



# “中国加速迈向碳中和” 钢铁篇：钢铁行业碳减排路径



作者：华强森 (Jonathan Woetzel)、许浩、汪小帆和廖绪昌

编者按

在“中国加速迈向碳中和”系列的开篇文章中，我们畅想了 2050 年由电动汽车、氢气炼钢、光伏发电、绿色储能等新能源元素主导的碳中和世界，这一愿景的实现也意味着全球需要在 2030 年将人为造成的二氧化碳净排放量较 2010 年减少约 45%，并于 2050 年达到“净零排放”。面对目标与时间的双重挑战，碳中和转型的道路亟待开启。在各国竞相开展具体的研究与落地工作之时，中国也在第七十五届联合国大会一般性辩论中率先提出了“碳达峰、碳中和”目标。联合国可持续发展目标 13 “气候行动”是麦肯锡中国区社会责任的关注重点之一。在此关键节点上，麦肯锡在中国区正式启动中国大规模碳中和转型研究公益项目，借助麦肯锡全球可持续发展研究的丰富经验，结合对中国社会、行业和企业的全方位理解和深刻洞见，动员全球百余人知识力量，开展横跨各大主要工业板块的碳中和转型趋势、对策和技术研究，希望能为中国早日达成碳中和目标略尽绵力。

作为该系列文章的第二篇，本文将以前述钢铁行业为样本继续展开碳中和转型研究。未来我们还将陆续发布一系列文章，内容涵盖煤化工、水泥、油气、电力等高碳排放行业，涉及碳减排路径剖析、新兴技术研讨、投资成本预测、国际实践分享等众多主题，也会探究传统碳减排工艺革新、碳捕集利用与封存 (CCUS)、氢能等新型碳减排技术的最新趋势等。在持续

推进此项研究的过程中，我们非常欢迎各界专家同仁不吝赐教，您可在留言区提出宝贵意见，也可直接与团队取得联系。我们期待与社会各界共同推进绿色中国碳中和转型之路。

钢铁行业是我国工业的支柱性行业，约占我国 GDP 的 5%。钢铁行业涉及面广、产业关联度高、消费拉动大，在经济建设、社会发展、就业稳定等方面发挥着重要作用。我国钢铁行业在全球也举足轻重，钢铁产量占全球总产量的半壁江山。然而，目前我国钢铁行业仍以碳排放强度高的长流程为主，粗钢产能约占 90%。在碳中和承诺以及去产能的双重压力下，我国钢铁行业面临严峻挑战。

目前，中国钢铁行业碳排放量约占中国碳排放总量的 15%，是碳排放量最高的制造行业。全球每年生产和使用高达 18 亿吨钢铁，其中将近 50% 的钢产于中国内地，中国钢铁行业碳排放量也约占全球钢铁行业碳排放总量的 50%。根据麦肯锡测算，如果要实现本世纪末全球平均气温上升不超过 1.5°C 的情景，到 2050 年中国钢铁行业须减排近 100%，这是极具挑战的目标，需要从钢铁消费、生产、技术、供应等多个关联领域共同推进零碳转型。

综合考量成本、技术成熟度和资源可用性，我们认为需求减少、能效提升，以及废钢再利用、碳捕集利用与封存（CCUS）、氢气直接还原炼钢（H<sub>2</sub>-DRI-EAF）等技术的加速推动是中国钢铁行业碳中和的重要抓手。据此，我们绘制了中国钢铁行业从 2020 年到 2030 和 2050 年的减排路径图

(见图 1)。

图1 中国钢铁行业从2020年到2030和2050年的CO<sub>2</sub> 排放变化  
百万吨CO<sub>2</sub>



McKinsey  
& Company

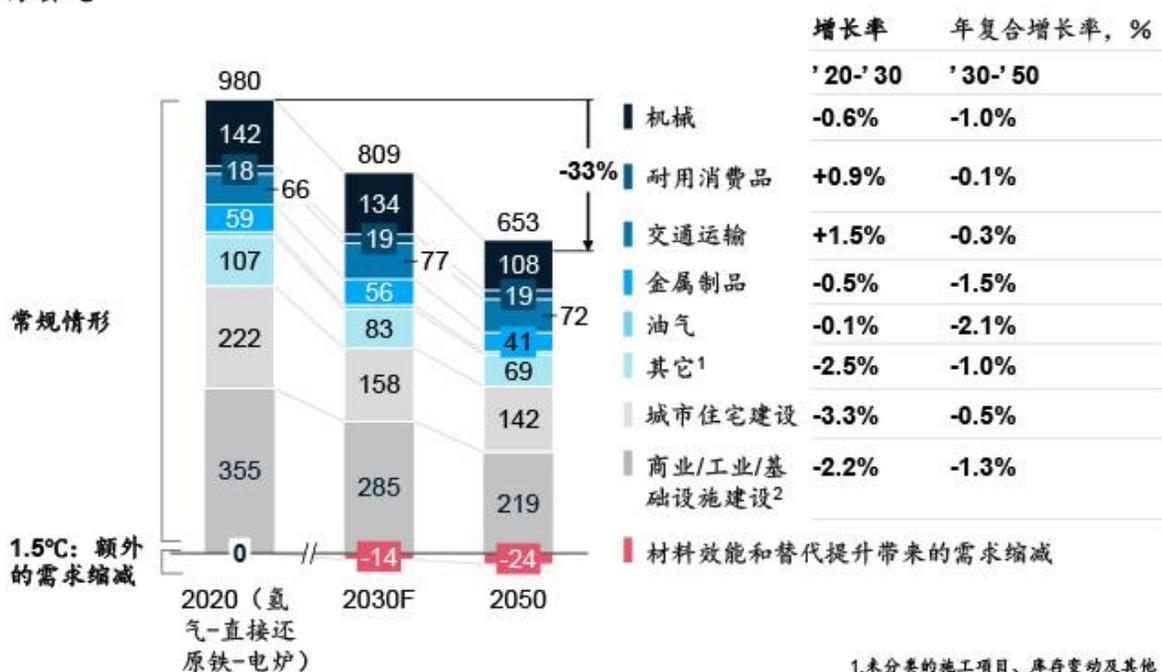
1. 使用高强度可使钢筋总需求在2030年减少1400万吨（替换约50%），在2030-50年减少1000万吨（约替换85%）
  2. 《白皮书：中国氢能经济基础设施及发展计划》
- 资料来源：BMI分析；新闻检索；专家访谈；小组分析

常规情形下的需求缩减（A）预计到2050年将贡献约35%的二氧化碳减排。对钢铁表观需求的影响因素来自于三方面：新增需求、替换需求及库存变化。随着城市化和建筑业增速的放缓（见图2），钢铁新增需求将较往年减少。此外，建筑行业材料效能提升（如使用高强度）、新型替代材料的突破也将进一步削减钢铁的替换需求。随着国内供给侧改革去库存的进一步深化，钢铁企业高位库存减少也将带来表观需求的下降。展望未来，如果钢铁行业被纳入我国的碳价格体系（具体包括对钢铁企业碳排放进行收费、收税、排放交易等），将可能推动钢铁需求进一步下降。同时，随着

欧盟排放交易体系（EU ETS）等国际碳价格体系的加速推进，我国钢铁出口将面临更大的挑战，但也会给“低碳钢铁产品”带来新的市场机遇。加之国内大力控制钢铁产能产量的良性发展，我国钢铁产能将保持内需为主、出口为辅的局面。值得注意的是

图2 1.5°C情景下中国钢材表观需求

百万公吨



McKinsey & Company

1.未分类的施工项目、库存变动及其他  
2.商业、工业、基础设施和农村住宅建设  
3.HSS  
4.使用1吨高强度钢 (> 400MPa) 可以降低12%的低强度钢筋 (例如335MPa) 消耗。中国2019年钢筋消耗量达2.3亿吨。假设高强度钢在2030年替代50%的钢筋消耗量, 在2050年替代85%的钢筋消耗量

资料来源: CISA; 世界钢铁协会; 麦肯锡中国钢材需求模型; 专家访谈; 团队分析

当前的减排路径分析较大程度上取决于需求变化, 这意味着碳中和转型的步伐将根据需求急剧加速 (或放缓)。若企业追求持续的绿色增长, 应当为碳中和转型工作做最充分的准备。

能效提升 (B) 是技术成熟的无悔之举, 到 2050 年有约 1.8 亿吨二氧

化碳的减排潜力；预计到 2050 年将贡献全行业 15% 的二氧化碳减排。能效变革有三大主要驱动因素：

### 一是产能升级和替换

我们预计到 2030 年有约 2000 万吨碳减排潜力来自小型高炉-转炉(年均产能<1000 万吨) 向大型高炉-转炉 (年均产能>2000 万吨) 的自然升级，共覆盖约 2.5 亿吨产能；

### 二是卓越运营

钢铁企业始终不懈追求卓越运营，通过不断完善标准、提高标准化操作水平，同时将关键指标向下分解、将运营能力与绩效挂钩、改善运营流程，钢铁行业在过去十年实现了 7.5% 的能效提升。对标业内最佳能效水平，预计未来 30 年能效提升可达 10%-15%；

### 三是原辅料优化

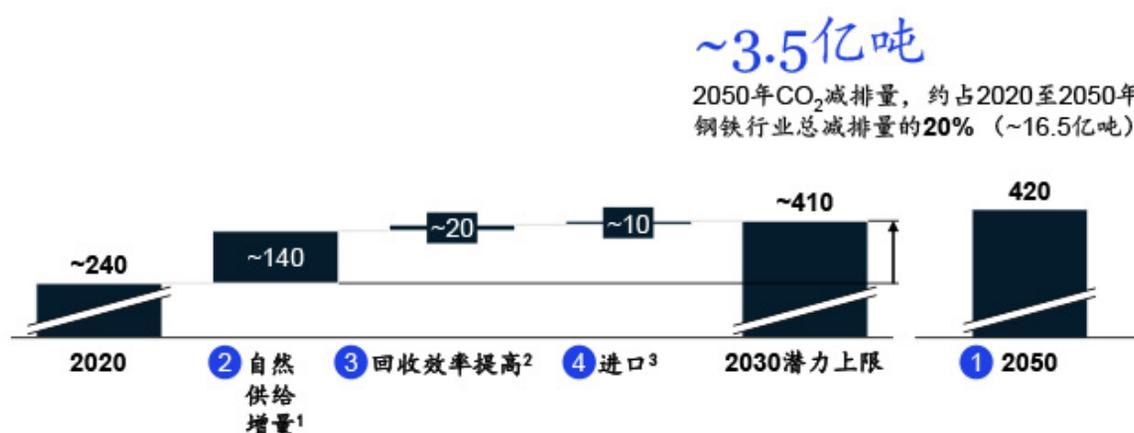
企业因碳减排而在铁矿石、焦炭、熔剂等品类上优先利用高品质原料，实现长流程钢铁生产碳排放强度的降低。

电炉+废钢 (C) 是更优先、成熟且灵活的手段，钢铁制造过程中 66% 的碳排放来自于长流程 (BF-BOF) 中的高炉炼铁过程，而利用废钢则可以采用碳排放更低的电炉短流程 (EAF) 进行生产，并且通过绿电实现碳减排也更具有经济性。随着国内废钢供应量的上升，预计中国未来的电炉钢比例将由当前的约 10% 增加到 2025 年的 15%，并且长流程废钢利用能力

也可能进一步提升。我们预测,到 2050 年通过电炉+废钢替代长流程炼钢,可贡献钢铁行业二氧化碳累计减排量的 20%。废钢有三大主要来源(如图 3):

图3中国废钢供给前景

百万吨 (Mt)



McKinsey  
& Company

一是国内回收: 鉴于废弃钢材的增加,特别是来自机械和汽车两大行业,预计 80% 的新增废钢供给将源于国内废钢回收;

二是回收效率提升: 政府持续引导废钢行业整合并出台利好的财务和税收政策,将促使钢铁企业主动使用废钢;

三是放开进口废钢: 2020 年 12 月《再生钢铁原料》国家标准的批准和近期优质废钢进口的放开,预计将提高废钢整体供应并降低废钢成本。

减排缺口 (D) 仍需由碳捕集利用与封存、氢气直接还原炼钢等成本更为高昂、尚在发展之中的手段来填补。氢气直接还原炼钢的成本主要来

自于氢气生产，其核心是电价；碳捕集利用与封存则需要相匹配的地质条件，如靠近衰退期油田、盐水层等。因此我们认为具体技术部署应基于区域性评估，因地制宜选择方案。

我们建议中国钢铁企业考虑以下四种路径弥补减排缺口：

### 一是碳捕集利用与封存规模化

代表地区为环渤海地区（东北、津冀、山东）。其有集中化的钢厂，供应全国超过 40% 的钢铁产量，同时还有火电、油气、水泥等其他高碳排放强度的工业，有望实现碳捕集利用与封存规模化基础设施建设，摊薄资本支出成本（如管道等）。且其靠近衰退期油田，运输效率高，还可通过油获实现额外收益。

### 二是氢气直接还原炼钢试点

代表地区为西南地区（四川、云南、重庆、贵州）。其拥有丰富的绿色电力和水资源，可能实现低成本的绿氢生产，经济性高。瑞典、德国、奥地利等国已有氢能炼钢项目投产，国内宝武、河钢、酒钢等钢铁企业也开

**预览已结束，完整报告链接和二维码如下：**

[https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=1\\_33992](https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=1_33992)

