展示了应用于H₂-DRI-EAF系统中的五个关键技术（即风力发电、太阳能光伏、碱性电解槽、氢气储存和锂离子电池）的学习曲线。该预测基于2024年的学习率与技术成熟度，估算未来的资本支出。⁸由于电池和氢气储存技术仍处于相对早期的阶段，其成本下降趋势比风能和太阳能等成熟技术更为显著。如图4右图所示，这些成本下降将显著降低未来项目的资本需求。

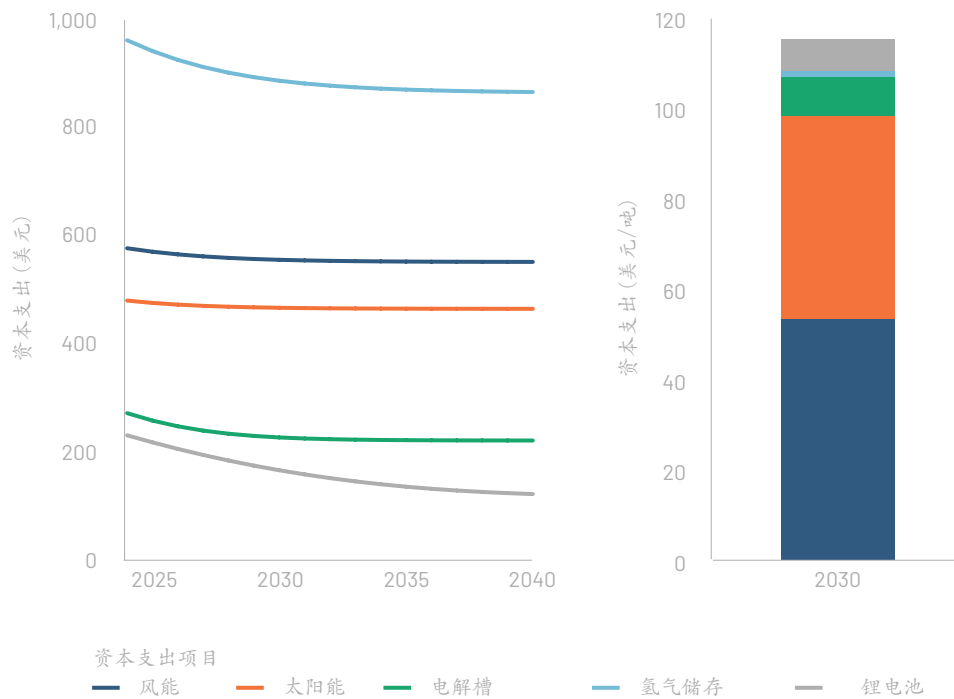
为评估技术加速创新的影响，我们引入了一个“学习率提升”情境（图5），即各项技术的学习率在当前基础上提高50%（即当前学习率×1.5）。该情境反映了加大研发投入、制造效率提升或强化政策支持可能带来的效果。如预期所示，更快的学习速度可降低资本开支（CAPEX），但不同技术的影响程度有所差异。其中，电池成本的下降对系统CAPEX的跌幅最大，并推动在优化系统中更广泛地应用电池。结果表明，各组件的学习率以及其对平准化钢铁成本（LCOS）的贡献，决定了其对整体系统成本的影响程度。

⁷ <https://www.pv-magazine.com/2024/03/21/electrolyzer-prices-what-to-expect/>

⁸ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652623020061>

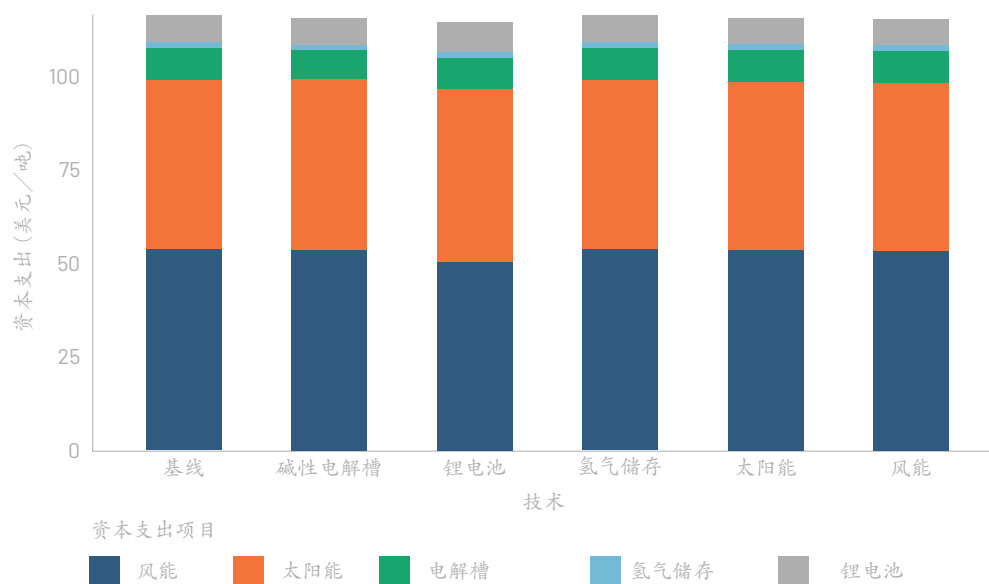
这些观察结果表明，加快技术进步有助于降低绿色钢铁的成本，尤其是在减少前期投资方面。同时也突显了中国的战略优势：凭借在太阳能电池板、风力涡轮机、电池和低成本碱性电解槽上的大规模本土制造能力，中国有望引领 H₂-DRI-EAF 炼钢在全球的推广，还能通过持续创新推动成本的进一步下降。⁹

图4. 随着技术进步，资本支出下降（右图为辽宁案例研究）



数据来源:TA分析

图5. 加快技术学习对资本支出及系统配置的影响
(学习率提升情景：当前学习率×1.5，以辽宁案例)



数据来源：TA分析

9 https://transitionasia.org/wp-content/uploads/2025/02/Will_China_Win_the_Green_Steel_Race_241006_1.pdf

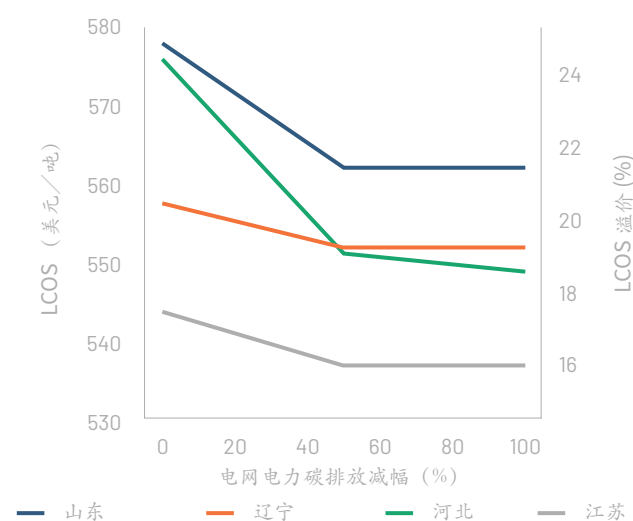
电网排放因子对LCOS的影响

除了可再生能源资源的质量，各省的电网排放因子在绿色钢铁的可行性中也起着关键作用。在当前条件下，电网电力占 H_2 -DRI-EAF 系统二氧化碳总排放的85%以上——受限于每吨钢0.4吨 CO_2 的排放门槛，该门槛迫使钢铁生产商投资自建可再生能源发电和储能设施，以减少对电网的依赖，特别是可再生能源无法满足需求的时段。

随着中国电力系统的脱碳，电网排放因子将逐步下降，有望减轻钢铁生产商的负担，使其能够更灵活地使用电网电力。如图6所示，将当前电网排放因子减半，预计各省钢铁平准化成本(LCOS)每吨可降低7至18美元。然而，进一步降低电网排放(例如假设电网完全脱碳)带来的成本节约则较为有限。这是因为在大多数省份，场址可再生能源发电已比电网电力更具成本优势。在此情景下，电网电力主要用以补充可再生能源在供电不足时的缺口，而非完全取代场址发电能力。

这些研究结果反映电力系统脱碳与工业脱碳之间的紧密关联。加快清洁电力转型不仅能够降低绿色钢铁生产成本，还能提升其用电灵活性——为钢铁等难以减排行业的脱碳提供关键支持。

图6. 电网排放因子下降导致的LCOS降低（相较现有水平）



数据来源：TA分析

补贴在降低平准化钢铁成本（LCOS）中的作用

中国钢铁行业在国家工业生产和能源消费中占据核心地位，碳排放量占全国总排放的15%以上。作为实现国家气候目标的一部分——包括2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和——中国已开始释放出加快高难度减排行业（如钢铁）脱碳的政策信号。绿色债券、创新补助、低碳试点、电价机制改革等政策工具已在相关领域初步显现，但针对绿色钢铁的专项支持仍处于起步阶段。在此背景下，无论是通过资本补助、电价减免，还是基于碳绩效的奖励机制，财政激励都有潜力在推动 H_2 -DRI-EAF技术规模化应用、缩小与传统炼钢成本差距方面发挥关键作用。

补贴和支持性融资机制可显著影响绿色钢铁的竞争力。本研究中，我们测试了以下几类补贴的影响：

- **资本支出补贴**（以总资本支出比例计）：一次性政府拨款，用于降低可再生能源或钢铁生产基础设施的初始投资成本。例如，根据中国针对重点行业（包括钢铁）节能降碳项目的国家指导意见，中央和地方政府可提供最高占项目总投资额20%的资金支持。¹⁰
- **电价补贴**（以基础电网电价\$0.086/kWh的比例计）：向工业用户提供电价折扣，以降低其使用电网电力时的运营成本。尽管中国正逐步取消对高耗能行业的广泛性电价优惠，政府正推动建立与能源效率和环境绩效挂钩的分档电价机制。这一转变为绿色钢铁生产企业带来了基于绩效、按条件给予的定向补贴机会。¹¹
- **减碳税收抵免**（以每吨二氧化碳减排量计价，基准为高炉-转炉工艺排放水平2.1339吨二氧化碳/吨粗钢）：根据每吨二氧化碳减排量给予的财政激励措施，旨在奖励企业的减排成效并改善项目经济性。在中国，相关政策如《环境保护税法》已对达成超低排放条件的钢铁企业提供税务优惠。例如，采用超低排放技术的企业可享受税收减免，且用于专用环保设备的投资可申请企业所得税抵扣。¹⁰
- **优惠融资**（在固定债务比率70%下适用的利率）：以低于市场利率或附带优惠还款条件提供的贷款，旨在降低项目整体资本成本。中国在绿色金融政策推动下已广泛采用利率激励措施，特别是通过绿色信贷和国家减碳政策框架下的优惠贷款等金融工具。¹²

如图7所示，以上四种补贴类型均能以近似线性的方式降低绿色钢铁的吨钢成本（LCOS）。以条件较为有利的辽宁为例，实现10%的绿色溢价（即将LCOS降至506美元/吨，相较于高炉-转炉的460美元/吨成本）可以通过下列路径达成：

- 提供10%的资本支出补贴；或
- 在现行电网排放因子下，提供45%的电价补贴；或
- 对每1吨二氧化碳减排补贴10美元的碳税减免；或
- 在负债比率为70%的条件下，提供1%的优惠贷款利率。

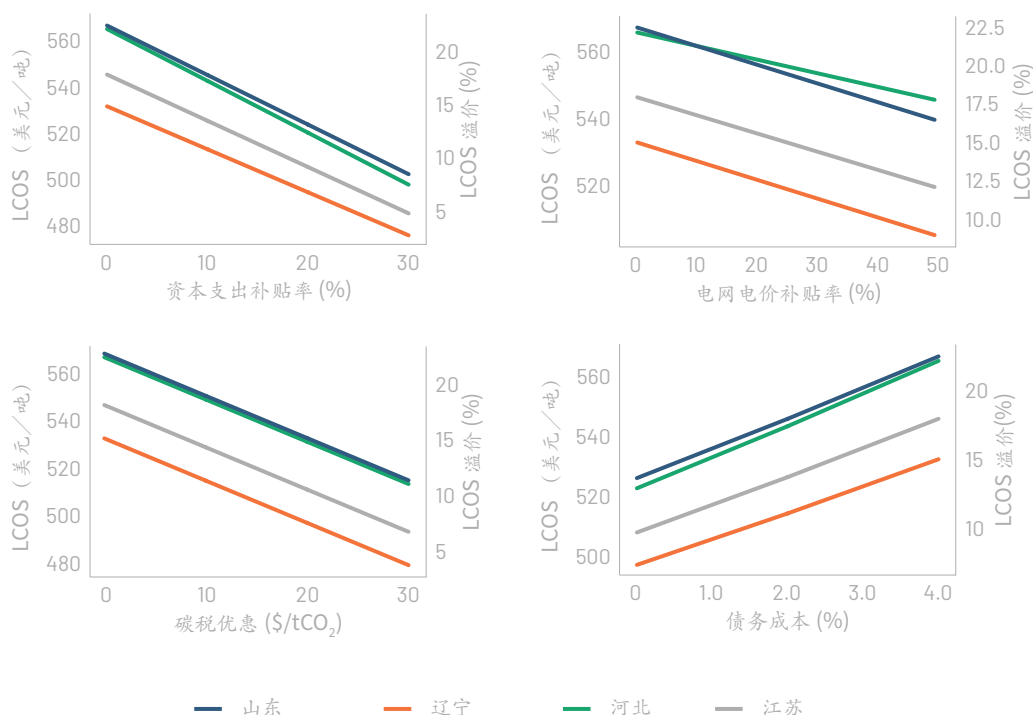
对于单位成品钢制造成本（LCOS）较高的省份，所需的补贴水平或资金支持也需要相应提高，并按比例进行调整。

¹⁰ https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghxwj/202404/t20240408_1365534.html

¹¹ https://www.gov.cn/zhengce/202406/content_6956537.htm

¹² https://www.gov.cn/xinwen/2021-11/08/content_5649848.htm

图7. 辽宁、山东、河北和江苏不同类型补贴下的单位成品钢制造成本 (LCOS) 下降情况



数据来源：TA 分析

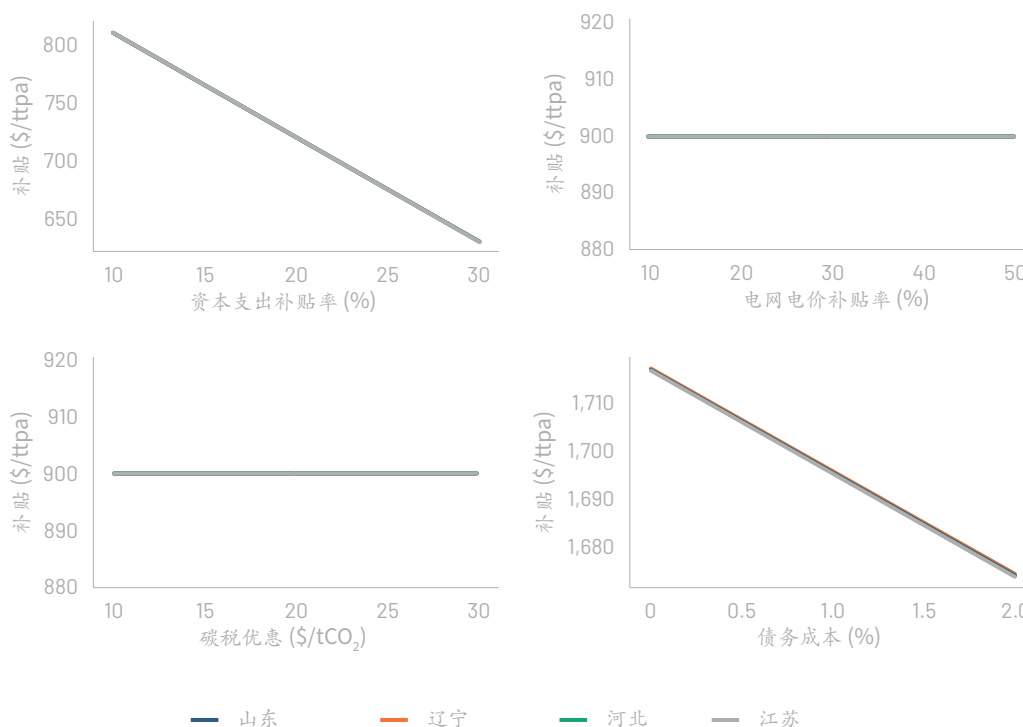
然而，不同类型的补贴对财政负担的影响各不相同。为了评估成本效益，图8展示了每减少1吨钢铁平准化成本 (LCOS) 所需的补贴金额 (按每年千吨产能计算)：

- 提供优惠融资的效率最低——由于复利效应，每降低1美元的LCOS，每千吨年产能的补贴成本高达1,700美元。
- 资本支出补贴效率最高，且随着补贴力度加大，其成本效益进一步提升，因为较大的前期支持不仅降低了资本支出，还减少了长期的利息支出。
- 电价补贴和碳税抵免均为运营性补贴，其效率相对稳定，每降低1美元LCOS，每千吨年产能的补贴成本约为900美元。

运营性补贴会随着产量增加而同步增长，资本支出补贴则为一次性支付，但可带来长期的成本效益。然而，当政府需要在多个项目间同时提供支持时，一次性补贴可能会对财政造成更大的负担。

分析结果显示，具针对性且透明的补贴政策——特别是资本性支持和碳基激励——有助于实质性缩小绿色钢铁与传统钢铁之间的成本差距，在推动绿色钢铁加速落地的同时，提高财政资源使用的效率。

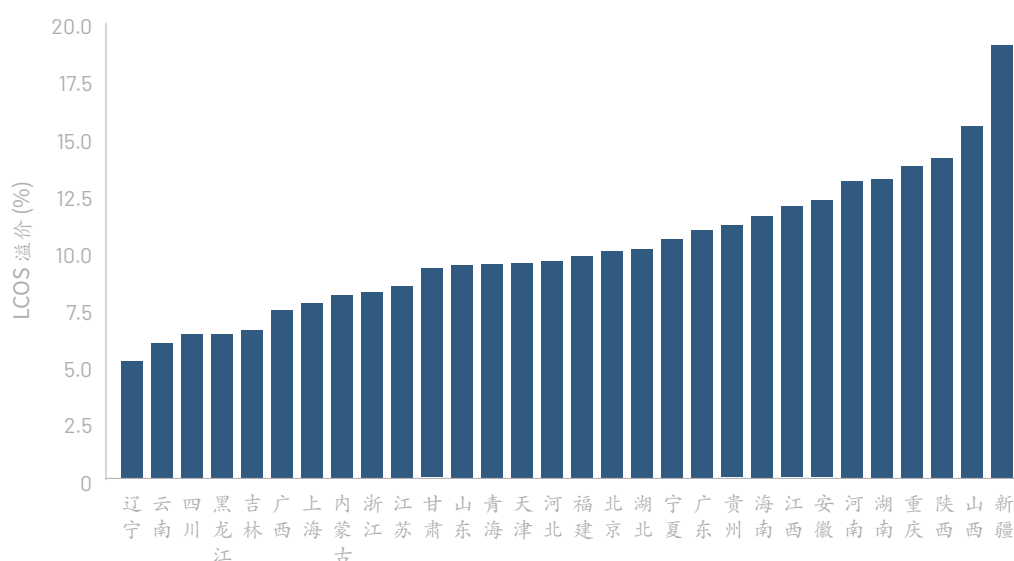
图8：每千吨年产能 (1,000 ttpa) 实现单位成本 (LCOS) 下降1美元所需的补贴金额



数据来源：TA分析

更绿色且更低价的电力是实现商业可行性的关键门槛

图9. 2030年各省绿色钢铁成本溢价情况（假设电网电价较2024年降低40%，排放因子减半）



数据来源：TA分析

根据上述分析，若同时降低电网电力的碳强度与电价，将显著降低H₂-DRI-EAF工艺的LCOS。假设电网电价较2024年降低40%，排放因子减半的情境下，本研究分析当中的一半省份可将绿色钢铁的成本溢价控制在10%以内——这是实现商业可行性的关键门槛。

中国的政策环境已朝这一方向发展。根据《关于2025年可再生能源电力消纳责任权重及有关事项的通知》，绿色电力消费配额已从铝行业扩大至钢铁、水泥、多晶硅和数据中心等重点行业。具体而言，钢铁行业须在2026年前实现可再生能源用电占比达到26.2%至70%的目标。

这一强制性向清洁电力转型的政策不仅契合国家气候目标，也增强了绿色钢铁的商业可行性。如本报告分析所示，更广泛地获取低排放且具价格竞争力的电力，将显著有利于H₂-DRI-EAF工艺的运营——不仅能提升电网调节灵活性，降低对高成本储能的依赖，还可整体改善系统经济性。

从政策角度来看，将电力脱碳目标与行业专属的清洁能源使用要求相结合，有助于确保低碳技术如H₂-DRI-EAF等不仅在技术上可行，也具备经济竞争力。通过推动更清洁的电网并完善市场机制（如绿电证书制度、分层电价结构），中国可加速向低碳钢铁转型，同时保障能源安全与工业生产力。

通过政策引导、技术创新与能源系统脱碳，实现中国绿色钢铁的成本竞争力突破

本分析显示，采用绿色氢气的H₂-DRI-EAF炼钢工艺将在中国实现碳中和的进程中发挥关键作用。尽管当前其成本高于传统炼钢方式，但通过技术进步、电网脱碳，以及精准设计的政策支持，成本差距有望显著缩小。

随着技术学习效应的推进，关键成本因素——如可再生能源、电解槽系统与储能——预计将显著下降，尤其是中国在制造方面已具备成本优势。电网电力的碳强度与价格是决定性因素：电价低且电力清洁的省份，有望将绿色溢价压低至10%以下，从而提升H₂-DRI-EAF工艺的商业可行性。

政府扶持对于加速绿色钢铁生产的推广至关重要。资本支出补贴、碳税抵免、电价支持以及绿色金融均有助于降低钢铁平准化成本(LCOS)，但其效率存在差异。其中，资本补贴最具成本效益，而利率优惠的效果相对较低。中国不断完善的产业政策，如可再生能源消纳配额和超低排放绩效税收优惠，为相关支持奠定了坚实基础。

最终，将能源系统脱碳与绿色钢铁推广相结合，充分利用中国制造规模和政策工具，能够开辟一条切实可行的低碳产业转型路径。创新、基础设施建设与激励措施的战略组合，是实现绿色钢铁规模化、经济化的关键。

附录

主要的资本开支项目

项目	成本	单位	参考	相关文件
风力	576.4	\$/kW	CREEI	13
太阳能	479.5	\$/kW	CREEI	13
电解槽	271	\$/kW	TA 估算	14 15 16
氢气储存	962	\$/kg	TA 估算	17
氢气压缩机	206044	\$/单位 (2000 千克)	Huaan Securities	18
电池	230	\$/kW	TA 估算	19 20
直接还原竖炉	275	\$/吨DRI	TA 估算	21 22
电弧炉	439	\$/吨钢	TA 估算	23 24

主要运营支出 (OPEX) 项目

项目	成本	单位
高炉级铁矿石 (粉矿)	96	\$/吨
炼焦煤价格	230	\$/吨
直接还原级铁矿石 (球团)	139	\$/吨

若您希望进一步了解与大宗商品价格相关的敏感性分析，欢迎与本报告作者联系。

13 <http://www.creei.cn/ueditor/jsp/upload/file/20250603/1748929665756038431.pdf>

14 <https://www.pv-magazine.com/2024/03/21/electrolyzer-prices-what-to-expect/>

15 <https://www.metal.com/en/newscontent/103225251>

16 <https://www.rechargenews.com/energy-transition/will-us-and-european-green-hydrogen-markets-soon-be-flooded-by-cheap-chinese-electrolysers-2-1-1165966>

17 <https://h2.in-en.com/html/h2-2431932.shtml>

18 https://pdf.dfcfw.com/pdf/H3_AP202303291584660349_1.pdf

19 <https://about.bnef.com/insights/clean-energy/lithium-ion-batteries-are-set-to-face-competition-from-novel-tech-for-long-duration-storage-bloombergnef-research/>

20 <https://www.ess-news.com/2025/06/26/china-energy-engineering-launches-record-25-gwh-storage-tender-as-prices-hit-historic-low/>

21 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618326301>

22 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622009659>

23 <https://www.recyclingtoday.com/news/voestalpine-austria-steel-eaf-conversion-scrap-recycling-hbi-euros/>

24 <https://eurometal.net/salzgitter-contracts-primetals-for-eaf/>

数据和免责声明

本分析仅供参考，不构成投资建议，且不应作为作出任何投资决定的依据。此文代表了作者对受评估公司自行报告的公开资讯的看法和解读。本文提供了公司报告的参考资料，但作者并未试图验证这些公司提供的公开自我报告资讯。因此，作者无法保证本文提供的所有资讯的事实准确性。作者和气候转型亚洲（Transition Asia）明确对第三方使用或发布参考本文的资讯不承担任何责任。

我们的团队

研究部门主管

Alastair Jackson

alastair@transitionasia.org

参与分析师与建模负责人

Lilly Qiu

lilly@transitionasia.org

传讯主任

黄雯嘉

monica@transitionasia.org

关于气候转型亚洲

气候转型亚洲是一家成立于2021年的非营利智库，致力于加速亚洲大宗商品及重工业的降碳进程，以实现1.5°C的气候目标。我们的跨学科团队融合了多元背景、经验与专业能力，具备深厚的亚洲研究基础，并对本地区拥有深入的理解。

通过分析模型与深入评估，我们分析和监测企业的降碳进展与行动。我们与包括企业、投资者、政策制定者及民间社会组织在内的各类利益相关方互动交流，推动循证、有影响力的对话，助力实现可持续、低碳且符合1.5°C目标的转型路径。

欢迎访问我们的网站 www.transitionasia.org（中文网页：<https://transitionasia.org/?lang=zh-hant>）或关注我们的 LinkedIn 页面了解更多信息。