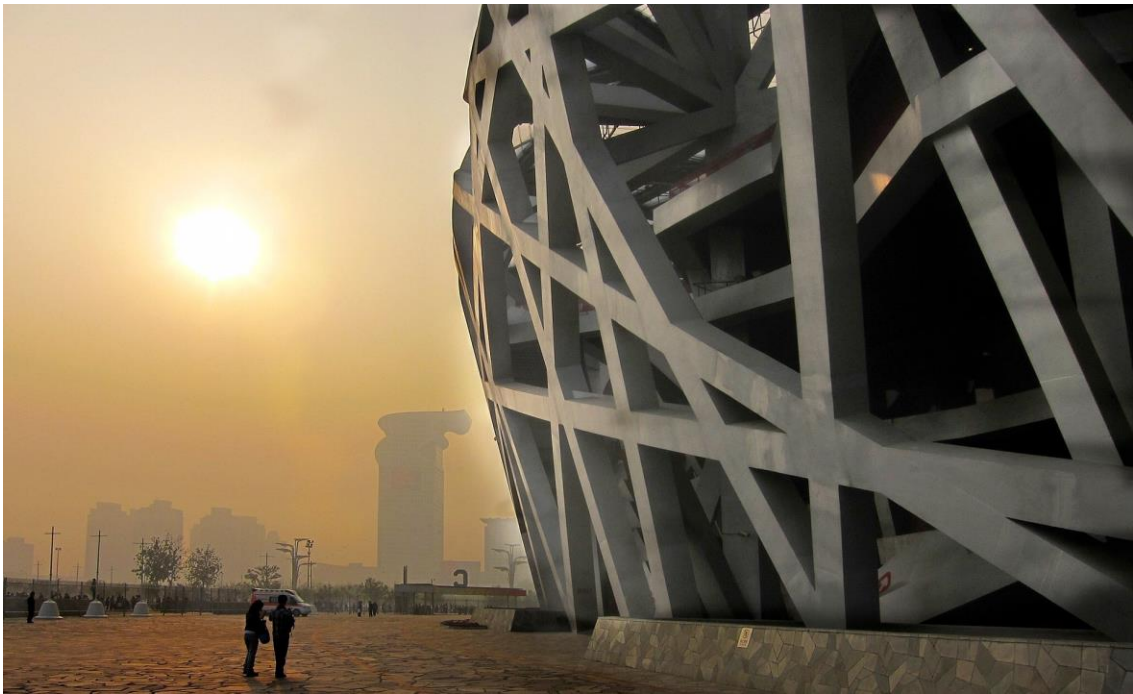




中国钢铁行业净零排放路线图

执行摘要



Authors: Ali Hasanbeigi ¹, Hongyou Lu ², Nan Zhou ²

¹ Global Efficiency Intelligence

² Lawrence Berkeley National Laboratory

March 2023

[请在此链接处下载英文报告全文。](#)

执行摘要

钢铁制造业属于全球范围内能源密集程度最高的行业之一，其排放量约占全球温室气体（GHG）排放量的 7%，全球二氧化碳（CO₂）排放量的 11%。2021 年，中国钢铁产量占全球钢铁产量的 53%。2021 年，中国钢铁行业粗钢产量为 10.33 亿吨，其中 89.4% 的产量由使用高炉-转炉（BF-BOF）工艺的一次炼钢厂生产，10.6% 的产量采用电弧炉（EAF）生产工艺生产。

中国承诺在 2030 年之前实现二氧化碳排放量达峰，并在 2060 年之前实现碳中和。中国钢铁行业的二氧化碳排放量预计将在 2030 年之前达到峰值。钢铁行业的二氧化碳排放量达峰主要是由中国国内钢铁需求达峰所推动的。中国的钢铁生产是世界上碳强度最高的生产国之一，原因在于大部分钢铁都是通过能源和碳密集型的高炉-转炉（BF-BOF）炼钢工艺生产的。

本研究的目标旨在制定中国钢铁行业深度脱碳的路线图。我们分析了中国钢铁行业的现状，并制定了 2050 年的情景设想，从而评估能够大幅减少中国钢铁行业二氧化碳排放量的各种脱碳路径。

我们在分析中谈到了五大脱碳支柱，即：1）需求减少，2）能源效率，3）燃料转换、电气化和电网脱碳，4）技术转向低碳炼钢，5）碳捕获、利用与封存（CCUS）。

我们对 2050 年设想的分析表明，在“一切照旧如常”（BAU）的情景下，由于钢铁需求减少、能源效率适度提升、技术转移更替（主要转向电炉钢生产路线）以及电网脱碳，在 2020 年至 2050 年期间，年二氧化碳排放量将减少 54%。在“一切照旧如常”（BAU）的情景下，中国钢铁产量同期下降 23%（图 ES1）。

“净零排放”情景实现在钢铁行业的年二氧化碳排放量减少幅度最大，因为其包括减少需求、采取能源效率措施、进行燃料转换、向低碳钢铁生产的技术转移，以及碳捕获、利用与封存（CCUS）等更具雄心的贡献。在“净零碳排放”情景下，到 2050 年，中国钢铁行业的二氧化碳排放总量将下降至每年约排放 7800 万吨二氧化碳，与 2020 年相比，排放水平下降 96%。

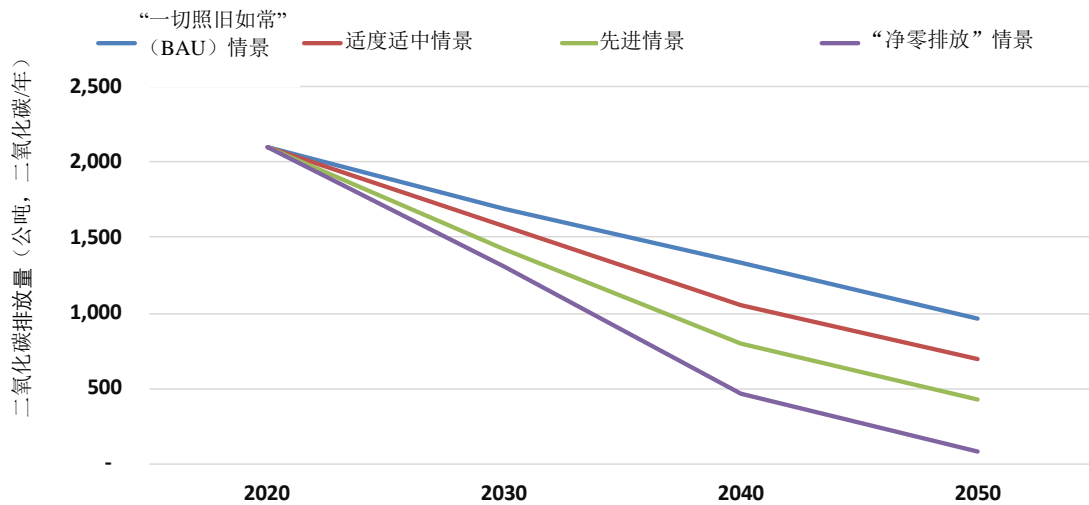


图 ES1: 2020 - 2050 年各种不同减碳情景下中国钢铁行业的二氧化碳年排放总量 (来源: 本研究)

在 2050 年中国钢铁行业“净零碳排放”情景下，各项减碳路径对二氧化碳减排的贡献情况如图 ES2 所示。在这种情景下，技术转移更替（主要是转向基于废钢的电弧炉钢铁生产）对二氧化碳减排所作出的贡献最大，其次是需求减少和燃料转换、工艺热电气化和电网脱碳。

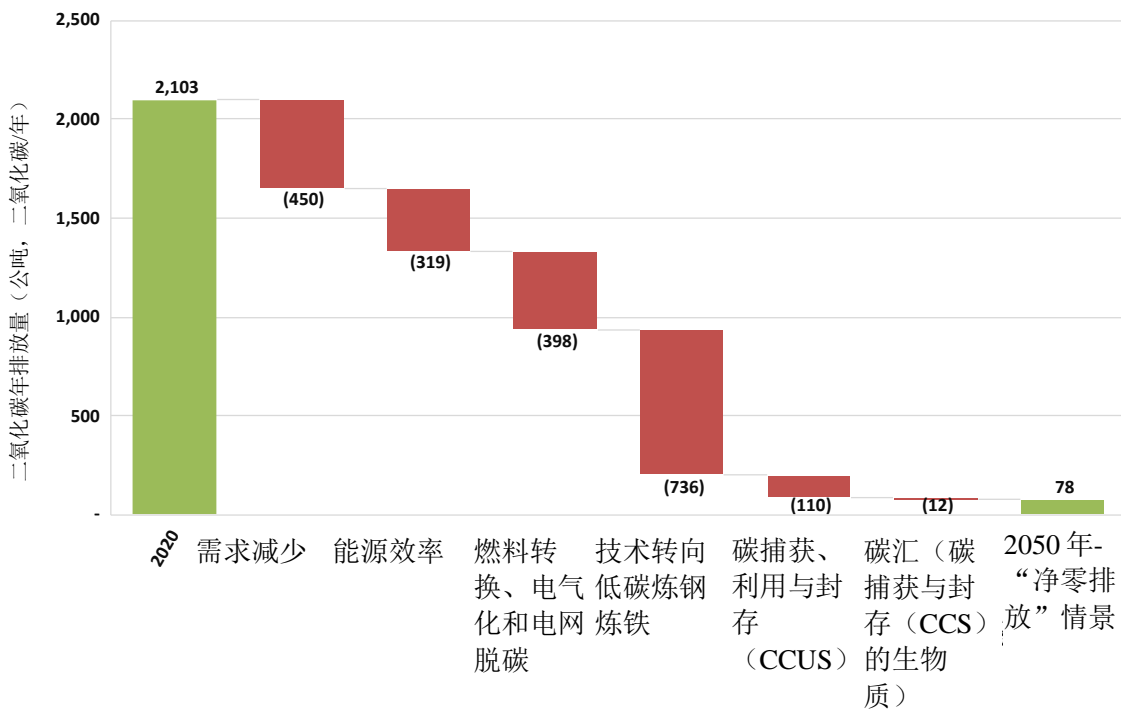


图 ES2: “净零碳排放”情景下各项二氧化碳减排方案对中国钢铁行业的影响 (来源: 本研究)

“接近净零碳排放”情景在技术上是可以通过大多数已经商业化的技术来实现的，如废钢铁电弧炉（scrap-EAF）和直接还原铁-电弧炉（DRI-EAF）技术，以及接近商业化的技术，如氢基直接还原铁炼钢技术。

要实现“净零排放”情景所示的成果，需要史无前例地采用低碳技术，其中包括积极提升能源效率，大规模采用商业化脱碳和低碳炼铁技术，转向二次炼钢，以及大幅增加中国钢铁行业低碳燃料的使用。

在短期内，本文建议中国政府不鼓励在中国新安装任何高炉设备。即使在短期内（到2030年），中国国内可用的废钢也将大幅增加，这可能会取代建设新高炉的需求。相反，建造新的电弧炉炼钢厂将成为需要。中国政府还应尽可能地劝阻重新砌筑高炉（修整高炉炉壁耐火材料），并鼓励建设氢基直接还原铁（H₂-DRI）或者氢就绪直接还原铁工厂。重新砌筑高炉实质上是一项资本密集型投资，将使高炉的使用年限再延长15年以上，同时将其碳排放量保持在几乎相同的水平。重新砌筑高炉将导致资产搁浅，这与中国的碳达峰和碳中和目标不符。重新砌筑高炉的资本成本可能比建造一座新的“直接还原铁”工厂的资本成本还要高。此外，随着中国和世界其他国家地区在未来几年建设一些氢基直接还原铁（H₂-DRI）工厂，并在这种低碳炼铁技术上获得经验和信心，再加之未来几年中国兴建大型项目，执行激励措施，绿氢能源的价格随之下跌，转向使用氢直接还原铁（H₂-DRI）在未来几年可能会比重新砌衬高炉更具吸引力，这肯定会是一项更有利于改善气候的投资。

政府应继续通过标杆管理、翻新改型和激励措施来推动提升能源效率；同时还要改进钢铁产品的回收系统，以提高废料质量及其可用性。中国政府应该走在企业的前面，在钢铁产品碳排放标准和冶金行业氢应用方面提供标准和政策指导。钢铁企业在继续追求脱碳的同时，还需要考虑对其钢铁产品实施生命周期排放标准，并贴上排放标签。

在中期阶段，政府应规划并指导行业调整，特别是在逐步淘汰高炉，搬迁有潜力的钢厂以匹配当地可再生资源方面。中国政府还可以利用市场力量，制定钢铁“政府绿色采购”（GPP）计划，以激励进行低碳钢铁生产。从中期阶段来看，钢铁企业在采用低碳技术方面将面临更大的压力和竞争。本文建议钢铁企业加入行业组织集团，或建立政府与社会资本合作模式，以在技术（氢基直接还原铁，碳捕获、利用与封存，智能制造等）和政策方面跟进了解最新发展。我们还建议钢铁企业开发试点和示范项目，以使用、测试并进一步改进低碳炼钢炼铁技术。

本文建议中国政府为技术创新提供资金、监管和政策支持，涉及领域包括投资高风险和高回报的突破性技术，制定“技术推向市场”计划，鼓励技术试点、测试和验证等。