

山西低碳转型系列研究

钢铁行业的深度降碳



版权说明

版权归自然资源保护协会与山西科城能源环境创新研究院所有。本报告免费下载，转载或引用请注明来源，不得用于任何形式的商业牟利。如有违反，我们保留依法追究其法律责任的权利。

课题组成员

山西科城能源环境创新研究院：刘宇、许小静、张岩姿、秦艳、赵跃华
自然资源保护协会：王佳、刘季熠



山西科城能源环境创新研究院（简称：科城研究院）成立于 2017 年，是一家以推动区域可持续发展为目标的非营利研究机构和协同创新平台、联合国气候变化框架公约观察员机构。自成立以来，研究院围绕应对气候变化、能源绿色低碳转型、资源循环高效利用、低碳包容性转型、新质生产力培育、环境社会治理等领域开展研究，从政策倡导、战略研究、技术建议、能力建设、策略传播等角度为政府、企业和公众提供绿色低碳转型解决方案。



自然资源保护协会（NRDC）是一家国际公益环保组织，成立于 1970 年。NRDC 拥有 700 多名员工，以科学、法律、政策方面的专家为主力。NRDC 自上个世纪九十年代中起在中国开展环保工作，中国项目现有成员 40 多名。NRDC 主要通过开展政策研究，介绍和展示最佳实践，以及提供专业支持等方式，促进中国的绿色发展、循环发展和低碳发展。NRDC 在北京市公安局注册并设立北京代表处，业务主管部门为国家林业和草原局。

所使用的方正字体由方正电子免费公益授权

封面图片：山西某钢企连铸钢坯火焰切割现场 | 图源：山西科城能源环境创新研究院

执行摘要

钢铁行业发展格局正在重塑，以“碳属性”定义的行业竞争新赛道雏形渐显。山西省粗钢产量虽常年位居全国第五，但近年来份额持续收缩。2025年，全省粗钢产量为5455.75万吨，同比下降9.5%，高于全国平均降幅^[1]。在政策、市场等因素的影响下，碳排放正加速成为影响钢铁行业发展格局的关键变量。尽管山西钢铁行业碳排放总量已于2021年实现达峰，但粗钢碳强度仍高于全国水平。未来，在行业管理升级、“双碳”政策趋紧以及市场逻辑向低碳转变的新格局下，提升碳竞争力将成为山西钢铁行业的必然选择。

本报告从政策、市场、行业三个维度研判了山西钢铁行业未来的发展格局，通过开展情景分析识别出2024—2050年不同阶段的关键减排措施，据此构建了山西钢铁行业提升碳竞争力的发展路线图，并针对转型过程中的挑战提出对策建议，以期为山西省钢铁行业提升碳竞争力提供参考。

在强化降碳情景下，到2030年、2035年、2050年山西钢铁行业碳排放总量将分别下降至6373万吨、3824万吨、1446万吨，较峰值下降50%、70%、89%。

- 与基准情景相比，强化降碳情景具有更显著的碳减排效果。到2030年，其减排量较基准情景提升23%。减排优势主要得益于低碳冶炼工艺的应用，废钢电炉钢产量占比提升10%，减排贡献占比37%；氢冶金产量占比提升11%，减排贡献占比12%。
- 冶炼工艺结构低碳化转型是山西钢铁行业深度减排的关键力量，2024—2050年减排贡献占比约为37%—55%。同时，低碳工艺减排潜力的进一步释放高度依赖于绿电、绿氢的渗透和替代。
- 随着电解槽、氢储运等技术的进步，绿氢冶炼成本将在2040年与长流程持平。若山西加大对绿氢产业发展的支持力度，则绿氢冶炼成本有望提前到2035年降至可与长流程竞争的水平，支撑全省氢冶金规模扩张。
- 粗钢产量减少也是山西钢铁行业重要的减排举措，2024—2050年期间的减排贡献为30%左右。山西钢铁行业应采取“量减质升”的发展战略，以品质升级对冲产量缺口，主动调整钢材产品结构，生产高端钢材产品。

为实现强化降碳情景下山西钢铁行业的减排效果，报告基于不同阶段减排措施的贡献分析，提出了更具碳竞争力且兼顾山西实际的钢铁行业低碳转型路线。

- 到2030年，推动长治等地将限制类长流程产能置换为低碳冶炼工艺，并鼓

励低碳冶炼产能满负荷生产，带动全省低碳冶炼工艺产量占比提升至35%。瞄准高端装备、海洋工程等领域需求，推动全省钢铁产品结构的绿色化、高端化。山西粗钢产品碳强度下降至1.3吨二氧化碳/吨粗钢（以下简称“吨/吨”）左右。

- 到2035年，加快推动长流程工艺产能置换，低碳冶炼工艺产量占比达到50%。加大对绿氢生产和使用的政策支持，实现绿氢100%替代灰氢。山西粗钢产品碳强度下降至0.9吨/吨以下。
- 到2050年，山西钢铁生产工艺结构实现颠覆性重塑，低碳冶炼工艺产量占比达到80%，智慧化能碳管理能力全面覆盖，CCUS技术及其相关应用逐步成熟，基本实现净零排放，粗钢产品碳强度低至0.2吨/吨。

	2030 年	2035 年	2050 年
山西省粗钢总产量	4800 万吨	4200 万吨	3400 万吨
高炉 - 转炉长流程产量占比	65%	50%	20%
废钢 - 电炉短流程产量占比	20%	30%	50%
氢基竖炉 - 电炉短流程产量占比	15%	20%	30%
高炉喷氢技术应用	全省高炉喷氢技术普及率达到 15%		
球团替代烧结技术	替代率为 30%	替代率为 35%	替代率为 50%
长流程极致能效技术应用	山西钢铁企业长流程极致能效技术逐步推广，直至各主要工序能耗达到标杆值		
长流程废钢利用	转炉废钢比 25%	转炉废钢比 30%	转炉废钢比 40%
提升绿电应用	绿电渗透率达到 54%	绿电渗透率达到 62%	绿电渗透率达到 80%
绿氢替代	绿氢价格下降，替代提高至 50%	绿氢成本与灰氢成本一致，绿氢替代率达到 100%	
CCUS 技术应用	试点探索	CCUS 技术应用率 5%	CCUS 技术应用率达到 60%
绿色化高端化产品供给能力	打造数款绿色化高端化产品	持续升级产品供给能力，形成全省钢铁产品品牌效应	
企业碳管理能力	能碳管理体系全面覆盖	能碳管理迈向智慧化	能碳管理全面实现智慧化

图1 山西钢铁行业深度降碳路线

数据来源：课题组

为推动山西钢铁行业深度降碳路线落地，并提升行业碳竞争力，需解决碳减排认知不齐、废钢铁资源不足、绿电协同支撑体系不完善、氢冶金成本竞争力不足、低碳转型资金压力较大等问题。对此，本报告提出以下建议：

- **强化目标规划和政策引导。**将碳排放相关指标纳入政策体系，明确2030年粗钢碳强度较2024年下降30%的目标。加强低碳要求与山西钢铁产量调控、环保绩效评级等工作的衔接。同时，加快构建低碳排放钢标准体系，并通过政府绿色采购等措施引导低碳钢消费。
- **构建“内网+外网”废钢铁回收体系。**在太原、长治等地建设加工配送基地，将回收网络向周边省份延伸，加强跨区域废钢铁资源统筹配置，保障废钢铁资源的稳定供应。
- **开展短流程电炉+绿电直供降碳试点，**支持试点项目优先配置风电、光伏等新能源资源。支持钢铁企业通过绿电直连、多年期绿电交易等方式，稳定获取绿色电力。
- **率先谋划“绿氢+氢冶金”项目试点示范，**提供“建设补贴+运营奖励”支持。鼓励长治等有条件的地区利用产能置换窗口期优先置换氢冶金产能，并警惕灰氢资产闲置。
- **加大财政资金宣贯力度，**提高山西钢企财政资金申报率。鼓励金融机构推广碳配额质押融资、债券融资及融资租赁等方式，拓宽低碳转型融资渠道。搭建省级金融信息平台，强化银企对接工作。

目录

第一章	国家钢铁版图中的山西角色.....	1
1.1	生产份额	1
1.2	产品结构	2
1.3	工艺结构	3
1.4	碳排放水平	4
第二章	山西经济社会版图中的钢铁行业.....	5
2.1	经济作用	5
2.2	产业关系	6
2.3	碳排放	6
第三章	山西钢铁行业发展面临新格局.....	8
3.1	“双碳”政策演进.....	8
3.2	市场逻辑转变	9
3.3	行业自律升级	9
第四章	山西钢铁行业碳减排情景分析.....	11
4.1	情景分析	11
4.2	结果研判	12
4.3	关键结论	15
第五章	山西钢铁行业深度降碳路线.....	18
5.1	2030路线	19
5.2	2035路线	20
5.3	2050路线	21
第六章	山西钢铁行业深度降碳路线的落地挑战	22
6.1	企业碳减排认知参差不齐	22
6.2	废钢铁保质保量供应能力不足	22
6.3	绿电协同支撑体系不完善	23
6.4	氢冶金的成本竞争力不足	23
6.5	低碳转型资金投入压力大	23

第七章 山西钢铁行业提升碳竞争力的主要建议 24

7.1 注重政策引导和目标规划，深化钢铁行业减排要求..... 24

7.2 利用钢铁产能置换窗口，鼓励钢企建设低碳化项目 24

7.3 加强示范试点项目支持，推动“绿氢+氢冶金”发展 25

7.4 推广“绿电+电炉钢”模式，释放废钢电炉钢减排潜力 25

7.5 财政与金融协同发力，破解行业的转型资金瓶颈..... 25

7.6 构建低碳钢材标准体系，参与国家标准和规则制定..... 26

7.7 将碳指标纳入政府采购，推动低碳排放钢市场需求..... 26

7.8 加强管理体系平台建设，提升碳排放专业管理水平..... 26

7.9 开展产品碳足迹认证，主动适应低碳排放钢市场..... 27

参考文献..... 28

第一章

国家钢铁版图中的山西角色

1.1 生产份额

2025年，山西省粗钢产量为5455.75万吨，占全国粗钢产量的5.7%，位居全国第五。近十年，山西省粗钢产量呈现先增后降的态势，与全国粗钢产量走势基本一致。据山西统计年鉴、国家统计局等数据显示，2015年—2021年，山西省粗钢产量稳步增长，从3847万吨增至6740.69万吨，产量占全国比重从4.8%上升至6.5%。2021年—2024年，受供需关系影响，全国钢铁产量波动下行，山西省粗钢产量也同步回落，但仍维持在6000万吨左右，占全国粗钢生产规模的6%左右。步入2025年，全国粗钢产量跌破10亿吨，达9.6亿吨，同比下降4.4%；受环保约束增强、产能调整等多重因素影响，山西粗钢产量同期回落至5455.75万吨，同比下降9.5%^[1]，降幅居全国第二。

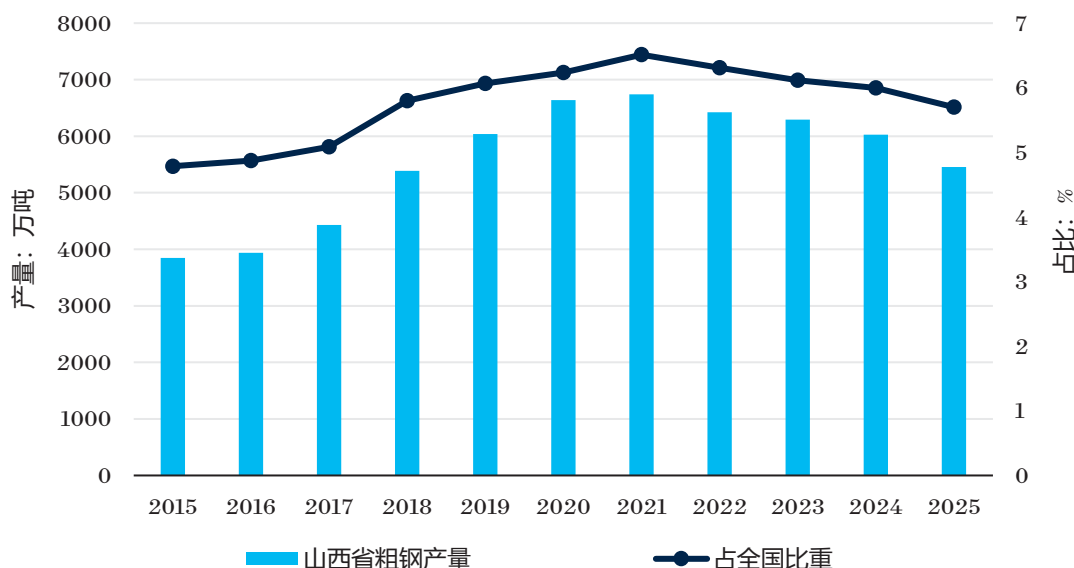


图1-1 山西省粗钢产量及占全国比重

数据来源：山西统计年鉴、国家统计局、山西省2025年国民经济和社会发展统计公报

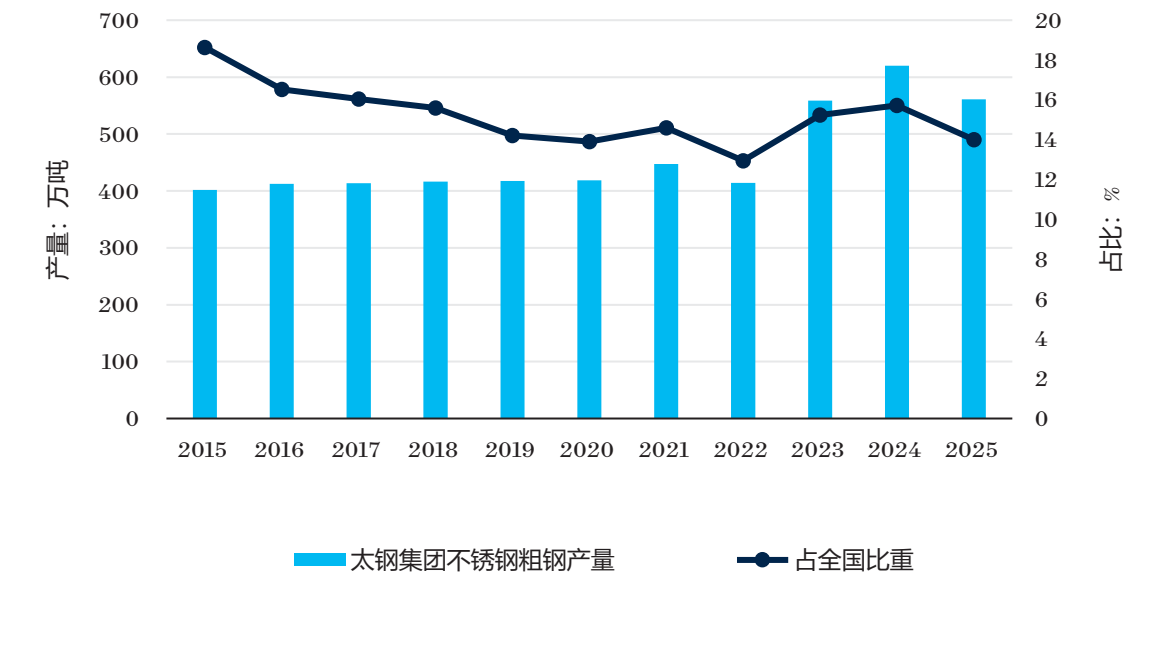
表I-I 2025年粗钢产品排名前十省份		
排名	省份	粗钢产量（万吨）
1	河北	19061.12
2	江苏	11349.34
3	辽宁	6883.03
4	山东	6827.19
5	山西	5455.75
6	广西	4344.47
7	广东	3990.27
8	福建	3557.43
9	安徽	3438.24
10	内蒙古	3260.60

数据来源：我的钢铁网

1.2 产品结构

长期以来，山西钢铁产品以螺纹、盘条等建材钢为主，但近年来产品结构升级。截至2025年上半年，山西建材钢产品比例已由2020年的60%降至40%^[2]，工业用钢比例有所提升。本省仅消费粗钢产量的30%左右，其余70%销往陕西、宁夏等西北地区，河南、湖北、安徽等中部地区，以及四川、重庆等西南地区。

山西钢铁在全国市场的核心竞争产品是不锈钢。山西不锈钢生产企业以太钢集团为主，主要产品有不锈钢、冷轧硅钢、碳钢热轧卷板、火车轮轴钢、合金模具钢等，其中电磁纯铁、超纯铁素体、双相钢、高碳马氏体、无磁钢、铁路客货车用钢、火车轮轴钢的市场占有率均为国内第一。2025年，太钢集团生产不锈钢粗钢560.81万吨^[3]，约占全国总不锈钢粗钢产量的14%^[4]。但随着市场竞争加剧，太钢集团占全国比重呈现波动下降趋势，从2015年的19%波动下降至2025年的14%。



图I-2 太钢集团不锈钢产量占全国比重

数据来源：太钢集团年度报告、中国钢铁工业协会不锈钢分会

1.3 工艺结构

山西高炉-转炉长流程工艺产能占比高达95%，高于全国平均水平。全省21家钢铁企业全部为高炉-转炉长流程企业，具备废钢-电炉冶炼工艺的钢铁企业仅太钢集团和山西通才工贸有限公司2家。两家企业废钢电炉钢产能共计348万吨¹，占全省粗钢产能比重的5%，低于全国10%的平均水平^[5]。此外，部分山西钢企积极践行“双碳”战略，主动探索氢冶金工艺，共部署4个氢冶金工艺项目。其中，中晋冶金科技有限公司的30万吨/年直接还原铁项目已于2022年落地投产^[6]，但目前受市场原因处于停产状态。

表I-2 山西省氢冶金工艺项目		
企业名称	氢冶金工艺	发展阶段
中晋冶金科技有限公司	氢基竖炉	已投产（现停产）
山西晋钢智造集团有限公司	煤层气气基竖炉	示范论证阶段

¹ 课题组根据《山西省2024、2025年度钢铁、水泥、铝冶炼行业重点排放单位名录》《山西通才工贸有限公司置换建设1×1280m³高炉、2×100t转炉、1×65t合金钢电炉及配套项目（阶段性）竣工环境保护验收监测报告》，以及太原市企业环境信息依法披露系统等公开信息估算。

企业名称	氢冶金工艺	发展阶段
山西美锦钢铁有限公司	焦炉煤气制氢耦合纯氢冶金项目	启动阶段
太钢集团	氢基等离子体强化钢铁冶金工艺技术工业试验项目	启动阶段

数据来源：课题组根据公开信息整理

1.4 碳排放水平

“双碳”背景下，碳排放成为衡量钢铁行业发展水平的重要指标。粗钢的碳排放强度越低，在市场中的碳竞争力就可能越强。2015—2023年，山西粗钢产品碳强度多年高于国家平均水平，但差距正逐步缩小。根据中国统计年鉴和山西统计年鉴计算，2023年山西粗钢产品碳强度降为1.90吨二氧化碳/吨粗钢（以下简称“吨/吨”），累计下降约26%，与国家粗钢单位产品碳强度的差距也从2015年的0.36吨/吨逐步收窄至0.05吨/吨²。

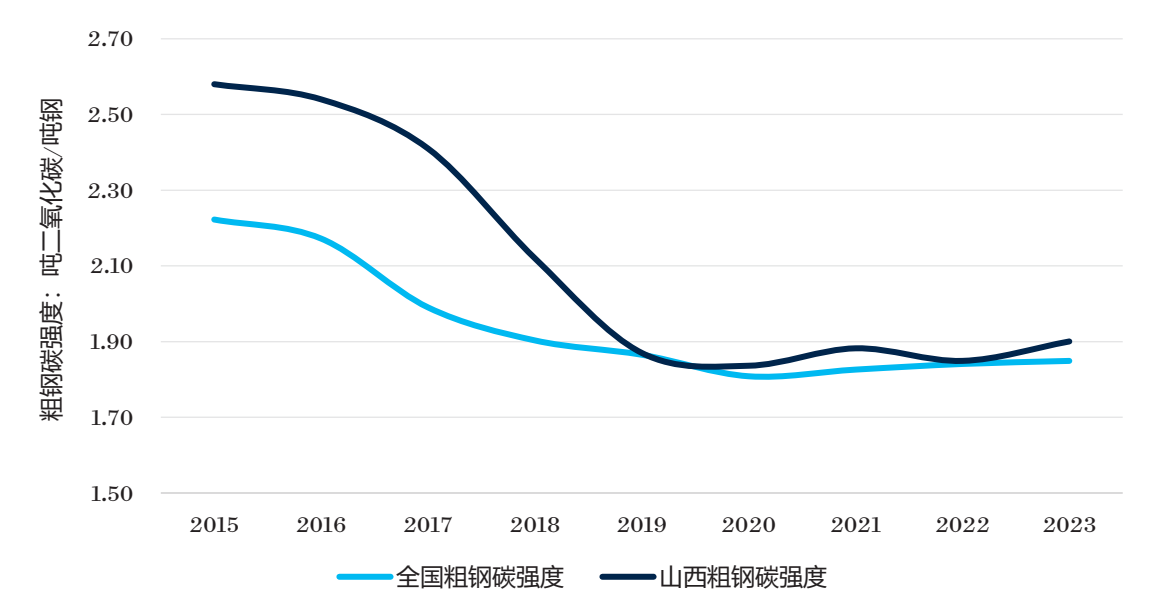


图1-3 山西粗钢碳强度与全国对比

注：碳排放核算边界为化石燃料燃烧碳排放+工业生产过程产生碳排放+用电间接碳排放。

数据来源：中国统计年鉴、山西统计年鉴、课题组计算

² 《国家统计年鉴2025》分行业能源消费数据更新至2023年，因此，全国钢铁行业碳排放数据最新可核算至2023年。

第二章

山西经济社会版图中的钢铁行业

2.1 经济作用

钢铁行业是山西工业经济的重要支撑。从营收来看，山西钢铁行业占比突出。2015年—2024年，山西钢铁行业营业收入占全省工业行业的比重基本维持在11%到15%之间，排名稳居第二，仅次于煤炭采选行业。钢铁行业也是山西税费贡献主力之一。受行业“内卷式”竞争影响，山西钢铁行业利润空间被压缩，其税费占全省工业的比重从2015年的4.9%下降到2024年的2.6%。尽管如此，山西钢铁行业税费贡献排名仍位于全省第五位，支柱作用依然显著。

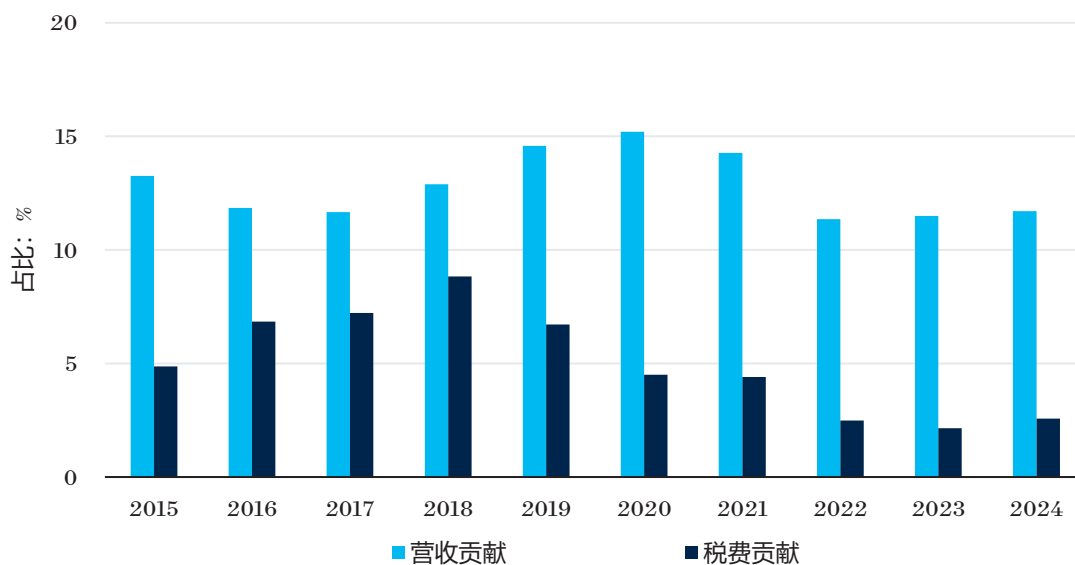


图2-1 山西钢铁行业营收贡献和税费贡献

数据来源：山西统计年鉴、课题组计算

2.2 产业关系

山西钢铁行业的发展紧密依托于省内丰富的炼焦煤资源，与焦化行业形成了深度耦合的产业生态。焦炭在长流程炼钢工艺中不仅承担还原剂的功能，也是维持高炉料柱骨架支撑的核心材料。山西是全国最大的焦炭生产基地，焦炭产能占全国的五分之一。省内钢铁企业在焦炭采购上具备明显的成本与供应稳定的优势。据山西统计年鉴数据计算，2015年-2024年期间，省内钢铁企业采购消费的焦炭约占全省焦炭产量的20-30%。这种深度嵌套的“煤-焦-钢”产业链结构，使得钢铁行业减碳压力容易沿产业链传导，不仅直接影响上游焦化行业，也进一步影响煤炭行业，加剧了山西产业转型的复杂性。

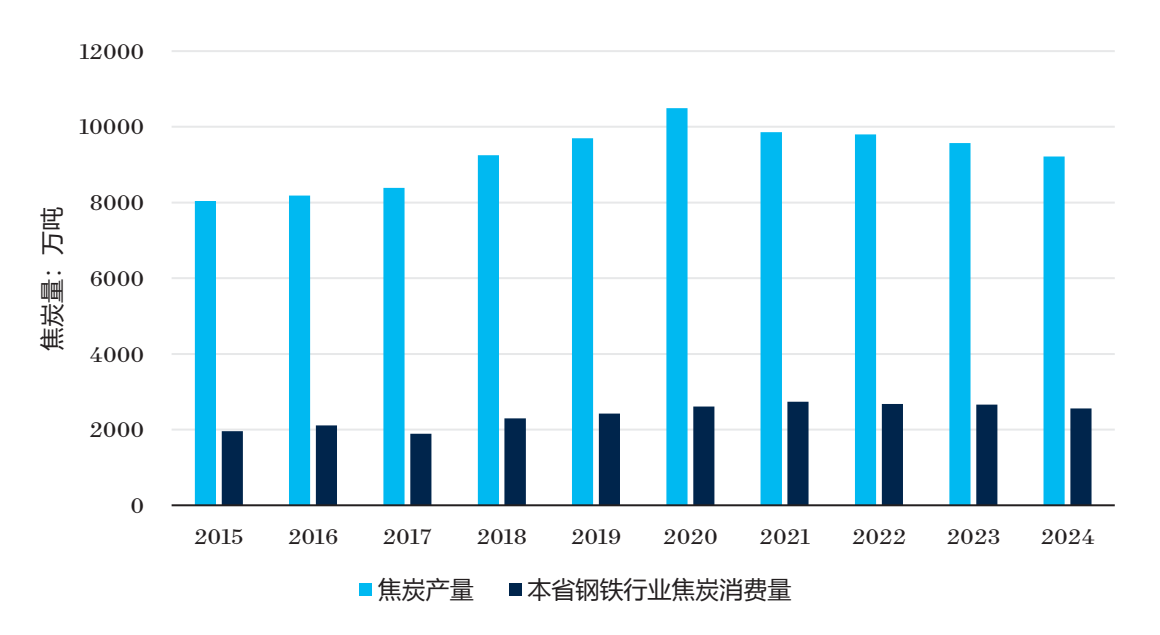


图2-2 山西焦炭产量与本省钢铁行业焦炭消费量

数据来源：山西统计年鉴

2.3 碳排放

据山西统计年鉴数据测算，山西钢铁行业碳排放总量（包含化石燃料燃烧碳排放、工业生产过程碳排放、电力间接碳排放）于2021年达到峰值1.27亿吨。2024年，山西钢铁行业碳排放总量为1.14亿吨，较峰值减少10%。其中，化石燃料燃烧碳排放占比约74.19%，工业生产过程碳排放占比约8.86%，电力消费产生的间接碳排放占比约16.95%。

2020—2024年，山西钢铁行业碳排放量占全省碳排放总量比重保持在20%以上，是全省工业行业中的第二大碳排放行业、制造业中的第一大碳排放行业。2024年，全行业碳排放总量占全省碳排放比重约22%。

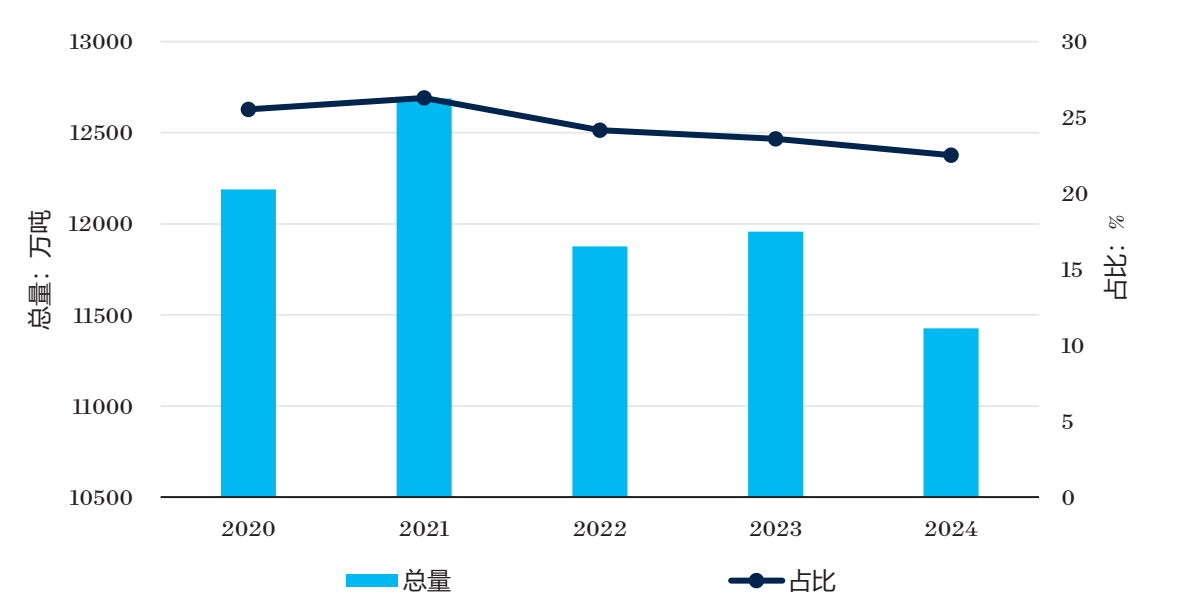


图2-3 2020-2024年山西钢铁行业碳排放及占全省比重

数据来源：山西统计年鉴、课题组计算

第三章

山西钢铁行业发展面临新格局

3.1 “双碳”政策演进

2021年，国家印发《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》和《2030年前碳达峰行动方案》，通过构建“1+N”政策体系，为全面实施“双碳”战略提供顶层设计和系统路径。

钢铁行业作为高耗能、高排放行业，在“双碳”目标下，承担着实现绿色低碳转型的重要任务。2022年，《工业领域碳达峰实施方案》将钢铁行业纳入重点行业开展达峰行动。2024年国家印发的《钢铁行业节能降碳转型行动计划》明确规定大气污染防治重点区域钢铁产能只减不增。山西钢铁产能的主要分布城市均属于大气污染防治重点区域，面临严格的产能管控。

2025年以来，国家陆续出台了《钢铁行业规范条件（2025年版）》《全国碳排放权交易市场覆盖钢铁、水泥、铝冶炼行业工作方案》《关于更高水平更高质量做好节能降碳工作的意见》《钢铁行业产能置换实施办法》《关于开展重点行业节能降碳改造攻坚三年行动的通知》等文件，进一步深化了钢铁行业节能降碳要求。其中，2025年更新的《钢铁行业规范条件（2025年版）》规定实施“规范企业”和“引领型规范企业”两级评价，并将能效标杆、低碳发展等绿色化指标纳入引领型规范企业评价指标，引导钢企提升低碳生产水平。2025年3月出台的《全国碳排放权交易市场覆盖钢铁、水泥、铝冶炼行业工作方案》将钢铁行业纳入碳市场，倒逼钢铁企业碳减排。2026年修订的《钢铁行业产能置换实施办法》，对废钢电炉钢、氢冶金等低碳冶炼工艺给予产能置换比例倾斜，引导钢铁产能向采用低碳工艺的钢铁企业集聚。

我国正加快向碳排放双控全面转型。《加快构建碳排放双控制度体系工作方案》明确，自2026年起全面实施碳排放强度与碳排放总量双控制度。《碳达峰碳中和综合评价考核办法》进一步将碳双控考核列为刚性约束。钢铁行业将被纳入更加严格的碳排放管理体系，承担更多减排任务。

3.2 市场逻辑转变

一方面，低碳排放钢市场正在兴起，汽车、家电行业率先提出产品碳足迹要求。如黑龙江省建龙北满特殊钢有限责任公司生产的绿色低碳盘条钢产品较传统紧固件用钢碳排放降低约40%，成为小米汽车的紧固件供应之一^[7]；家电企业海尔集团为构建绿色低碳供应链，与河北钢铁集团签署合作协议^[8]。根据彭博新能源财经统计，2025年全球低排放钢铁供应协议已接近200份，较两年前增长一倍多，且每吨钢材溢价已上升至35%^[9]。这表明，碳减排已不再是企业的外部合规成本，而是决定其市场竞争力的核心要素之一。尽管目前山西省汽车、家电用钢的生产规模较小，但随着低碳要求覆盖更多行业，钢铁产品的低碳属性将逐步成为供应链采购的重要条件。山西钢铁产业要想在低碳排放钢市场占据一席之地，就必须主动优化产品结构，加快构建绿色低碳的产品矩阵。

另一方面，绿色贸易规则使得钢铁产品的低碳属性成为进入海外市场的“入场券”。如欧盟碳边境调节机制（CBAM）将使我国钢铁出口短期成本增加8.5%~9.5%，并增加出口导向型钢铁企业在碳盘查、碳数据管理等方面的“隐性成本”^[10]。山西太原的太钢集团已于2025年11月成功出口首批绿钢产品，其碳足迹较传统工艺下降75%以上^[11]，这表明低碳化已成为山西钢铁产品提升国际竞争力的重要方向。未来，全省钢企若要扩大海外市场份额，需主动适配全球绿色规则，持续深耕碳减排。

3.3 行业自律升级

近年来，钢铁行业“内卷式”竞争的问题突出。部分钢铁企业无视市场供需矛盾，通过扩产摊薄成本，扰乱市场秩序，最终陷入高产量、高成本、高出口与低价格、低需求、低效益的“三高三低”困境^[12]。针对这类问题，国家持续释放规范行业竞争秩序的政策信号。2025年，我国《政府工作报告》首次提出综合整治“内卷式”竞争。2026年，《政府工作报告》进一步强调“深入整治‘内卷式’竞争，营造良好市场生态”^[13]。

对于钢铁行业而言，“反内卷”不仅是规范市场竞争秩序的重要举措，更意味着行业发展逻辑的深刻转变。依靠规模扩张的发展模式正成为过去式，钢企需要通过提质升级培育新的竞争优势。从发达国家钢铁行业的发展历程来看，粗钢产量达峰后加强行业自律成为普遍趋势^[14]。例如，欧盟、日本等国家或地区在粗钢产量达峰后，纷纷通过优化产品结构、淘汰落后产能等措施，加快推动行业供需关系逐步恢复平衡。

我国钢铁行业正加快自律升级，绿色低碳转型已成为其中的重要内容。中国钢铁工业协会围绕节能降碳、低碳产品培育等方面开展工作，持续引导行业企业绿色低碳转型。2022年，中国钢铁工业协会启动实施极致能效工程，组织钢铁企业对标能效标杆开展节能降碳改造，持续提升行业能源利用效率和绿色低碳发展能力。2024年，中国钢铁工业协会组织编制《T/CISA 452-2024 低碳排放钢评价方法》，并推动建立了国内首个钢铁行业低碳产品评价平台——低碳排放钢发布平台，支撑我国低碳排放钢发展。

第四章

山西钢铁行业碳减排情景分析

4.1 情景分析

本报告对山西钢铁行业碳排放的预测包含两部分，一是能源活动产生的碳排放，二是工业生产过程产生的碳排放。参考钢铁行业低碳转型相关文献^{[15][16][17]}，主要考虑山西钢铁行业未来产量规模、工艺结构、节能降碳技术推广、绿色能源替代等边界条件的发展趋势，本报告对2024—2030年，2031—2035年，2036—2050年三个时间段分别设置基准情景和强化降碳情景。

基准情景：山西钢铁行业政策、技术环境按照现有趋势发展。全省粗钢产量下降幅度基本与全国一致，废钢电炉钢发展规模、氢基竖炉冶炼规模、社会绿电渗透率等以实现现有政策或企业已有规划目标为准；高炉喷氢、极致能效、提升转炉废钢比、绿氢替代措施应用率等缓慢提升。

强化降碳情景：全省粗钢产量降幅高出全国水平，产品结构持续优化，废钢铁、绿电、绿氢成本明显下降，社会绿电渗透率显著提升，短流程工艺经济性取得积极进展，并且由于国家政策的大力引导以及市场逻辑的深刻演变，行业减排主动性和积极性提升，各生产工艺的能源优化措施推广应用程度加速提档。

表4-1 山西省钢铁行业两种情景下的碳减排参数					
情景参数		基数	关键年份参数		
		2024	2030	2035	2050
情景一：基准情景					
产量变化	粗钢产量	6027.90	5000	4500	3800
工艺结构	高炉-转炉长流程比例	96%	86%	70%	40%
	废钢-电炉短流程比例	4%	10%	20%	30%
	氢基竖炉-电炉流程比例	-	4%	10%	20%

情景参数		基数	关键年份参数		
		2024	2030	2035	2050
能源优化	社会绿电渗透率（三种工艺）	27.5%	42%	51%	70%
	高炉喷氢技术普及率（高炉-转炉）	9%	9%	15%	15%
	球团替代烧结率（高炉-转炉）	15%	25%	30%	40%
	能效提升技术应用（高炉-转炉）	10%	30%	40%	100%
	长流程废钢比（高炉-转炉）	20%	22%	25%	30%
	绿氢替代（氢基竖炉）	-	20%	50%	100%
情景二：强化降碳情景					
产量变化	粗钢产量	6027.90	4800	4200	3400
工艺结构	高炉-转炉长流程比例	96%	65%	50%	20%
	废钢-电炉短流程比例	4%	20%	30%	50%
	氢基竖炉-电炉流程比例	-	15%	20%	30%
能源优化	社会绿电渗透率（三种工艺）	27.5%	54%	62%	80%
	高炉喷氢技术普及率（高炉-转炉）	9%	15%	15%	15%
	球团替代烧结率（高炉-转炉）	15%	30%	35%	50%
	能效提升技术应用（高炉-转炉）	10%	40%	50%	100%
	长流程废钢比（高炉-转炉）	20%	25%	30%	40%
	绿氢替代（氢基竖炉）	-	50%	100%	100%

数据来源：课题组计算

4.2 结果研判

基准情景下，2030年、2035年、2050年山西省钢铁行业碳排放总量分别为8247万吨、6017万吨、3289万吨，较峰值下降35%、53%、74%；吨钢碳排放强度分别为1.65吨/吨、1.34吨/吨、0.87吨/吨，较2024年下降13%、29%、54%。

强化降碳情景下，2030年、2035年、2050年山西省钢铁行业碳排放总量分别为6373万吨、3824万吨、1446万吨，较峰值下降50%、70%、89%；吨钢碳排放强度分别为1.33吨/吨、0.91吨/吨、0.43吨/吨，较2024年下降30%、52%、78%。部署CCUS技术可帮助山西钢铁行业实现净零排放，预计CCUS技术在2040年后逐渐达到成熟^[18]，若2050年山西钢铁行业CCUS加装率达到60%，则全行业碳排放将降低至752万吨，碳强度下降至0.22吨/吨。

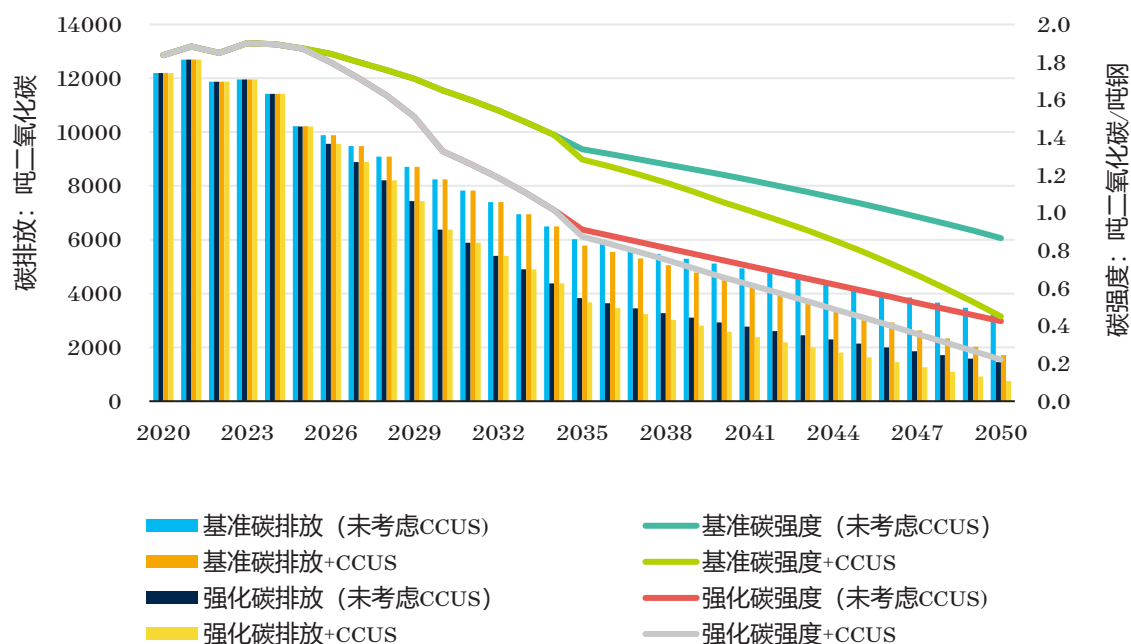


图4-1 不同情景下山西钢铁行业碳排放情况

数据来源：课题组计算

与基准情景相比，2030年，强化降碳情景的减排成效主要得益于粗钢产量规模的下降和低碳冶炼工艺的扩大应用，废钢电炉钢产量占比提升10%带来37%的工艺减排贡献、粗钢产量下降4%带来18%的减排贡献、氢基竖炉产量占比提升11%带来12%的减排贡献；2035年，可通过加快低碳工艺应用和绿色能源替代实现更大幅度的减排，废钢电炉钢产量占比提升10%将带来26%的工艺减排贡献、粗钢产量下降7%带来18%的减排贡献、氢基竖炉产量占比提升10%带来19%的减排贡献、绿氢替代提升50%可实现19%的减排贡献；2050年，扩大低碳冶炼工艺规模的减排成效最为显著，废钢电炉钢产量占比提升20%、氢基竖炉产量占比提升10%，两者可带来共69%的减排贡献。

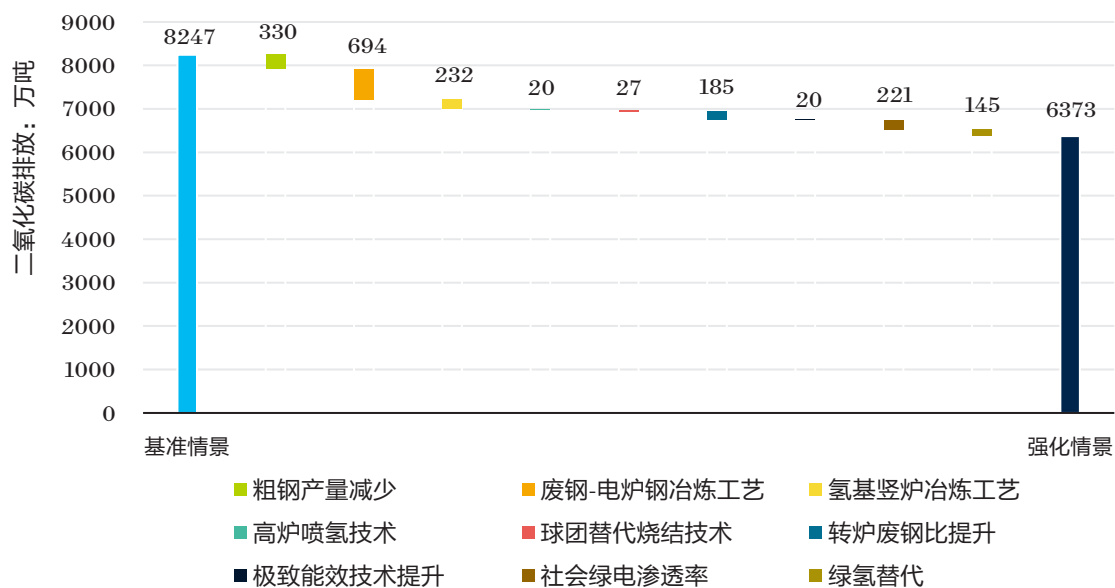


图4-2 基准情景、强化降碳情景下2030年山西省钢铁行业二氧化碳排放对比

数据来源：课题组计算

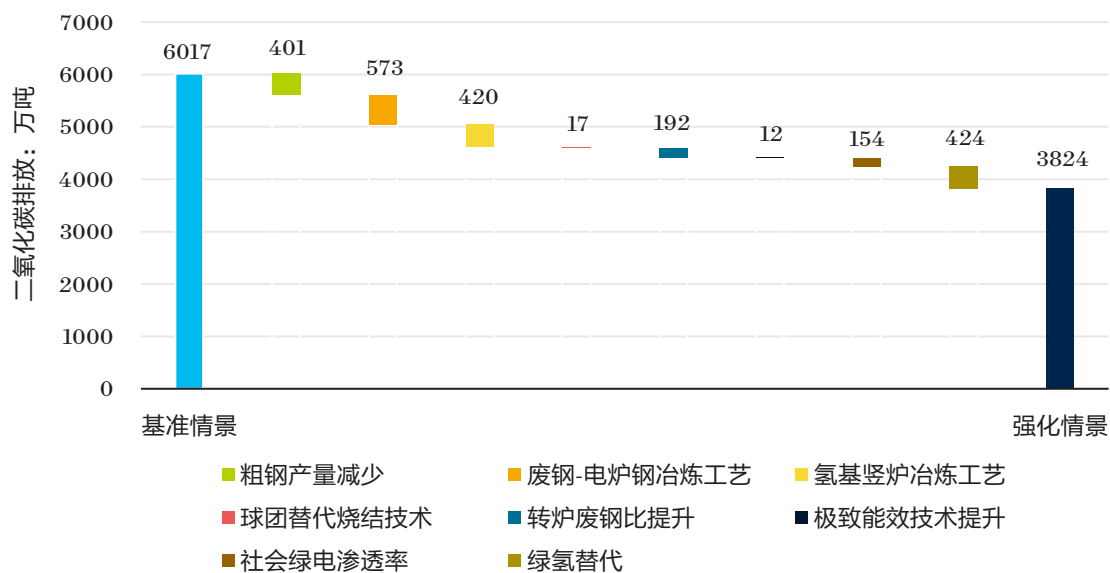


图4-3 基准情景、强化降碳情景下2035年山西省钢铁行业二氧化碳排放对比

数据来源：课题组计算

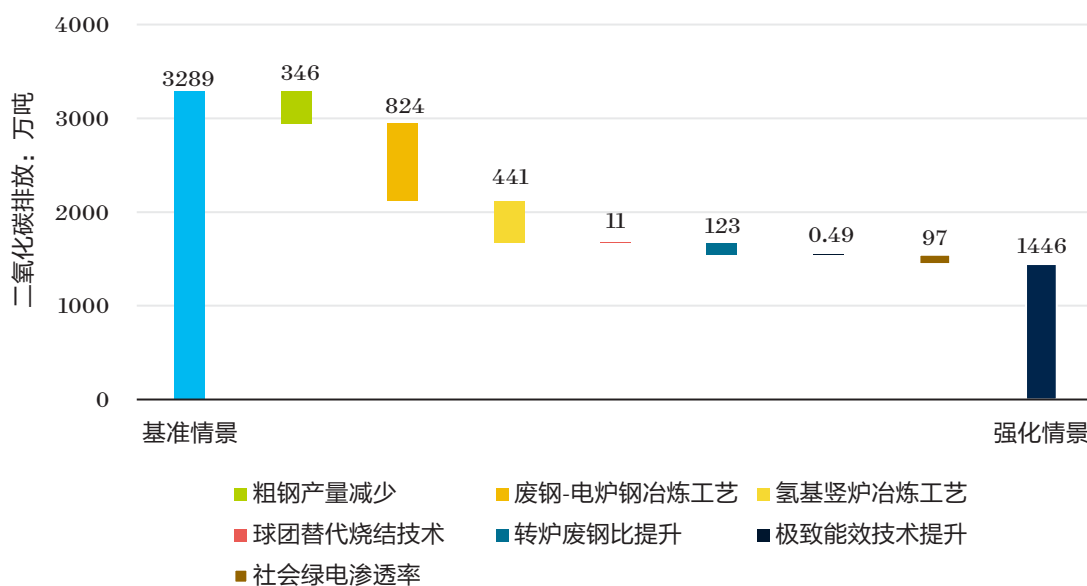


图4-4 基准情景、强化降碳情景下2050年山西省钢铁行业二氧化碳排放对比

数据来源：课题组计算

4.3 关键结论

政策和市场双重影响下山西粗钢产量规模压减成为必然趋势。在强化降碳情景下，2030年、2035年、2050年山西省的粗钢产量将分别下降至4800万吨、4200万吨、3400万吨，较产量峰值年2021年粗钢产量下降29%、38%、50%。产量规模的持续压减将有力推动行业减排。强化降碳情景下，2025年—2030年，粗钢产量减少的减排贡献度为32%，2031年—2035年，减排贡献约为31%，2036年—2050年，减排贡献约31%，在三个阶段的减排贡献均较大。为应对粗钢产量压减带来的转型挑战，山西钢铁行业需采取“量减质升”的发展战略，以品质升级对冲产量下降带来的收益缺口，主动调整钢材产品结构，生产强度更好、使用寿命更长、附加值更高的高端钢材产品。

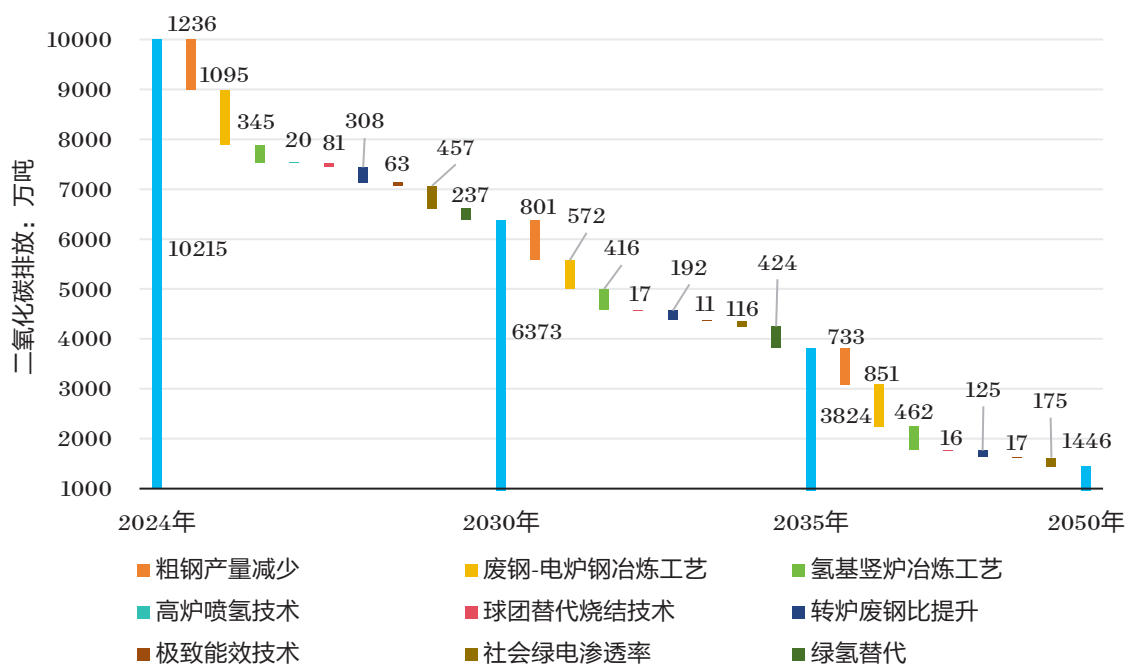


图4-5 强化降碳情景下山西钢铁行业近中长期不同措施减排贡献

数据来源：课题组计算

低碳冶炼工艺是山西钢铁行业实现深度减排的关键路径。山西钢铁长期依赖传统高炉-转炉长流程工艺，在此背景下，推广低碳冶炼技术能够有效降低碳排放。2024年—2030年，山西有望通过改善冶炼工艺结构，推广废钢电炉钢工艺和氢基竖炉工艺，带来37%的碳减排；2031年—2035年，低碳冶炼工艺的减排贡献提升至39%；2036年—2050年，低碳冶炼工艺带来的减排贡献更是高达55%，成为推动山西钢铁行业深度降碳的绝对主导。

低碳冶炼工艺深度减排潜力的释放高度依赖于绿色能源替代。以氢基直接还原工艺为例，其核心在于使用氢气替代碳作为还原剂，若使用灰氢，氢冶金减排效果将大打折扣。同样，废钢铁电炉钢冶炼耗电高，电力清洁程度也将直接影响工艺减排能力。2024年—2030年，社会绿电渗透率提升带来12%的减排贡献，绿氢替代的减排贡献为6%；2031年—2035年，山西钢铁实现100%绿氢替代，其减排贡献增长至17%，社会绿电渗透率减排贡献为5%；2036年—2050年，社会绿电渗透率提升仍有7%的减排贡献。因此，山西应加速应用绿电、绿氢，尽早谋篇布局“绿电+废钢电炉钢”“绿氢+氢基竖炉”项目，并警惕灰氢资产闲置，深度释放低碳冶炼工艺的减排潜力。

绿氢冶炼的成本竞争临界点有望提前至2035年。以较长的时间尺度审视，山西绿氢冶炼未来可期。随着电解槽、氢储运等技术的进步，以及绿电成本降低，在2035年左右，山西的绿氢使用成本将与灰氢使用成本持平；到2040年，绿氢使用成本下降至10元左右，绿氢冶炼的成本可与高炉-转炉长流程工艺竞争。若山西加大对绿氢产业发展的支持力度，或全国绿氢制取技术实现重要突破，绿氢价格与灰氢价格的持平有望提前到2030年实现，则绿氢冶炼成本与高炉转炉长流程成本持平有望提前到2035年实现，那么，山西钢铁企业投资建设氢冶金项目的决策时间也需相应提前。

第五章

山西钢铁行业深度降碳路线

据此，本研究提出山西钢铁行业2030年、2035年、2050年的降碳路线图和在近中长期可采取的具体行动，以及碳减排对行业提升碳竞争力的预期成效。

	2030 年	2035 年	2050 年
山西省粗钢总产量	4800 万吨	4200 万吨	3400 万吨
高炉 - 转炉长流程产量占比	65%	50%	20%
废钢 - 电炉短流程产量占比	20%	30%	50%
氢基竖炉 - 电炉短流程产量占比	15%	20%	30%
高炉喷氢技术应用	全省高炉喷氢技术普及率达到 15%		
球团替代烧结技术	替代率为 30%	替代率为 35%	替代率为 50%
长流程极致能效技术应用	山西钢铁企业长流程极致能效技术逐步推广，直至各主要工序能耗达到标杆值		
长流程废钢利用	转炉废钢比 25%	转炉废钢比 30%	转炉废钢比 40%
提升绿电应用	绿电渗透率达到 54%	绿电渗透率达到 62%	绿电渗透率达到 80%
绿氢替代	绿氢价格下降，替代提高至 50%	绿氢成本与灰氢成本一致，绿氢替代率达到 100%	
CCUS 技术应用	试点探索	CCUS 技术应用率 5%	CCUS 技术应用率达到 60%
绿色化高端化产品供给能力	打造数款绿色化高端化产品	持续升级产品供给能力，形成全省钢铁产品品牌效应	
企业碳管理能力	能碳管理体系全面覆盖	能碳管理迈向智慧化	能碳管理全面实现智慧化

图5-1 山西钢铁行业深度降碳路线

数据来源：课题组

5.1 2030路线

2030年，山西钢铁行业碳竞争力稳步提升，单位产品碳强度下降至1.3吨/吨左右。全省低碳冶炼工艺产量占比显著扩大，能效达标杆水平以上产能的比重进一步提高，制造业用钢规模显著扩大，钢铁企业全面构建起碳排放管理体系。具体行动如下：

提高产量调控中碳排放指标的权重。科学设定粗钢产量调控原则，更加注重碳排放水平。建立起以钢铁企业为调控单位，包含碳排放水平、产品结构、能耗水平、环保水平等在内的产量调控指标体系，提高单位产品碳排放水平、单位产品能源消耗水平等低碳发展指标在产量调控指标中的影响权重。优先给予短流程炼钢企业生产指标倾斜，鼓励其满负荷生产，为减排领先企业提供更多发展空间。

推动冶炼工艺结构低碳化。支持晋南钢铁等已计划产能置换为废钢电炉钢的钢铁企业和晋钢智造、山西美锦等已规划建设氢冶金项目的钢铁企业完成产能置换。推动长治地区钢铁行业完成限制类产能兼并重组，并优先置换为低碳冶金工艺钢铁产能。在长治、太原等地建设山西最大的废钢铁加工配送基地，实现废钢铁资源集聚。2030年，全省低碳冶炼工艺产量占比达到35%。

优化高炉-转炉长流程冶炼炉料结构。引导山西高炉-转炉长流程钢铁企业实施节能技术改造，采用加大转炉废钢利用、大比例应用球团矿、实施高炉富氢冶炼等措施以减少流程工艺的化石能源消费。到2030年，山西钢铁行业转炉废钢比将提升至25%，废钢利用量超过1700万吨，高炉喷氢技术应用率达到15%，长流程企业球团替代烧结率达到30%。

稳步扩大能效标杆水平以上产能。鼓励钢铁企业主动对照中国钢铁工业协会《2024版钢铁行业极致能效技术清单（T80）》开展自检自查，筛选出尚未应用且适用性较高的相关技术清单，依据减碳效益和经济投资规模等指标有序推进技术改造，推动各关键工序能效达到标杆值。到2030年，全省能效达标杆水平以上产能比重有望提高至40%。

逐步实施绿电、绿氢等绿色能源替代。加快应用“钢铁+光伏”“绿电+废钢电炉钢”等模式。支持钢铁企业通过绿色电力交易、购买绿色电力证书等方式积极消纳可再生能源，其中有条件的钢铁企业可利用闲置土地、屋顶、车棚等资源，采取合同能源、自建自营等模式建设分布式光伏。推动绿氢产业起步发展，逐步开展“绿氢+氢基竖炉”试点，提高绿氢替代灰氢的比例。2030年，全省绿电渗透率超出54%，绿氢替代率达到50%。

推动产品供给结构绿色化、高端化。明确不再新增螺纹、盘条等基础建材产品产线，扩大制造业用钢产品的生产规模。太钢集团、晋钢智造等产能规模较大、产品基础较好的钢铁企业瞄准高端装备制造、海洋工程、高端汽车家电等领域的产品需求，重点打造生产市场前景良好、产品附加值较高的绿色化、高端化钢铁产品。

推动钢企全面建成碳排放管理体系。组织开展碳管理能力建设，鼓励钢铁企业申报省级碳排放管理体系试点。企业基本完成碳排放管理体系建设，全面落实国家碳排放双控制度要求，有效参与全国碳交易市场。鼓励产能超500万吨的大型钢铁企业完成数字化能碳管理中心建设。

5.2 2035路线

2035年，山西钢铁行业在国家版图中的碳竞争力显著增强，单位产品碳强度下降至0.9吨/吨以下。低碳工艺冶炼产量占比达到约50%，绿氢100%替代焦炉煤气制氢，CCUS技术应用起步，企业能碳管理迈向智慧化。具体行动如下：

加快推动低碳冶炼产能扩大。大幅降低废钢铁价格和用氢成本，提升短流程和氢基竖炉冶炼工艺的经济性。逐步推动全省炉龄较大、炉况较差、能耗较高、碳排放较高的高炉转炉长流程产能退出，或置换为废钢电炉钢或氢基竖炉。到2035年，山西废钢电炉钢和氢基竖炉炼钢产量占比达到50%。

深入实施绿色能源消费替代。绿证与全国各行业碳排放权交易市场、温室气体自愿减排机制形成良好的衔接机制，实现绿证抵扣碳排放量，进一步激励钢铁企业绿电交易和绿证交易。加大绿氢生产和使用的政策支持，绿氢使用成本下降至每千克20元左右，实现100%替代灰氢。

明确山西钢铁产品供给定位。加速形成“各有所长”的产品供给模式，引导高炉转炉企业主要生产性能较好、寿命较长的优钢特钢，废钢电炉企业专精建筑钢材，氢基竖炉电炉企业利用优质原料优势专攻高端特殊产品的价值转化。全面提升山西在高端装备、核心基础零部件等用钢领域的市场占有率，推动山西成为全国高端化、绿色化钢铁产品的重要供应地。

迈向智慧化能源和碳排放管理。大幅提升能碳管理智慧化水平，全省钢铁企业完成能碳数字化智慧化管控平台建设或改造工作，实现从“被动减排”向“智慧管理”的转变。

5.3 2050路线

2050年，山西钢铁生产工艺结构将实现颠覆性重塑，废钢电炉钢和氢冶金工艺产量占比高达80%，CCUS技术及其相关应用逐步成熟，智慧化能碳管理能力全面覆盖，行业彻底摆脱“高排放”标签，粗钢碳强度降至0.2吨/吨。

第六章

山西钢铁行业深度降碳路线的落地挑战

6.1 企业碳减排认知参差不齐

山西仅于2023年发布《山西省钢铁行业转型升级2023年行动计划》，尚未针对钢铁行业发布综合性、系统性、持续性的专项文件，缺乏对行业低碳转型的政策引导。这也间接导致山西钢铁企业对于低碳发展的认知参差不齐、不同企业间的碳排放水平明显分化。一部分头部企业已敏锐捕捉到绿色低碳的长期价值，通过引入高炉喷氢、短流程改造等工艺，主动提升碳竞争力，实现碳资产转化。如山西某钢铁企业通过工艺优化和绿电使用将吨钢碳排放强度下降至1.4吨/吨，按照90元/吨估算，其碳减排成效可在碳交易市场中转化为2亿左右的碳资产。另一部分钢铁企业仍将碳减排视为单纯的外部成本负担，采取“被动合规”的保守策略，导致其低碳竞争力较弱。认知差异进一步拉大行业内部碳排放水平和低碳转型竞争力的差距，这种非均衡发展格局可能削弱区域钢铁产业在全国行业版图中的整体竞争力。

6.2 废钢铁保质保量供应能力不足

废钢铁是制约山西转炉废钢比提升和废钢电炉钢发展的关键瓶颈。一方面，受地区经济社会发展水平和制造业发展水平影响，山西省废钢铁资源内生性不足。按照山西省电炉废钢比100%、长流程废钢比25%估算，到2030年，强化降碳情景下山西钢铁行业废钢铁需求量约1740万吨。据钢铁产品生命周期法初步估算，山西省2030年废钢铁产生量仅900万吨左右，存在800多万吨缺口。另一方面，山西废钢铁回收以“小商贩”式的流动回收为主，大型废钢铁回收企业较少，废钢铁加工方式以剪切、压块为主，产品纯净度更高的破碎加工产能较少，较难满足大型电炉“精料入炉”的要求。

6.3 绿电协同支撑体系不完善

绿电应用不仅可以促进长流程工艺减碳，还可以深度释放废钢电炉钢深度降碳潜力。但受制于供电稳定性、成本压力、政策协同体系等多重因素，短期内大范围应用仍面临挑战。钢铁生产对电能质量和供电连续性要求高，绿电出力曲线与钢铁生产的负荷特性难以理想匹配，大规模、长时段应用绿电需配套高成本储能、智能微电网和调峰设施，实际应用难度较大。此外，目前绿电应用的政策激励与碳交易机制尚未完全匹配，企业在绿电采购、碳核算和减排收益之间缺乏明确的收益预期，一定程度上削弱了企业绿电应用的主动性。

6.4 氢冶金的成本竞争力不足

氢冶金成本竞争性是影响其投资建设的重要因素。尽管山西与其他地区相比，在获取氢源方面具有焦炉煤气资源优势，但当前的氢冶金的吨钢生产成本仍无法与传统高炉炼铁竞争。目前山西焦炉煤气制氢的使用成本大约20元/千克，焦炉煤气基竖炉生产直接还原铁的成本大约3200元/吨，难与长流程吨钢生产成本竞争。研究测算，当氢的使用成本低于10元/千克时，氢冶金成本才能与高炉转炉工艺持平，而焦炉煤气变压吸附提纯氢气的成本短期内下降空间非常有限。此外，绿氢使用成本仍高达30元/千克左右。总体看，山西高炉转炉炼钢成本优势突出和氢冶炼成本居高不下，削弱了山西钢铁企业的投资意愿。

6.5 低碳转型资金投入压力大

在钢铁市场低迷的宏观环境下，山西钢铁企业低碳转型普遍面临前期建设资金投入压力大的问题。低碳冶金和高端产线的建设资金动辄上亿元，规模庞大。以新增产线建设为例，山西宏达钢铁集团建设的100万吨/年的薄带铸轧项目总投资为15亿元，资金需求规模较大^[19]。以氢基竖炉建设为例，山西中晋冶金的30万吨/年的直接还原铁项目总投资为20亿元^[20]。此外，山西钢铁企业以民营企业为主的所有制结构特征使得企业借贷难、借贷成本高的问题突出，进一步加剧了低碳转型过程中的资金压力。

第七章

山西钢铁行业提升碳竞争力的主要建议

7.1 注重政策引导和目标规划，深化钢铁行业减排要求

制定出台山西省钢铁行业绿色低碳转型发展规划，强化并扩充山西钢铁行业绿色低碳发展的目标体系，设立吨钢碳排放强度、短流程电炉钢产量占比、氢冶金工艺产量占比、高炉转炉长流程废钢比等关键发展目标。区分强制性指标值和引导性指标值。明确实现行业绿色低碳转型目标的重点任务，细化各项具体工作开展的路线，通过“约束与激励”并行的方式引导钢铁企业树立绿色低碳发展意识和目标，帮助企业明晰系统性、可量化的减排路径。

考虑不同时期碳排放双控制度的管控重点，建议将2030年山西钢铁低碳发展的核心目标设定为吨钢碳强度较2024年下降30%，将2035年的核心目标设定为行业碳排放总量较2024年下降50%。同时，将制造业用钢占比、短流程产量占比、转炉废钢比、行业绿电渗透率等作为引导性目标。

强化与现有政策的衔接，发挥政策的低碳引导作用。在产量调控方面，建议山西省将碳排放强度、能耗水平、低碳排放钢规模等绿色低碳指标作为全省粗钢产量调控的依据，并提升碳排放强度、能效水平两项关键指标的权重，进一步引导粗钢产量向绿色低碳发展水平较高的企业集中。环保政策方面，考虑到山西大部分产钢城市位于大气污染防治的重点区域，环保要求是山西钢铁企业必须遵循的准则。因此，建议借鉴河北省钢铁行业环保绩效分类方法，适时更新山西钢铁行业环保绩效分级指标体系，将装备水平、吨钢碳强度、碳管理制度体系等指标纳入山西钢铁企业绩效分级指标，加强绿色低碳转型与环保政策的衔接。

7.2 利用钢铁产能置换窗口，鼓励钢企建设低碳化项目

2026年5月18日，工业和信息化部正式印发《钢铁行业产能置换实施办法》，对符合条件的绿色低碳项目和实质性兼并重组给予产能置换比例优惠。因此，针对限制类装备存量大的地区，如长治、大同、忻州等，建议山西钢企积极

利用产能置换政策，通过资产收购、合并收购等方式进行实质性兼并重组，并优先置换为符合等量置换条件的低碳冶金项目。在实现装备水平提升的同时，塑造碳竞争优势。

7.3 加强示范试点项目支持，推动“绿氢+氢冶金”发展

针对氢冶金当前面临的项目建设投资规模大、运营成本高的双重资金压力，建议山西省率先谋划“绿氢+氢冶金”项目试点示范，通过“建设补贴+运营奖励”的组合政策，缓解企业资金压力。一方面，对试点项目建设的电解槽、氢基竖炉等核心设备，按照投资总额一定比例给予补贴支持，降低项目建设门槛。另一方面，运用“以奖代补”机制，对每吨绿氢、直接还原铁产品出售给予一定的积分奖励，按积分兑换资金奖励，减少绿氢生产和氢冶金项目的运营压力。

7.4 推广“绿电+电炉钢”模式，释放废钢电炉钢减排潜力

选取太钢集团、山西建邦集团等省内具备电炉钢产能基础的钢铁企业，开展“短流程电炉+绿电直供”降碳试点，优先配置风电、光伏等新能源资源，并对试点项目给予节能降碳专项资金支持与绿色金融倾斜。依托山西绿电直连政策与省级电力交易平台，支持钢铁企业通过绿电直连、多年期绿电交易等方式稳定获取绿色电力，提升产品碳合规能力与市场竞争力。

构建“内网+外网”的废钢铁回收体系，将废钢铁回收能力辐射至周边省份，提高山西省废钢铁保量保质供应能力。在太原市、长治市等钢铁产能集聚的城市和已具备废钢行业发展基础的地区，高标准建设集“仓储—加工—配送”等多种服务为一体的大型智能化废钢铁加工配送基地，提升全省废钢资源加工能力，实现周围钢铁企业废钢铁原料定制化加工配送，充分保障废钢电炉钢和转炉用废钢所需的废钢铁资源。

7.5 财政与金融协同发力，破解行业的转型资金瓶颈

管理部门强化财政资金申报的政策宣贯，定期组织开展宣讲工作，帮助企业及时了解资金申报的隐性门槛与偏好，提高财政资金申报成功率。企业抽调财务、技术、法务骨干组建“政策与资金申报工作专班”，深入研究国家及地方在钢铁行业绿色低碳转型方面的专项资金，如节能降碳中央预算内投资专项等，建立政策动态追踪清单，最大程度利用好财政政策。

金融方面，利用多元金融工具融通资金。用好信贷工具，强化与商业银行的战略互信，明确企业资金需求，以融资需求为导向定制专属信贷产品，积极落地转型信贷产品；探索利用债券工具，鼓励具备条件的钢铁企业探索发行可持续发展挂钩债券和低碳转型债券，将债券条款与企业关键ESG绩效指标挂钩；盘活沉淀资产与权益，探索碳排放配额质押融资、采取售后回租等融资租赁模式，拓展多元化融资边界；搭建省级金融信息平台，实现实时推介转型项目库和金融方案，提高银企对接效率。

7.6 构建低碳钢材标准体系，参与国家标准和规则制定

结合初步取得降碳成效的钢铁企业的经验，对标欧盟碳足迹认证标准、国际标准化组织产品碳足迹认证标准等，制定出台低碳排放钢相关地方标准、团体标准或企业标准，为国家标准制定和出台提供参考。支持本省钢铁企业积极参与到国家低碳排放钢相关标准建设或规则建立的过程中，掌握更多低碳排放钢发展的“话语权”，从规则执行者变为规则制定参与者，以便更快适应行业规则，提升市场竞争力。

7.7 将碳指标纳入政府采购，推动低碳排放钢市场需求

探索建立省级绿色低碳产品采购制度。借鉴上海市的经验，将产品碳足迹、单位产品碳强度等核心指标纳入政府采购评估体系，作为打通低碳排放钢市场需求的重要举措。率先在重大工程项目、政府投资类建筑及公共设施建设中，明确低碳排放钢的采购比例，并将低碳排放钢应用比例作为供应商评标指标之一，对应用低碳排放钢的供应商在评标中给予正向鼓励。通过政府采购的示范效应，提高低碳排放钢市场需求的确定性，加速推动低碳排放钢扩大市场需求和规模化应用。

7.8 加强管理体系平台建设，提升碳排放专业管理水平

碳排放管理制度是企业适应新形势下钢铁行业碳竞争的重要基础。企业加快设立内部碳排放管理部门和建立碳管理制度体系，在摸清碳排放总量“家底”的同时，科学开展碳数据、碳配额、碳资产等相关管理工作，以确保内部碳数据管理规范，碳排放市场参与有章可循，责任落实到具体管理人员。此外，企业以钢铁能源生产和碳排放的高度集成与高效管控为目标，建设能碳数据管理平台、精益能效管理及碳排放等技术的研发，打造基于全流程数字化的钢铁企业能碳一体化智能管控系统。

7.9 开展产品碳足迹认证，主动适应低碳排放钢市场

产品碳足迹是衡量钢铁产品绿色属性的重要指标。钢铁产品想要进入绿色钢材或者低碳排放钢市场，就必须开展产品碳足迹认证工作。建议以不锈钢、冷轧薄板等出口导向型钢材以及汽车、家电用钢等产品为重点，系统收集和采集不同类型钢铁产品、服务和活动的碳足迹信息，涵盖从原材料采购到产品生命周期结束的全过程，逐步开展重点产品碳足迹认证工作。完成认证后，企业应将认证结果纳入产品研发和市场营销策略，积极对接下游市场，避免出现“有产品无销路”的问题。

参考文献

- [1] 我的钢铁新闻网.2025年全国分省市粗钢产量出炉[EB/OL].(2026-01-12)[2026-04-22].<https://news.mysteel.com/a/26012210/C70D0258843B197C.html>.
- [2] 山西钢铁行业协会.山西钢铁行业转型发展浅析[EB/OL].(2025-09-05)[2026-04-22].<http://www.sxgtxh.cn/hangyedongtai/2025-09-05/5769.html>.
- [3] 山西太钢不锈钢股份有限公司.山西太钢不锈钢股份有限公司2025年年度报告[R].(2026-04)[2026-04-22].
- [4] 中国钢铁工业协会不锈钢分会.2025年中国不锈钢粗钢产量、进出口量、表观消费量[EB/OL].(2026-01-19)[2026-04-22].https://www.cssc.org.cn/page102?article_id=8682.
- [5] 中国钢铁新闻网.大力推进技术创新支撑电炉钢产业发展——北科大教授朱荣谈我国电炉钢技术发展现状和未来方向[EB/OL].(2025-02-26)[2026-04-22].http://www.csteelnews.com/xwzx/djbd/202502/t20250226_97447.html.
- [6] 中国化工报.首套气基直接还原铁装置开发成功[EB/OL].(2021-07-21)[2026-04-22].<https://www.ccin.com.cn/detail/5f0c3a5aae2d59a04ec45560e37ec016>.
- [7] 中国钢铁新闻网.建龙北满特钢以绿色低碳钢为小米YU7护航[EB/OL].(2025-07-09)[2026-04-22].http://www.csteelnews.com/qypd/qydt/202507/t20250709_101862.html.
- [8] 新华财经.河钢与海尔签署全面深化战略合作暨共建绿色低碳产业链协议[EB/OL].(2024-05-09)[2026-04-22].https://www.cnfin.com/gs-lb/detail/20240509/4045756_1.html.
- [9] 新浪财经.谁能赢得万亿绿色钢铁市场的未来[EB/OL].(2025-12-09)[2026-03-17].<https://finance.sina.com.cn/roll/2025-12-09/doc-inhaeuna2681736.shtml>.
- [10] 中国银河证券.CBAM深度解析：高排放行业的加速转型契机[R].(2026-03-05)[2026-04-22].<https://finance.sina.com.cn/wm/2026-03-05/doc-inhpxfxr9886210.shtml>.
- [11] 太钢集团.太钢绿钢不锈钢首批出口欧洲[EB/OL].(2025-10-31)[2026-03-17].<https://www.tisco.com.cn/news/408676>.

- [12] 中国钢铁新闻网.热词解读:“内卷式”竞争[EB/OL].(2024-12-19)[2026-04-22].http://www.csteelnews.com/xwzx/djbd/202412/t20241219_95642.html.
- [13] 中华人民共和国中央人民政府.政府工作报告[EB/OL].(2026-03-13)[2026-04-22].https://www.gov.cn/gongbao/2026/issue_12646/202603/content_7064134.html.
- [14] 世界金属导报.准确理解“反内卷”破局钢铁新周期[EB/OL].(2025-09-23)[2026-04-22].<http://www.worldmetals.com.cn/viscms/bianjituijianxinwen1277/20250923/269044.html>.
- [15] 崔志峰,上官方钦,马文略,等.双碳背景下中国钢铁行业未来发展趋势探讨[J].工程科学学报, 2025,47(04):862-874.
- [16] 倪冰,崔志峰,上官方钦,等.三类钢铁制造流程降碳路线综述[J].特殊钢,2023,44(05):2-8.
- [17] 汪旭颖,李冰,吕晨,等.中国钢铁行业二氧化碳排放达峰路径研究[J].环境科学研究,2022,35(02):339-346.
- [18] 生态环境部规划研究院,清华大学碳中和研究院.中国碳中和目标下的工业低碳技术展望[R].(2025-05)[2026-03-17].https://www.icon.tsinghua.edu.cn/__local/0/0F/1D/868C0D97AF462F10E2B9D226D59_4FF366F2_3811719.pdf.
- [19] 山西宏达钢铁集团有限公司.聚焦新质生产力 释放发展新动能 宏达集团全力推进绿色低碳100万吨/年薄带铸轧项目[EB/OL].(2024-12-09)[2026-03-17].<http://www.sxhdgt.com/news/info/324.html>.
- [20] 晋中新闻网.中晋冶金自主投资建设了全国首个氢基直接还原铁示范基地[EB/OL].(2023-04-03)[2026-03-17].http://www.jzxww.com.cn/conn/2023-04/03/content_148889.htm.

山西科城能源环境创新研究院

地址：山西省太原市小店区东融街中博信息产业园A栋7层

电话：0351-3531599



自然资源保护协会

地址：中国北京市朝阳区东三环北路38号泰康金融大厦1706

邮编：100026

电话：+86 (10) 5332-1910

