



加速中国工业深度降碳之 钢铁企业气候行动要点





关于落基山研究所（RMI）

落基山研究所(RMI)是一家于1982年创立的专业、独立、以市场为导向的国际智库。我们与企业、政策制定者、科研机构及创业者协作，识别并规模化推广能源系统转型解决方案，推动全球能源系统转型，践行1.5°C温控气候目标，创造清洁、繁荣的零碳共享未来。落基山研究所在北京、美国科罗拉多州巴索尔特和博尔德、纽约市、加州奥克兰，华盛顿特区及印度尼西亚巴厘岛设有办事处。

作者与鸣谢

作者

李抒苡

李婷

李威

路舒童

王珮珊

张博雅

作者姓名按姓氏首字母排列。
除非另有说明，所有作者均来自落基山研究所。

联系方式

李抒苡, sli@rmi.org

引用建议

落基山研究所，加速中国工业深度降碳之钢铁企业气候行动要点，2024，<https://rmi.org.cn/insights/accelerating-industrial-decarbonization-in-china-key-climate-actions-for-iron-and-steel-companies/>

鸣谢

感谢RMI同事刘希元、薛雨军和清华大学能源环境经济研究所董政在报告撰写过程中给予的宝贵建议。

本报告由落基山研究所编写，汇丰集团赞助。报告中表达的观点和意见仅代表作者本人。



目录

缩写词	5
执行摘要	6
前言	9
1 碳中和目标下的钢铁行业减碳	10
1.1 设定减碳目标和减碳路线图已成为全球钢铁行业的一大趋势	10
1.2 双碳目标下中国钢铁行业减碳路线图已具雏形	12
2 钢铁企业制定碳目标的工具与实践	13
2.1 目标设定应遵循气候承诺和技术可行性	13
2.2 中国钢铁企业的现状与未来：目标设定、技术路径、管理机制	16
3 支持钢铁企业落实气候目标的市场机制	19
3.1 资金获取和供应链管理	19
3.2 交易型、融资型与碳资产管理型机制	21
4 钢铁企业行动建议	27
5 参考文献	28

缩写词

ACA	Absolute contraction approach	绝对收缩法
CBI	Climate Bond Initiative	气候债券倡议组织
CCUS	Carbon capture, utilization, and storage	碳捕集、利用与封存
DRI	Direct reduction iron	直接还原铁
EAF	Electric arc furnace	电弧炉
GCP	Global Carbon Project	全球碳计划
GHG	Greenhouse gases	温室气体
GSCC	Global Steel Climate Council	全球钢铁气候理事会
IEA	International Energy Agency	国际能源署
IEA NZE	International Energy Agency's Net-Zero by 2050 scenario	国际能源署2050年净零排放情景
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	政府间气候变化专门委员会
MEE	Ministry of Ecology and Environment	生态环境部
MIIT	Ministry of Industry and Information Technology	工业和信息化部
MPP	Mission Possible Partnership	可行使命伙伴关系
MPP TM	Mission Possible Partnership's Technology Moratorium scenario	可行使命伙伴关系的技术暂停情景
NDC	National Determined Contribution	国家自主贡献
NDRC	National Development and Reform Commission	国家发展和改革委员会
R&D	Research and development	研发
OECM	One Earth Climate Model	一个地球气候模型
SBTi	Science Based Targets initiative	科学基础目标倡议
SDA	Sectoral Decarbonization Approach	行业脱碳法
TCFD	Task Force on Climate-Related Financial Disclosures	气候相关财务信息披露工作组
UTS	University of Technology Sydney	悉尼科技大学

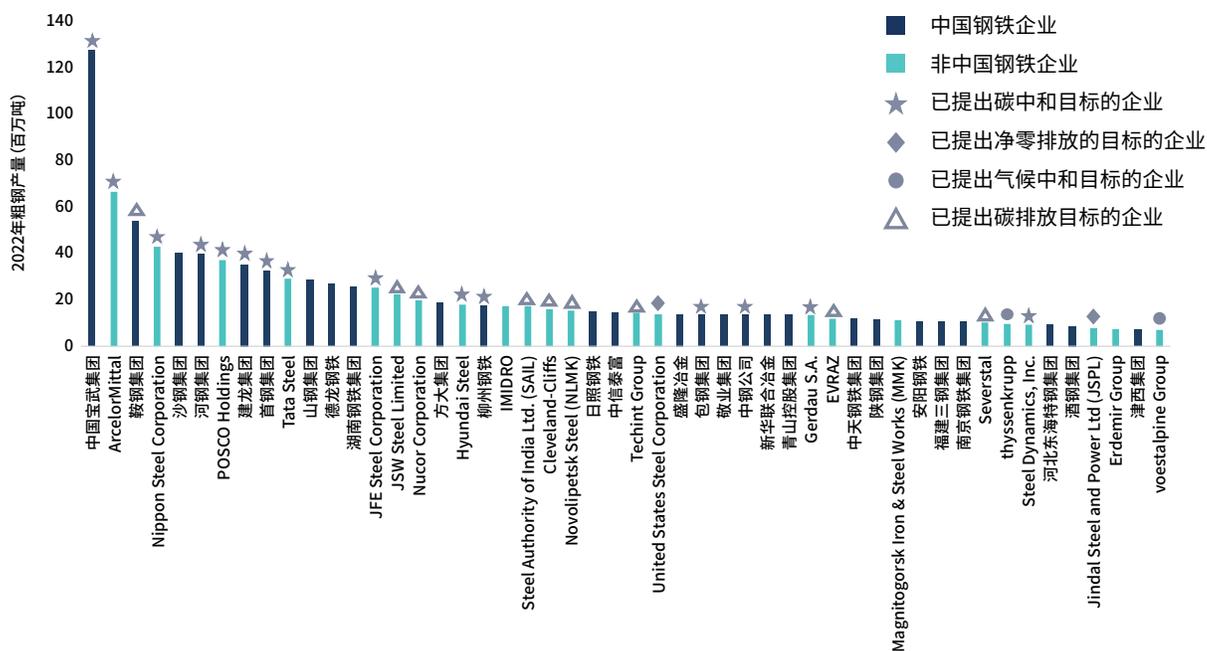
执行摘要

钢铁行业是最高排放的行业之一。在未来的三十年间，人类有67%的可能性将全球温升控制在1.5°C的全球剩余碳预算为4000亿吨CO₂¹，而钢铁行业碳预算约占全球剩余碳预算的4.8–10.9%。如果以当前水平持续发展，钢铁行业碳预算将在5-12年内被耗尽。中国的钢铁产量占全球一半以上，仍是钢铁行业脱碳的关键地区。中国钢铁企业的气候行动不仅对中国实现碳中和目标至关重要，对于全球钢铁行业的减排也有深远影响。

为实现2050年1.5°C气候目标，本报告全面总结了国际目标设定指南，并对指南的边界和路径选择进行对比。尽管全球实践可为中国钢铁企业制定气候相关目标提供参考，在中国2030年碳达峰和2060年碳中和的国家目标之下，企业的雄心水平和转型步伐仍需要行业目标的指引。此外，企业还可参考减碳抓手的技术可行性以帮助其制定切实可行的气候目标。

目前，虽然头部钢铁企业纷纷设定了各自的气候目标，但目标的清晰度和全面性仍是评估目标有效与否的核心指标。如图表ES1所示，全球产量排名前50的钢铁企业中已有28家制定了某种类型的气候目标，其中19家企业做出了碳中和、净零或气候中和的承诺。27家中国钢铁企业中，有7家制定了碳中和目标，占2022年中国钢铁产量的28.4%。中国钢铁企业的承诺标志着向可持续发展与绿色发展的重要转变。

图表ES1 全球产量前50的钢铁企业碳目标设定情况



注：“已提出碳排放目标的企业”为没有提出碳中和目标，提出了其他碳排放目标的钢铁企业
来源：根据公开资料整理（截至2023年9月）

规模化废钢利用和推进初级钢低碳生产是中国钢铁行业转型的关键路径。废钢利用率的提升需建立更好的回收体系，并为2050年60%的钢铁生产来自废钢电炉工艺提供支撑。初级钢生产的降碳可通过部署较有前景的氢冶金工艺，或在现有的基于化石燃料的工艺中配备CCS。尽管存在多种减排技术和相关流程，但在企业层面，应根据自身的流程和转型策略选择适合的减碳路径。

适当的管理机制可以使企业的行动加倍，其中企业内部和外部管理措施都很重要。内部管理措施包括将碳管理纳入企业决策建设、确保足够的资金支持、创新研发资金投入、能力建设、碳信息管理等方面。外部管理措施主要包括供应链管理、企业品牌建设、外部合作等方面。

钢铁行业的转型仍需重大技术突破和企业能力提升。减碳抓手从部署到大规模应用，这一过程需要投入大量的资金并建立相应的风险分摊机制。为使企业可获取足够的支持，本报告阐述了三类市场机制及其协同作用如何帮助钢铁企业实现减排目标：

- **交易型机制：**包括能源交易、环境属性交易、碳相关交易。旨在通过市场交易行为帮助企业以最灵活和成本效益最高的方式实现降碳；
- **融资型机制：**包括绿色金融解决方案和转型金融解决方案，其有效的使用可帮助企业以较低的成本获取低碳转型所需的资金；
- **碳资产管理型机制：**基于科学的碳足迹核算方法学，对企业排放、减排活动信息进行记录及储存，该信息不仅可以协助企业更好地与上下游企业沟通，还可以将信息转化为“资产”，在不同场景下为企业带来额外现金流。

图表 ES2 市场机制的协同效应



来源：RMI

总体而言, 中国钢铁行业的成功转型不仅需要钢铁企业的努力, 还需要政策制定者、金融机构、行业协会等其他重要相关方的共同努力:

- 行业层面, 制定符合中国特色的减碳目标和路线图可为企业目标设定奠定基础。
- 企业层面, 钢铁企业宜提升碳目标的清晰度和全面性, 例如制定可行的中期目标以监测减碳进展、明确边界和排放范围, 其中包括企业承诺背后的行动计划等。
- 鼓励钢铁企业发挥价值链关键角色的优势, 与上下游密切合作, 加快建立碳排放综合管理机制。
- 鼓励钢铁企业积极参与现有市场机制以缓解资金压力, 并充分抓住市场机遇。
- 钢铁企业需要发挥其经济支柱、资产基础雄厚的优势, 积极开展机制创新以支持企业的有效转型。

前言

政府间气候变化专门委员会（IPCC）于2021年发布的第六次评估报告中指出，人类若想在2020年以后将全球温升控制在1.5°C，全球剩余碳预算为4000亿吨CO₂的发生概率为67%。考虑到近年来全球CO₂排放仍在不断上涨，低碳发展和转型将成为全球各国需要面对的考验。在此背景下，许多国家和企业也纷纷加入减碳的行列。截至2023年9月，已有150个国家提出了净零排放相关的目标或承诺，覆盖了全球近90%的碳排放；全球年收入排名前2000名的企业中，已有超过50%的企业提出了与控制碳排放相关的目标，主动承担减排责任并带头落实减排行动。

中国作为全球温室气体的排放大国，在2020年做出了将“力争于2030年前实现碳达峰、努力争取2060年前实现碳中和”这一重要承诺，积极应对国际趋势。中国拥有全球近一半的工业产能与超过1/6的人口，工业领域二氧化碳排放量约占国家排放总量的60%。其中，钢铁行业的碳排放约占全国总量的17%，是排放量最高、减排压力最大的重工业行业，其减排的成功实施对于我国“双碳”目标的实现至关重要。

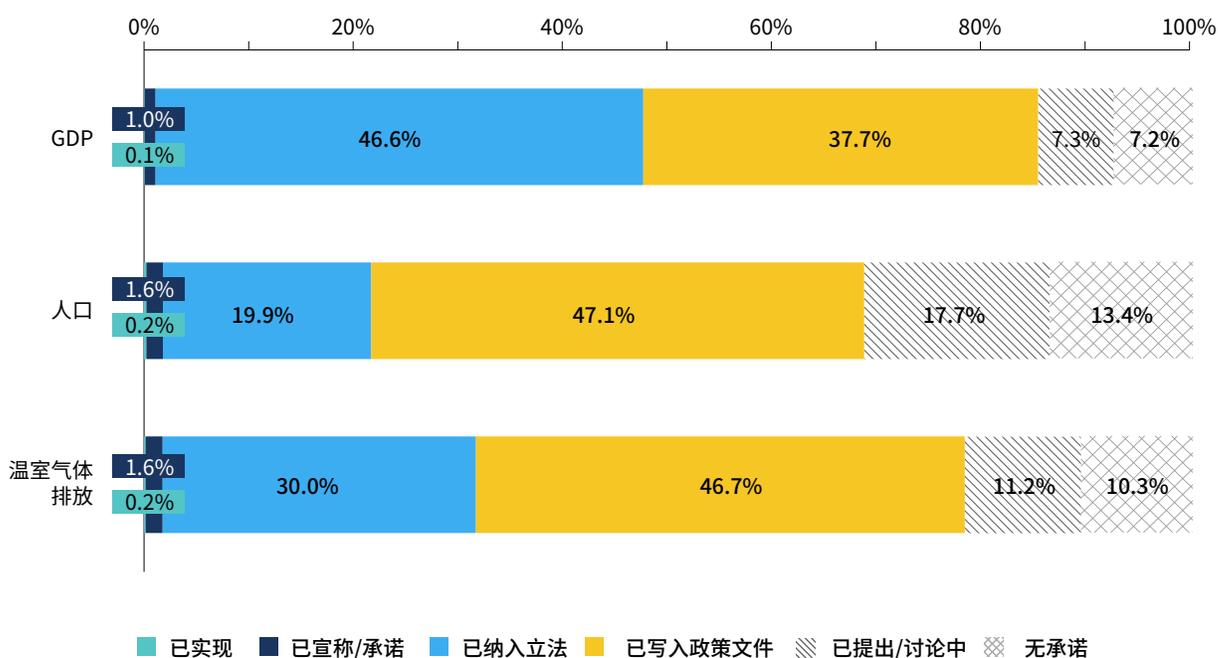
本报告以全球碳中和趋势和先行经验为切入点，并分析了现有准则下的实践和市场机制。中国钢铁行业可以此为参考，助力我国钢铁企业制定与国家气候目标相一致的战略。

1 碳中和目标下的钢铁行业减碳

1.1 设定减碳目标和减碳路线图已成为全球钢铁行业的一大趋势

随着全球气候行动形成广泛共识，全球主要国家都已做出碳中和承诺。截至2023年9月，全球198个国家中，已有6个国家宣称实现了碳中和，同时有60个国家正在积极考虑做出碳中和承诺或进行相关的讨论。已做出碳中和承诺的84个国家中，27个国家将碳中和承诺写入了法律，49个国家写入了政策文件，同时有力地推进减碳相关工作。做出碳中和承诺的国家覆盖了全球85.5%的GDP，68.9%的人口和78.5%的碳排放，这意味着全球大多数碳排放源都被纳入了碳中和承诺中。这84个国家碳中和目标的年份普遍分布在2030到2070年间，其中有62个将目标年设置为2050年，7个设置为2060年。²

图表1. 全球碳中和承诺覆盖情况

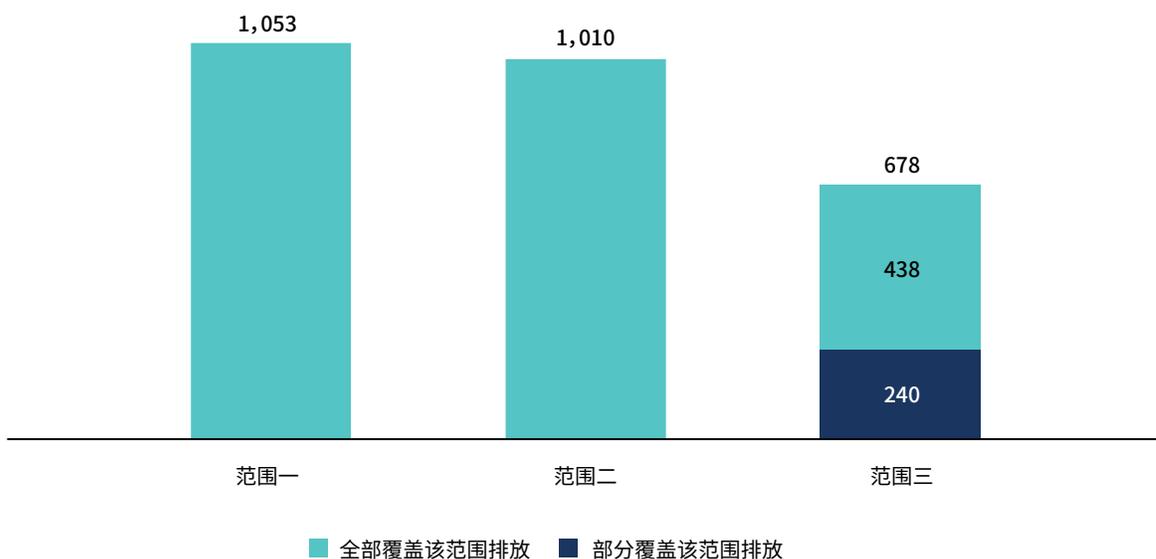


来源: Net Zero Tracker (数据截至2023年9月)

同时，全球企业也在积极响应应对气候变化的浪潮，将碳中和纳入企业战略。在全球年收入前2000名的企业中，有1270家企业提出了与控制碳排放相关的目标，包括提出具体减排量和减排比例、减排量与1.5°C气候目标一致和实现碳中和等多种形式。截至2023年9月，已提出碳中和承诺的企业有918家，其中包括中国企业在内的652家公司将碳中和承诺写入了公司战略。各企业对碳减排承诺的覆盖范围有所不同，大多以范围一和范围二的碳排放作为控制对象，也有438家企业明确将范围三的排放作为碳减排承诺的对象，能够实现更有力的治理效果ⁱ。

ⁱ 范围一排放指企业的直接排放；范围二排放指企业购买能源（包括电力、蒸汽、加热和冷却）产生的间接排放；范围三排放指企业价值链中发生的间接排放。

图表2. 企业碳中和承诺覆盖范围统计 (单位: 企业个数)



来源: Net Zero Tracker (数据截至2023年9月)

目前, 全球碳减排行动的目标制定依据是全球剩余碳预算。全球剩余碳预算给出了将温升限制在一个范围内未来所能允许的碳排放容量。2006年以来, 全球碳计划 (Global Carbon Project, GCP) 开始计算全球碳预算, 并根据每年新产生的碳排放进行更新。³ 2014年, 政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 第五次评估报告首次纳入了全球剩余碳预算的概念。并在2021年发布的第六次评估报告中, 基于全球平均温度峰值与碳累积排放量之间的近似线性关系量化了全球剩余碳预算。图表3给出了不同温升控制目标和实现概率下2020年后的全球剩余碳预算, 其中以2050年为净零排放目标年、67%的概率将温升控制在1.5°C情境下, 全球4000亿吨的剩余碳预算总量是当前使用最为广泛的参考指标。⁴

图表3. 2020年以后的全球剩余碳预算 (亿吨 CO₂)

温升目标/概率	17%	33%	50%	67%	83%
1.5°C	9000	6500	5000	4000	3000
1.7°C	14500	10500	8500	7000	5500
2.0°C	23000	17000	13500	11500	9000

来源: IPCC

全球钢铁行业的碳预算是在全球剩余碳预算的基础上按行业分配的, 目的是指导相关方制定合理的减排目标。目前, 多个机构采用不同的建模方法、计算边界给出钢铁行业碳预算占全球剩余碳预算的比例在4.8%–10.9%之间, 如图表4所示。2020年全球钢铁产量为18.6亿吨, 范围一和范围二碳排放总量约为36亿吨。按照上述行业剩余碳预算的预估进行计算, 钢铁行业如果以当前水平发展, 其行业碳预算将在5-12年内被耗尽。因此, 钢铁行业作为重要的温室气体排放行业, 减排任务重大且紧迫。

图表4. 不同模型测算的全球钢铁行业碳预算

	OECS ⁵	IEA NZE ⁶	MPP ⁷
全球剩余碳预算(亿吨)	4000	5000	6400
钢铁行业碳预算(亿吨)	190	532	696
钢铁行业占比	4.8%	10.6%	10.9%
4000亿吨全球剩余碳预算下的钢铁行业碳预算(亿吨)	190	424	436

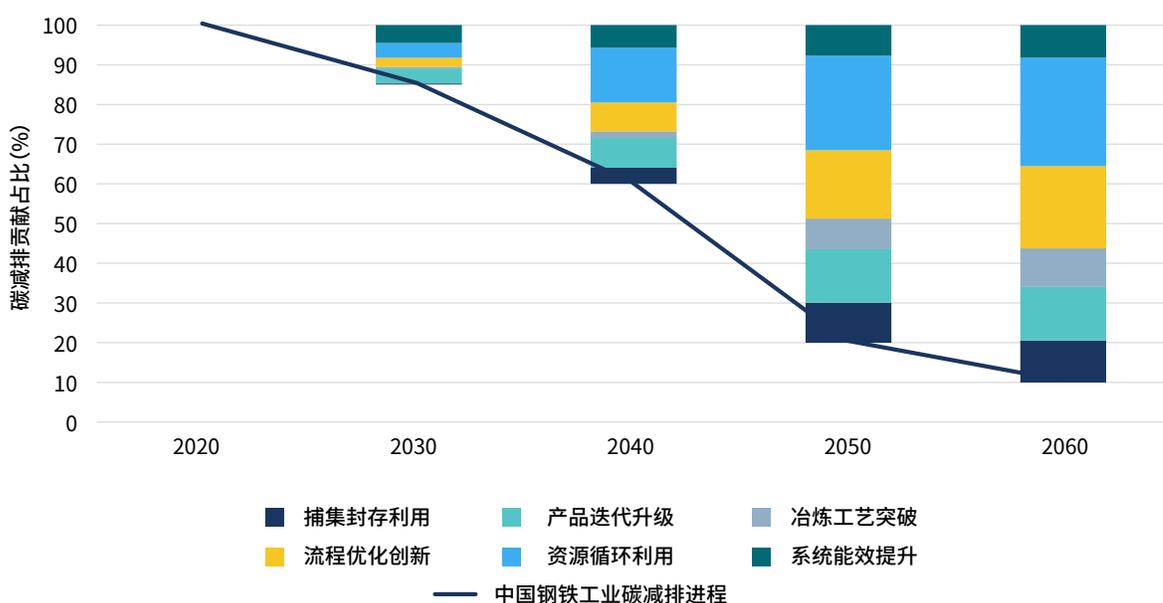
来源: UTS, SBTi, MPP

1.2 双碳目标下中国钢铁行业减碳路线图已具雏形

中国政府于2020年做出了将“力争于2030年前实现碳达峰、努力争取2060年前实现碳中和”的承诺。自“双碳”目标提出以来,我国建立了碳达峰碳中和“1+N”的政策体系。其中,“1”由《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》两个文件共同构成,“N”是重点领域、重点行业实施方案及相关支撑保障方案。钢铁行业方面,《钢铁行业碳达峰实施方案》已经由发改委、工信部等主管部门牵头编制完成。2022年,由工信部、发改委和生环部联合印发的《关于促进钢铁工业高质量发展的指导意见》,提出了要增强创新能力、优化产业结构,推进绿色低碳,确保2030年前碳达峰等主要目标⁸。《工业领域碳达峰实施方案》的出台,进一步提出推进氢基竖炉直接还原铁、碳捕集利用封存等技术的示范推广,稳步提高电炉短流程的发展,并在2025年短流程炼钢占比达15%以上、2030年达20%以上的量化目标⁹。金融方面,钢铁行业转型金融标准已由中国人民银行牵头起草,该标准基于2022年发布的《G20转型金融框架》,将适时发布并征求意见。

我国钢铁行业的减排技术手段与IEA提出的技术手段大体相同。考虑到中国钢铁产能以长流程炼钢为主且资产较为年轻、以煤为主要原料、燃料等特点,具体技术的部署时间线会有所不同。根据中国钢铁工业协会的研究,2030年前,系统能效提升将贡献30%的降碳比例,是短期内可优先发展的碳减排抓手;2040年前后,资源循环利用将发挥约40%的碳减排作用,利用废钢的短流程工艺将加速替代传统长流程工艺;而在2050-2060年,经济可行的CCUS和氢冶金等冶炼工艺突破将共同推动中国钢铁行业步入近零碳生产阶段。¹⁰

图表5. 中国钢铁行业碳减排路径及相应碳减排贡献



来源: 中国钢铁工业协会

2 钢铁企业制定碳目标的工具与实践

2.1 目标设定应遵循气候承诺和技术可行性

国际上多个组织和机构已经提出了供钢铁企业制定与气候目标相一致的碳目标可参考的原则和指南，以帮助企业实现减排目标。钢铁企业可参考的指南包括科学减碳倡议组织（SBTi）发布的《钢铁行业科学基础目标设定指南》、责任钢铁（ResponsibleSteel）发布的《责任钢铁国际标准（2.0版）》和全球钢铁气候理事会（GSCC）发布的《钢铁气候标准》等。

2.1.1 国际目标设定指南可供参考，但在边界和路径选择上有所不同

上述面向企业的指南中，《钢铁行业科学基础目标设定指南》与《钢铁气候标准》在目标设定方面提供了符合1.5°C气候目标的方法学，《责任钢铁国际标准（2.0版）》则设定了13条原则，并对符合要求的炼钢厂和钢铁产品提供认证。以下选取《钢铁行业科学基础目标设定指南》和《钢铁气候标准》在核算边界、技术路线两个维度进行对比，汇总见下表。其中：

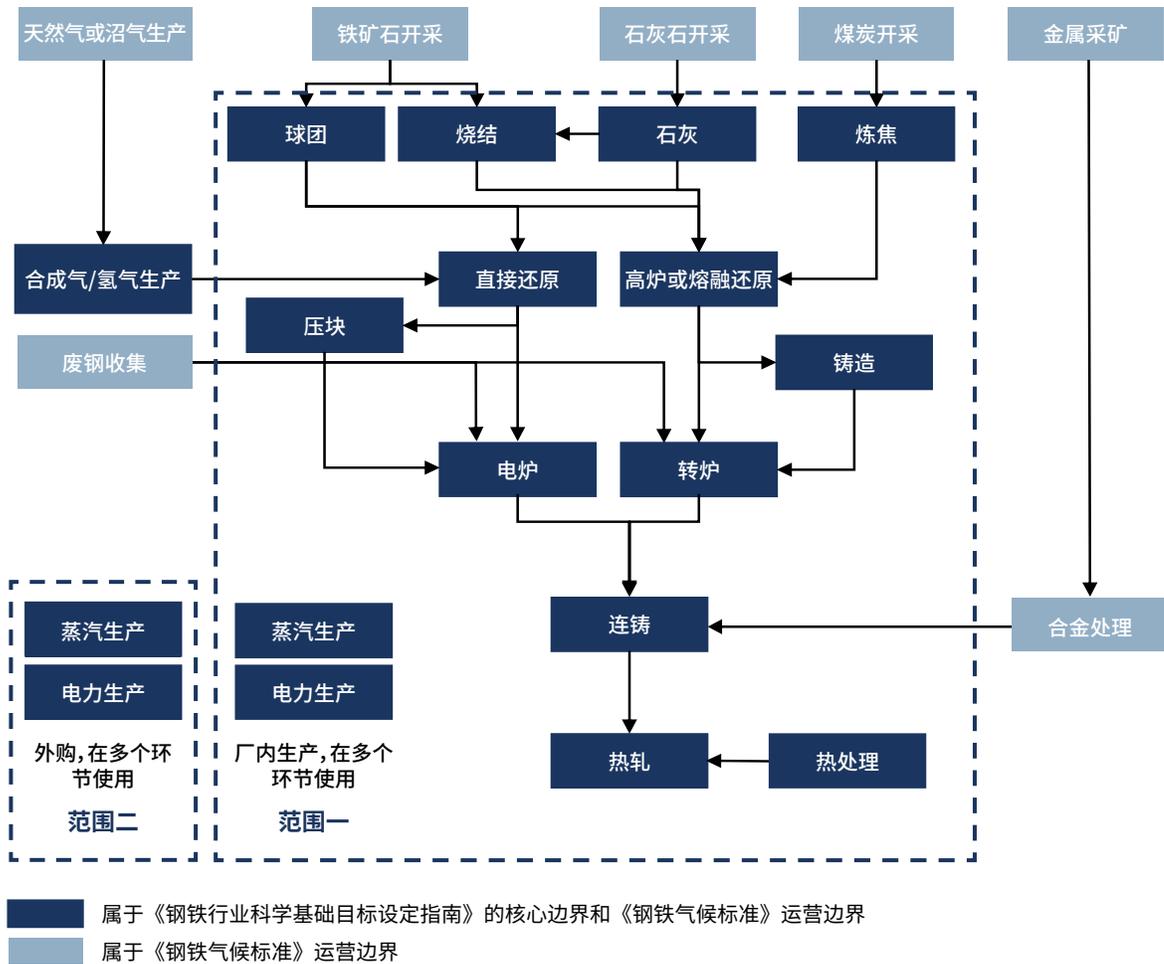
- 核算边界方面，《钢铁行业科学基础目标设定指南》有核心边界（core boundary）和范围一二三核算边界，适用于不同的目标设定方法。对比其核心边界和《钢铁气候标准》的运营边界，它们都涵盖了钢铁生产的主要环节（无论外购与否），但对于是否纳入上游生产环节体现出差异，具体如图表7所示。《钢铁气候标准》涵盖上游范围三排放的所有环节，包括煤炭、铁矿石、天然气和石灰石的开采生产加工过程等，而《钢铁行业科学基础目标设定指南》仅纳入了生产合成气/氢气环节的排放。
- 技术路线的考虑方面，《钢铁行业科学基础目标设定指南》考虑到了钢铁生产的两种技术路线，即基于铁矿石的长流程炼钢和基于废钢循环利用的短流程炼钢，并给出了企业如何根据废钢占比设置目标的具体方法，而《钢铁气候标准》采用统一的排放目标对企业采用不同的生产路径进行评估。

图表6. 钢铁企业碳目标设定指南的差异对比

	《钢铁行业科学基础目标设定指南》 ¹¹	《钢铁气候标准》 ¹²
使用群体	钢铁企业	钢铁企业
核算范围	范围一、二、三； 核心边界不包括原材料生产排放，不包括冷轧和镀层	运营边界包括原材料生产排放， 不包括冷轧和镀层
是否区分基于铁矿石的长流程路径/基于废钢的短流程路径	是	否
发布机构	SBTi	GSCC
发布时间	2023年7月	2023年8月

来源：根据公开数据整理

图表7. 钢铁企业碳目标设定指南的核算边界对比



来源：根据公开资料整理

此外，金融机构也制定了指南用于评估其投资组合是否与气候目标相一致。其中包括《可持续钢铁原则》，银行可采用统一的衡量和披露框架以支持钢铁行业打造净零排放之路、气候相关财务披露工作组（TCFD）发布的披露框架和实施指南、以及气候债券倡议组织（CBI）发布的气候债券标准和认证计划之钢铁行业认证标准。尽管气候相关的财务披露经常被提及，但TCFD尚未制定专门针对钢铁行业的评估指南，而CBI的钢铁行业认证标准在评估公司是否符合1.5°C气候目标方面参考了《可持续钢铁原则》的方法学。

2.1.2 基于中国总体目标，仍需出台详细的行业层面指导

目前国际上已有的气候目标评定方法可为钢铁企业设定碳目标提供了参考，有诸多可以借鉴的经验。例如将气候目标分解到行业层面，并最终落实到企业行动；针对高碳行业的SDA方法为全球企业设置了一个代表平均水平的排放基准，企业可参照此基准制定更加有针对性的转型战略和行动措施等。

但是，国际上的1.5°C升温目标大多以2050年碳中和为前提，与各国家实际设定的目标不尽相同；同时由于全球碳预算目前尚未落实到各个国家，且国家间需兼顾“共同但有区别责任”这一原则，对于不同发展阶段、不同地区的企业未必能完全遵循国际上设定碳目标的逻辑开展评价工作。因此，有必要在中国情境下探讨符合国情的碳目标评价方法，设计相应的工具和方法体系。

总结上述指南中气候目标评价的方法，在探索符合国情的碳目标评价方法时，有以下三方面值得注意：

- 1. 确定符合国情的行业排放路径或目标：**上述指南所述，企业依据全球钢铁行业碳预算来进行目标设定是较为常见的做法。对于中国钢铁企业而言，仍需以我国的排放路径和行业的总体目标为依据来设定企业目标。目前，我国钢铁行业尚未发布碳预算总量或碳强度形式的官方目标，因此国家层面碳达峰碳中和的时间表仍是企业目标设定的重要参考之一。一些企业据此设定了企业层面实现碳达峰和碳中和的时间表，但支撑其削减碳排放总量或碳强度的信息仍有不足。为有效引导实际减排，需要在行业层面和企业层面制定更加具体的量化目标或减排路径。一个具有雄心的且合理的目标应该体现国家对于高排放行业的发展规划，且兼顾考虑多种减碳抓手的可行性。行业层面足够明确的目标将为企业提供清晰的指引。
- 2. 根据不同技术路径的可行性设定目标：**基于铁矿石和基于废钢的钢产品在碳强度上具有较大差异，同时两条路径的减排技术实施难度也不同，因此碳排放目标需要兼顾发展矿石路径减排与废钢减排的要求。我国钢铁生产以长流程为主，相比于国际上很多国家以短流程（即使用废钢）为主的情况，其减排难度更大；为达到同样的减排水平，付出的减排投资和努力也将更大。因此有必要针对长短流程的差异，探讨碳目标设定的合理性问题。例如是否应对铁矿石和废钢路径分别设定排放下降曲线。对于远期目标，国际上通常为长短流程设置同样的远期碳目标，即认为钢铁行业平均碳强度应该趋同；但国内是否应对长短流程设置不同碳目标是可以探讨的问题。此类探讨的最终目的是避免目标过于理想化而不具有可实现性。
- 3. 加快构建完善本土化钢铁数据库：**数据的真实可靠性是确保碳足迹评估准确可靠的基础和关键。总体来看，使用现场数据是最优先鼓励采信的，但现阶段单纯依靠钢铁企业自身，在现场数据获取方面仍面临可得性及准确性两方面挑战。从国际经验来看，除了优先选择现场数据外，通常会确定接受度较高的数据库，如IPCC数据库、国际能源机构、国际钢铁协会 LCI 和政府公布的数据库（如美国、欧盟）等。因此，我国在构建数据库方面做出尝试与努力的同时，迫切需要进一步加快建立国家和行业所认可的钢铁行业数据库，有效支撑钢铁企业碳核算结果的准确性、真实性与可追溯性。

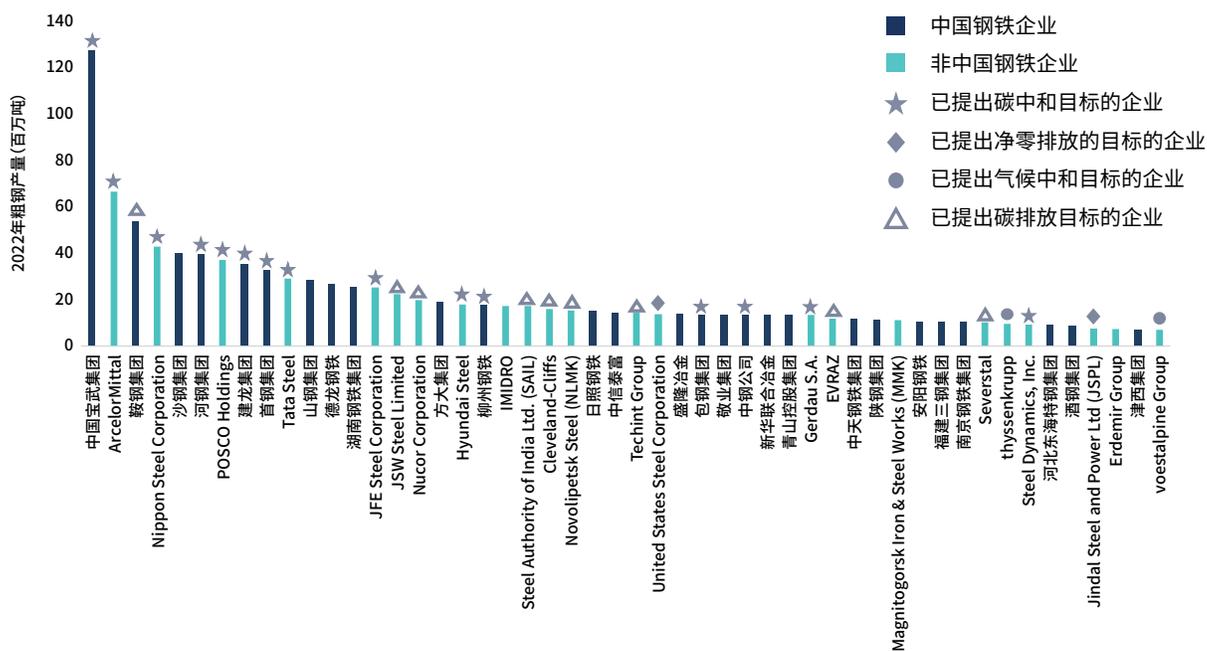
2.2 中国钢铁企业的现状与未来：目标设定、技术路径、管理机制

2.2.1 目标设定：清晰度至关重要

合理的碳目标应符合气候科学、国家与行业的减排要求，及企业的减排雄心与能力。为确保碳目标能可以指导行动，企业宜制定明确、全面的减排目标，即对总提目标和重要节点目标、碳排放总量和碳强度、温室气体种类和覆盖范围等方面应有足够的信息来支撑。除此之外，企业还可以考虑制定能耗、可再生能源利用等配套目标。企业在设定这些目标后，还需制定与之匹配的路线图、时间表和行动计划以确保行动的落实。

2022年，全球产量排名前50的钢铁企业共生产了11.2亿吨（1121.3Mt）钢铁，占世界总产量的60.3%。¹³这些钢铁企业分布在五个大洲的13个国家中，代表了各地区主要的钢铁产能，它们的碳减排目标和行动对全球钢铁行业减排至关重要。如图表8所示，全球产量排名前50的钢铁企业中已有28家制定了某种类型的气候目标，其中19家企业做出了碳中和、净零或气候中和的承诺。27家中国钢企中有7家制定了碳中和目标，占2022年中国钢铁产量的28.4%。中国以外的23家企业有8家企业做出了碳中和承诺、2家企业宣布了净零排放的目标、2家企业制定了气候中和目标。这些承诺碳中和的钢铁企业多以2050年作为其实现中和的目标年，个别企业以2045和2060为碳中和目标年。排名前50的国际钢铁企业在提出碳排放相关目标时会比较明确地指出排放覆盖范围，绝大部分企业以范围一和范围二的排放作为管理对象，仅少数企业的碳减排目标会包括范围三排放；我国钢铁企业遵循《中国钢铁生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》，其覆盖范围与范围一和范围二相同。

图表8. 全球产量排名前50的钢铁企业碳目标设定情况



注：“已提出碳排放目标的企业”为没有提出碳中和目标，提出了其他碳排放目标的钢铁企业
来源：根据公开资料整理（截至2023年9月）

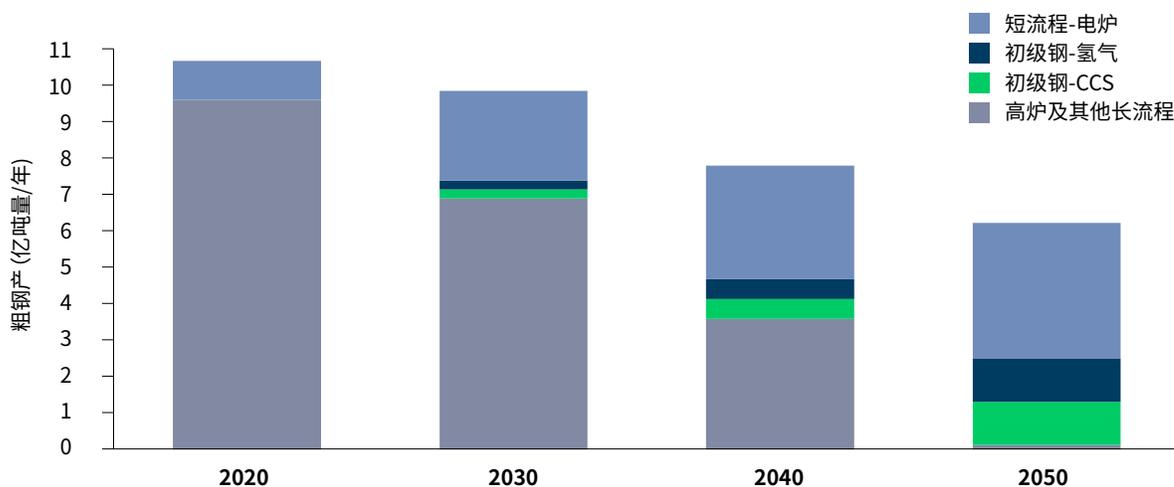
企业设定中期目标的做法则存在较大差异。中期目标指在基准年和碳中和目标年之间设定的、具有指导意义的目标值。中期目标的作用首先是评估一段时期内企业降碳的有效性，企业能根据中期目标实现情况及时调整减碳措施，确保远期目标实现。其次，企业在碳中和前的总排放量是由其碳排放下降曲线决定的。即使最终碳中和目标完全一样，对于快速减排的企业和排放先增后减的企业，其排放总量将会有很大区别。中期目标也能确保企业以尽可能降低排放总量的方式实现最终的碳目标。第三，企业碳排放的下降不一定是直线；在技术成熟度、成本等因素考虑下，可能呈现先慢后快等不同形式的下降曲线。中期目标把最终的碳目标拆分成更具体的阶段，确保企业按阶段实现碳中和。全球产量排名前50的钢铁企业中，已提出碳中和远期目标的19家企业均已提出中期减排目标，以指导并追踪企业减排路径。

理想的碳目标应包含基准年、基准年排放表现、目标年、目标排放表现四个要素，以提升企业中期目标的透明度和可比性，使投资者、消费者和相关机构更清晰地获取有效信息。目前钢铁企业对于中期排放目标的表述方式可以分为三类：第一种是以过去某年为基准年，提出目标年的排放总量或排放强度较基准年的下降比例，当前此类表述常见于欧、美、日、韩的钢铁企业；第二种是以未来达峰年为基准年，提出目标年的排放总量较基准年的下降比例，此类表述常见于中国钢铁企业，例如，将达峰年设定在2025年之前，中期目标设置在2030-2035年。在发展与减碳的背景下，企业提出“总量控制”的目标与我国“双碳”目标保持一致；第三种是直接提出目标年的目标排放强度值，此类表述常见于印度钢铁企业，也是与印度在国家自主贡献（NDC）中的钢铁行业承诺保持一致。

2.2.2 技术路径：大规模扩大废钢利用和推广初级钢低碳生产的必要性

很多情景分析均指出了废钢利用对于再生钢生产和以氢冶金为代表的初级钢低碳生产路径的重要性。根据RMI的情景分析，如果中国钢铁行业要实现“2050年净零排放”的目标，则到2050年，中国钢铁产量的60%可来自废钢电炉的生产路径，20%来自氢冶金的生产路径，其余则依赖传统化石燃料的生产路径，并配备CCS。尽管当前废钢资源量不足，但随着我国进入工业化和城镇化后期、回收体系的逐步完善，废钢的供应量将保持增长。虽然氢和CCS的生产路径目前成本较高，但随着技术进步和规模经济的带动有望使成本降低，并在未来实现成本平价¹⁴。

图表9 中国钢铁行业生产路径的变化趋势 (2020-2050)



来源：RMI

企业基于自身情况和未来战略规划，对于不同减排技术有所偏好。以粗钢产量最大的两家公司宝武集团和Arcelor Mittal为例，两家公司均制定了详细的减碳路线图，涵盖具体的技术路径以及相应的部署时间窗口。但是两家公司对于不同技术减排贡献度的规划存在较大差异。

- 宝武集团的钢铁产能占中国的 10.9% 左右，且基本是以长流程为主，将长流程产能置换为电炉炼钢需考虑高炉提前退役，造成原有投资经济性的降低；且当前国内废钢资源有限，短流程炼钢经济性优势不明显。宝武计划大力发展氢冶金，一方面是出于优化长流程产能的利用情况，另一方面是力图将其业务拓展至上游的氢能产业链，通过打通氢能“制-储-运-加-用”的全产业链布局，为企业增长创造新的动能。
- Arcelor Mittal 则在电炉炼钢上投入更多，通过淘汰运行已久的高炉转炉产能，开发新的直接还原铁—电弧炉（DRI-EAF）项目和废钢炼钢项目，提高电炉炼钢产能占比以实现减排。

部分企业有特别的减排行动，如Arcelor Mittal提出为实现净零，最后5%的碳排放可能缺少理想的解决方案或面临成本过高的挑战，将购买高质量的碳抵销额度以实现企业的碳中和；鞍钢的业务范围不仅包括钢铁冶炼，也包括采矿选矿环节，因此建设绿色矿山以减少矿石开采环节的碳排放也被纳入集团重要的双碳行动方案当中；建龙集团、首钢集团、Tata Steel将绿色物流也列入了减排路线图，能够更全面支持企业范围一（企业内部运输）减排和覆盖部分范围三（企业与上下游企业间运输）排放，实现更有雄心的碳目标。

2.2.3 管理机制: 对内对外多措并举

碳管理机制是企业为支撑降碳行动的实施而采取的保障性制度和措施，其内容涵盖了对内管理和对外管理。企业对内部的碳管理包括机制建设、资金支持、创新与研发的投入、能力建设、碳信息管理等；企业对外部的碳管理则主要涉及供应链、企业形象、对外合作等。

组织建设和资金是确保企业碳减排行动能够长期有效开展的关键，头部钢铁企业大多设置了专门负责碳管理的部门或委员会，通过投入专项资金、开发碳金融产品撬动外部资金以支持企业进行碳减排。如宝武组建了500亿规模的碳中和基金，助力宝武本身以及钢铁行业的低碳冶金发展；发行全国首单低碳转型债，募集资金全部用于子公司湛江钢铁氢基竖炉系统项目；欧洲投资银行（EIB）向Arcelor Mittal提供了7500万欧元的贷款，用于建设两个废物和副产品转化利用的新项目，帮助开发低碳炼钢技术。头部钢铁企业在资金方面做出了很多好的尝试，迈出了低碳专项融资的第一步，未来仍需通过各种机制确保可持续的专项资金投入。

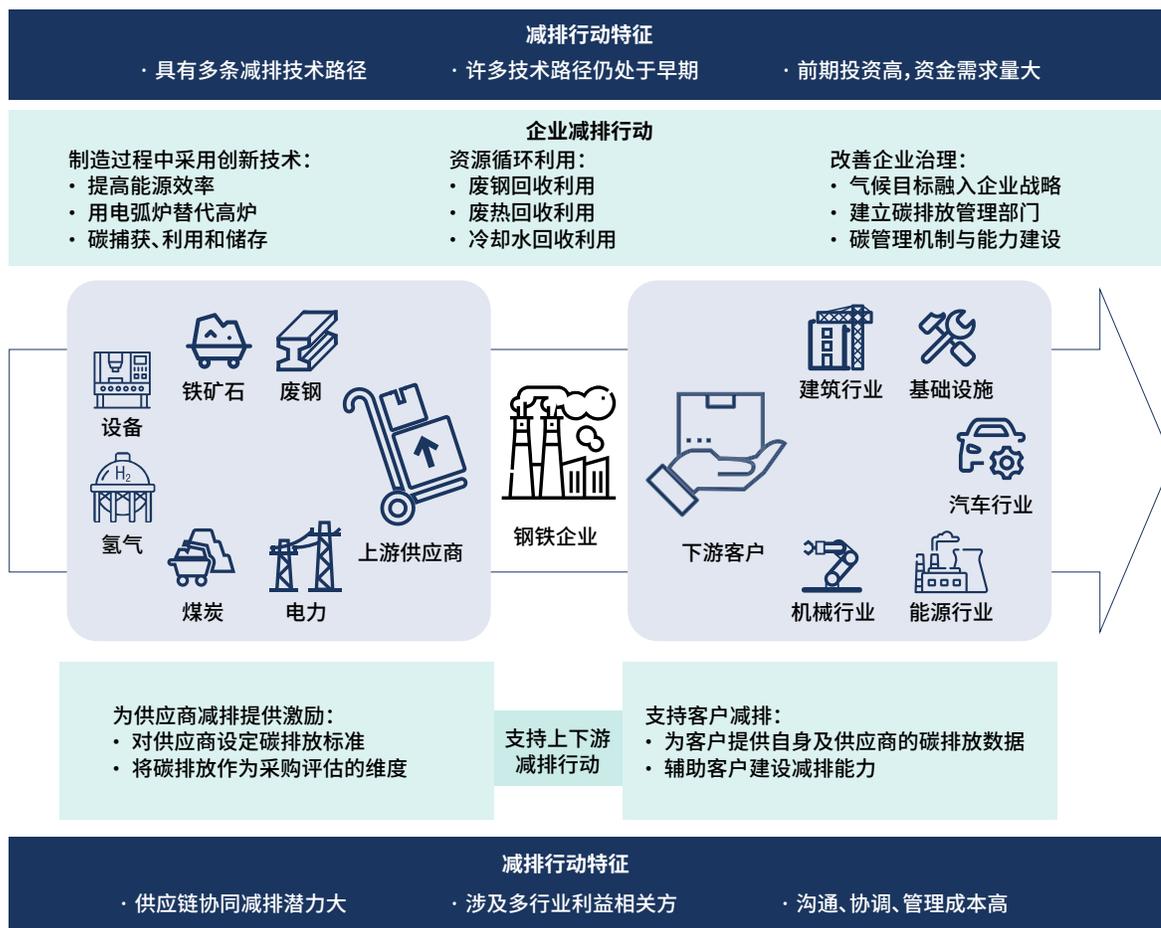
3 支持钢铁企业落实气候目标的市场机制

3.1 资金获取和供应链管理

目前全球大部分的头部钢铁企业已经在设定与气候目标相一致的企业碳目标方面取得了一定进展，并完成了相应减碳路线图的开发。作为全球最大的钢铁生产和消费国，中国的钢铁企业在全球产量排名前五十的钢铁企业中占半数，提出碳目标的中国钢铁企业产量占全球产量的18.6%，中国钢企的气候行动对于中国碳中和目标实现、全球钢铁行业减排，乃至钢铁产业链下游企业的减排都至关重要。但要实现气候目标，大规模的开展减排行动，我国的钢铁企业仍要面临不小的挑战。

为更全面地理解中国钢铁企业在开展减碳行动中面临的具体挑战，图表10从全价值链的角度审视了钢铁行业，总结了钢铁企业自身可采取的减排措施及对于上下游减排的支持行动。具体而言，鉴于钢铁的生产工艺较为复杂，深度减排需要不断创新的技术予以支持，而不管是技术创新还是新技术的规模化应用，都需要大量的资金支持和高度的风险承受力，**如何获得转型所需的资金是钢铁行业面临的一个关键挑战**。此外，钢铁行业的价值链多元且复杂，上下游分别包括矿石采集、冶炼、加工、制造和分销，涉及多个环节、覆盖多个行业，若想实现上下游价值链的协同减排，创造出更显著的减排效果，需要所有利益相关方充分密切的沟通，**如何通过有效抓手来避免由协调、管理造成的成本增加是钢铁行业面临的另一挑战**。

图表10. 钢铁企业对价值链减碳的影响



来源: RMI

财务压力

在能源危机和全球经济低迷的背景下，钢铁行业的运营在复杂多变的市场形势下面临较大的资金压力，钢铁生产用燃料价格大幅上涨且持续高位运行。与此同时，钢铁的消费强度减弱、需求下降，导致钢铁价格明显下跌，严重制约了钢铁企业的盈利能力。根据中国钢铁工业协会统计，2022年对标钢铁企业炼焦煤采购成本比上年上升24.9%、喷吹煤采购成本上升24.3%，重点钢铁企业营业收入比上年下降6.35%，利润下降72.27%。¹⁵

与此同时，钢铁行业的低碳转型十分紧迫。作为占全球温室气体排放约7%的高排放行业，钢铁企业面临着越来越严格的环境要求¹⁶。例如，欧盟已经为钢铁行业设定了雄心勃勃的减排目标，在1990年行业碳排放基础上，到2030年将碳排放降低55%，在2050年实现减排80%–95%。尽管钢铁行业中的许多碳减排解决方案仍处于早期阶段，成本相对较高，但必须立即采取减排行动，筹措减排所需资金，才可以推动新型技术的技术经济性不断提升，并最终实现行业碳中和目标。根据RMI估算，从目前到2050年，钢铁行业转型所需的固定资产总量至少为1.6万亿元。

然而，由于钢铁行业自身属于“两高一剩”的行业ⁱⁱ，再加上受到平均资产负债率较高、行业整体效益下滑等因素影响，近年来金融机构和资本市场对钢铁行业并不抱有偏好态度，钢铁企业普遍面临着融资难、融资贵等问题。钢铁行业主要依靠债务融资，就债券发行规模而言，2022年1–11月钢铁企业债券发行规模较2021年同期下降21.01%。在债券期限方面，一年以内（含一年）的债券占总发行规模的54.15%，整体债券发行时间较短，难以匹配转型所需的较长期限的资金需求。¹⁷

总体来说，钢铁企业难以依靠自有资金或通过传统融资渠道获取资金来实现转型。而钢铁行业本身的高碳属性使得通过创新型融资渠道，如绿色金融，获取资金时受到争议。直接导致钢铁企业低碳转型资金获取的渠道受限。

供应链碳管理复杂

作为一种重要工业材料，钢铁行业涉及复杂的工艺过程，因此与上游和下游的利益相关方都具有紧密的联系。在上游，钢铁企业根据其技术路线，需要购买不同类型的高炉、转炉、电弧炉等大型设备，也需要在运行中不断采购铁矿石、废钢料、煤炭、电力、冷却水等原料与能源。在下游，钢铁企业需要将产品出售给建筑、基础设施、汽车、能源、机械等多个相关行业。在减排过程中，钢铁行业难以避免其与上下游企业的沟通。对于上游行业，钢铁行业需要在采购过程中对其碳排放进行约束，从而降低自身的范围二、范围三排放。对下游行业，钢铁行业需要不断与客户沟通其对钢铁材料的碳排放要求，从而确保产品符合要求。

然而，钢铁行业在碳排放管理过程中面临很大困难。首先，由于涉及的行业、企业众多，每个行业具有不同的技术特征，不同企业也可能具有不同的减排目标框架。钢铁企业需要与每个利益相关方沟通合作，定制协同减排方案与行动有效性评估方法，具有很高的沟通、管理成本。其次，由于不同利益相关方的减排能力、意愿，以及可接受的减排成本不同，钢铁行业作为价值链中游，面临下游企业向上传导的较大减排压力，却难以将减排压力与成本分散给其它利益相关方，加重了钢铁企业的资金压力。如何系统、规模化地管理供应链减排目标与行动，如何合理、公平地分配减排责任与成本，都是钢铁行业面临的核心问题。

ii “两高”指高污染、高能耗的资源型行业，“一剩”指产能过剩行业。据观察，银行或对“两高一剩”行业一般授信业务设有限额管理，并且给予较高的风险定价。

3.2 交易型、融资型与碳资产管理型机制

市场机制，包括金融市场、商品市场、电力市场、碳市场等，可以在促进企业减排方面发挥关键作用。借助市场机制，企业可以广泛获取资源、降低减排成本、募集转型资金，并采取创新性、定制化的脱碳解决方案。

根据运行原理和运行目标的不同，市场机制可以主要分为三大类：交易型机制、融资型机制和碳资产管理型机制。如图表11所示，交易型机制主要包括能源交易、环境属性交易、碳相关交易等，旨在通过市场交易行为帮助企业以最灵活和成本效益最高的方式实现碳排放减少；融资型机制主要包含绿色金融解决方案和转型金融解决方案，其有效的使用可以帮助企业以较低的成本获取低碳转型所需资金；而碳资产管理型机制则是基于科学的碳足迹核算方法学，对企业排放、减排活动信息进行记录及储存，该信息不仅可以协助企业更好地与上下游企业沟通，还可以将信息转化为“资产”，在不同场景下为企业带来额外现金流。

本章节将以钢铁行业为例，阐述这三种机制分别以及协同如何助力钢铁企业落实减排行动。

图表11. 市场机制的协同效应



来源：RMI

3.2.1 通过交易型机制提高成本经济性

近年来，钢铁行业面临着较大的经营压力。在生产侧，由于能源价格上涨，钢铁企业的生产成本增加。在需求侧，受到全球经济下行和产能过剩的影响，下游对钢铁的需求量持续下降。在这种情况下，钢铁企业对下游难以提价，上涨的成本无法向下游传递，导致钢铁企业需要自行承担更高的运营成本。在此基础上，钢铁企业还面临越来越严格的环保要求。长期来看，环保相关政策法规对于实现巴黎协定目标、促进企业升级转型是必要的，但在短期内，难以避免地给钢铁企业增加了额外的减排成本负担。

在缺乏市场机制的情况下，钢铁企业的运营成本和减排成本相对固定且独立，需要企业分别解决。这两项成本的叠加可能会超出钢铁企业的承受能力，导致企业破产或关停，难以实现促进钢铁行业可持续发展的目标。

交易机制则可以为钢铁公司提供解决问题的另一种途径，突破企业自身的技术和产能限制，显著降低减排成

本。通过参与市场交易，钢铁公司可以采取最具成本效益的减排方式，实现效率最大化。此外，借由交易机制，企业可以综合考虑工厂运营成本和减排成本，推动行业的可持续发展。当前市场中比较常见的交易机制主要有绿电绿证交易和碳排放权交易。

绿电绿证交易

在净零排放情景下，到2050年，钢铁生产将几乎完全转向低碳钢，通过多种技术路径，如CCUS、短流程电炉炼钢或H₂-DRI等，叠加包括绿电、绿氢等绿色能源的使用加速实现脱碳。根据RMI的预测，到2050年，中国钢铁生产中短流程电炉炼钢的比例将逐渐从当前的10%扩大到60%¹⁸。在短流程电炉炼钢的技术路径下，电力是主要的能源来源，耗电量约为每吨钢300千瓦时。若能实现大规模使用绿电，钢铁企业则可以加快其减排步伐。而氢气直接还原技术所用的绿氢也可以通过绿电采购加厂内电解水制氢技术路径获得。这一类型的脱碳路径在国际上已经多有实践，例如Steel Dynamics公司与H2 Green Steel公司。

案例1: 国际钢铁公司“电炉炼钢技术+绿电”技术路线

Steel Dynamics公司是美国最大的钢铁生产与回收商之一，年钢铁产能1300万吨，采用电炉炼钢技术，工厂遍布美国与墨西哥。2023年，该公司与全球最大的风光可再生资源发电商 NextEra Energy Resources签署了可再生电力采购协议，向其购买了来自得克萨斯州斯库瑞县一个新风电场308兆瓦的电力。此风电场投入使用后，预计每年将生产1.1TWh的绿色电力，约等于该公司全部钢铁厂总用电量的16%。这一采购协议是目前北美最大的钢铁行业绿色电力采购协议。¹⁹

案例2: 国际钢铁公司“绿电制氢+直接还原铁”技术路线

H2 Green Steel 是一家瑞典初创企业，该企业正在瑞典博登（Boden）建设世界首家基于可再生氢的近零排放钢铁厂，该工厂的二氧化碳排放量预计将比传统钢铁生产减少 95%，预期于 2025 年投运。该工厂将采用氢气直接还原铁技术，项目一期产能 250 万吨 / 年，所用可再生氢由钢铁厂配备的 800 兆瓦电解槽制得，该电解槽将是世界上装机量最大的电解槽之一。²⁰ 为满足可再生氢生产用电需求，H2 Green Steel 公司与领先的北欧能源公司 Statkraft 和 Fortum 分别签订了长期购电协议。通过这一方式，Statkraft 公司将在 2026 年至 2032 年间为钢铁厂供应 2TWh/ 年的可再生电力²¹。Fortum 公司将通过两个购电协议为钢铁厂提供总共 2.3TWh/ 年的可再生电力。其中包括一个从 2027 年开始，长达九年，每年 1TWh 的固定价格购电协议；以及一个 2026 年开始，每年 1.3TWh，有五年套期保值期限的基于指数的购电协议。²²

如何可持续的获得经济可行的绿电是实施此路径的成败关键。近年来，我国不断加大力度推动绿电绿证市场化交易，为钢铁企业在内的所有用能企业拓宽了获取绿电的渠道。

- **绿电交易** - 针对绿电电量和所属环境权益同时开展的交易类型。自2021年9月开始，我国开始开展“证电合一”的绿电交易模式，用能企业可以与可再生能源发电企业（即买卖双方）通过直接签订购电协议的方式购买所需绿电。交易完成时，绿电的电量部分与以绿证代表的环境权益部分同时交割给用能企业，实现证与电的捆绑交易。
- **绿证交易** - 针对绿电环境属性单独开展的交易。在这种情况下，绿电的电能量属性和环境属性是分开交易的。用能企业在购买绿证时，购买的仅仅是绿电的环境权益，所需电能量需要通过其他合约模式单独购买。

虽然交易机制已经建立，但由于市场尚处于起步阶段、供需关系不稳定，绿电的经济性尚不能保证。例如，购买绿证对于钢铁企业来说是额外的运营成本，而绿电交易尽管大体均遵循市场化的交易原则，买卖双方可以根

据市场供需关系、承受溢价的能力等因素进行直接协商，但市场部分观点认为，绿电的环境属性需要得到认可，则绿电需要以“溢价”的状态完成交易，这对于利润空间本已较窄的钢铁行业来说无疑是另一挑战。为更好的利用绿电绿证交易机制，钢铁企业可尝试在当前的交易机制框架下，利用自身用电量、用电量易预测等优势，探索更加灵活有益的交易模式，如签署绿电购买长期协议，以合适的价格锁定未来所需的绿电电量，更好的控制风险。

碳排放权交易

尽管目前中国碳市场只覆盖了发电行业，但考虑到双碳目标和国际贸易趋势，钢铁企业未来势必将被纳入碳市场。近年来，钢铁行业纳入碳市场的信号不断明确。2021年，中国钢铁工业协会受生态环境部委托，开展钢铁行业配额分配方案制定等工作。2023年7月，钢铁行业纳入全国碳市场专项研究第一、二次工作会议召开，多部门共同研讨钢铁行业纳入全国碳市场的初步方案。2023年10月，生态环境部发布了《关于做好2023-2025年部分重点行业企业温室气体排放报告核查工作的通知》，通知对钢铁、水泥熟料和铝冶炼行业的碳排放核查提出了更高的核查要求，大幅修改了三个行业的碳排放核算与报告方式，对钢铁行业加入碳市场释放出积极的政策信号²³。

将钢铁行业纳入碳市场可以有效控制行业碳排放总量，促进行业减排行动。对于单个企业而言，碳市场可以提供确定的减排价格信号，使企业可以根据其技术路径与排放水平确定最优减排量。在碳市场中，钢铁企业可以通过购买和销售减排量来分担减排成本，从而在市场中实现最大效益。因此，暂时缺乏减排能力的企业可以拥有新的合规选择，给予其时间与激励逐步开展能力建设，而不必立即停产。减排能力强的企业则可以获得进一步深度减排的激励。

钢铁企业应当密切关注国家政策，为参与碳市场提前布局。例如，钢铁企业可以将参与碳市场相关工作纳入发展规划，提前开展碳核算机制及能力建设，积极参与碳标准制定等。此外，钢铁企业也应当关注国外行业形势，了解国际碳价走势，研究欧洲碳边境调节机制（CBAM）等碳关税对企业出口的影响。

3.2.2 通过融资型机制获取减排资金

由于钢铁行业的低碳转型项目普遍具有高风险、长周期的特征，在传统金融市场中被认为不具吸引力。这类项目在融资时，常需要与其他被认为财务回报更高的项目竞争，处于不利地位。绿色金融和转型金融是帮助钢铁公司摆脱困境的关键性创新市场机制。一旦被认证为绿色或转型项目，对缓解气候变化感兴趣的潜在投资者将更倾向于为企业提供利率较低、期限较长的资金。绿色金融与转型金融的详细定义尚未完全明确，但其核心概念已具有明确区别。

从定义上看，绿色金融旨在为零或近零排放的纯绿项目提供资金。而在实践中，有时其他类型的项目也被包含在内，例如提高能效类或减污降碳协同类的项目。例如，在《绿色债券支持项目目录（2021年版）》中，明确支持“钢铁企业超低排放改造”项目²⁴。然而，由于钢铁行业的高排放特征，实践中覆盖的项目数量有限，导致钢铁行业的绿色融资受到限制。

转型金融作为绿色金融的补充，可以支持高碳排放项目的减排行动进展，具有更大潜力满足钢铁企业转型的资金需求。目前转型金融仍处于起步阶段，但正在逐步发展壮大，受到越来越多的关注。中国人民银行于2021年启动转型金融研究，组织开展了钢铁、煤电、建筑建材、农业四个领域的转型金融标准研制工作。未来，应为转型金融制定更加具体的标准，确保转型融资能够支持可与降碳转型路线图保持一致的富有雄心的转型活动。

在绿色金融和转型金融框架下，钢铁企业可以通过债务融资、股权融资、其他创新融资工具等方式为其减排行动筹集资金。根据钢铁企业不同的转型技术路径和所需转型资金的特征，可以匹配的融资机制也各异。

情景1：采用成熟技术可优先选用债权融资

当钢铁企业计划采用高度成熟的减排技术，如能效提升、大规模改造和资源回收利用时，可以申请债权融资来支持项目建设与生产。银行贷款和发行债券是债务融资的两种主要手段。在中国可持续融资市场中，银行贷款是融资的主流渠道，而企业债券的发行量则逐年增加。截至2022年底，中国绿色贷款余额达到22.03万亿元，绿色债券存量为1.4万亿元²⁵。两类融资工具具有不同特点，企业可根据自身资金需求选择。首先，贷款的准备期比债券更短。对于可持续贷款，企业只需要向金融机构提交材料，经批准后，金融机构可直接拨付项目所需资金。而发行债券则需要更复杂、耗时的前期准备，因而具有更高的交易成本。其次，信贷的期限通常比债券短。例如，中国市场中节能改造类项目贷款期限通常不超过三年，而2022年，绿色债券的平均期限为5.5年²⁶。此外，债券利率通常低于信贷利率。据机构测算，绿色贷款的平均利率为4.1%，而2022年绿色债券的平均发行利率为3.1%²⁷。考虑到以上因素，银行贷款更适合需要快速融资的小型项目，而债券则更适合需要大量前期投资的大型项目。需要注意的是，在实际的企业融资实践中，债券与信贷的特征会因市场环境、企业风险评级、项目类型等多种因素发生变化。

案例3: 国内钢铁企业发行绿色债券

河钢集团是中国最大的钢铁材料制造和综合服务商之一。近年来，受到原材料价格上升及国家环保要求逐渐严格的影响，企业的生产成本与环保费用不断提升，面临较大经营压力。为实现绿色转型，河钢集团需要更新生产设备，然而低碳绿色技术升级需要大量资金投入，企业自有资金难以满足需求，而高达60-70%的流动负债比也使外部融资面临困难。为此，河钢集团于2018年3月发行了国内首支绿色债券，募集绿色转型资金。本次绿色债券募集资金7亿元，期限五年，票面利率5.42%。其中一半募集资金投向节能技术改造项目，另一半用于公司日常经营的补充。随后，河钢集团于2018年12月发行了第二次绿色债券，募集资金总额35亿元。这次债券发行为我国绿色债券市场首支绿色永续期债券。²⁸

情景2：部署新兴技术可优先选用股权融资

为了实现其长期战略规划，钢铁企业还需要在试点项目中应用一些尚未成熟的技术，例如氢能、CCUS等。这些技术具有高昂的前期成本，未来发展趋势也有很高的不确定性，难以确保稳定的投资回报。对于这类项目，贷款和债券等工具的还款灵活性不足，可能会对借款人和贷款人都构成重大风险。股权融资是部署新型技术的首选方案。通过将公司的部分所有权出售给愿意分担项目风险和收益的投资者，新型技术可以获得具有更高风险偏好的投资。然而，股权投资的绿色或转型标签在全球都处于早期阶段。在中国，绿色股票、转型股票的相关概念、标准和融资形式尚未明确界定。建设这一融资工具可为中国钢铁企业提供成本更低、期限更长、更灵活的脱碳融资选择。

情景3：其他创新型融资工具

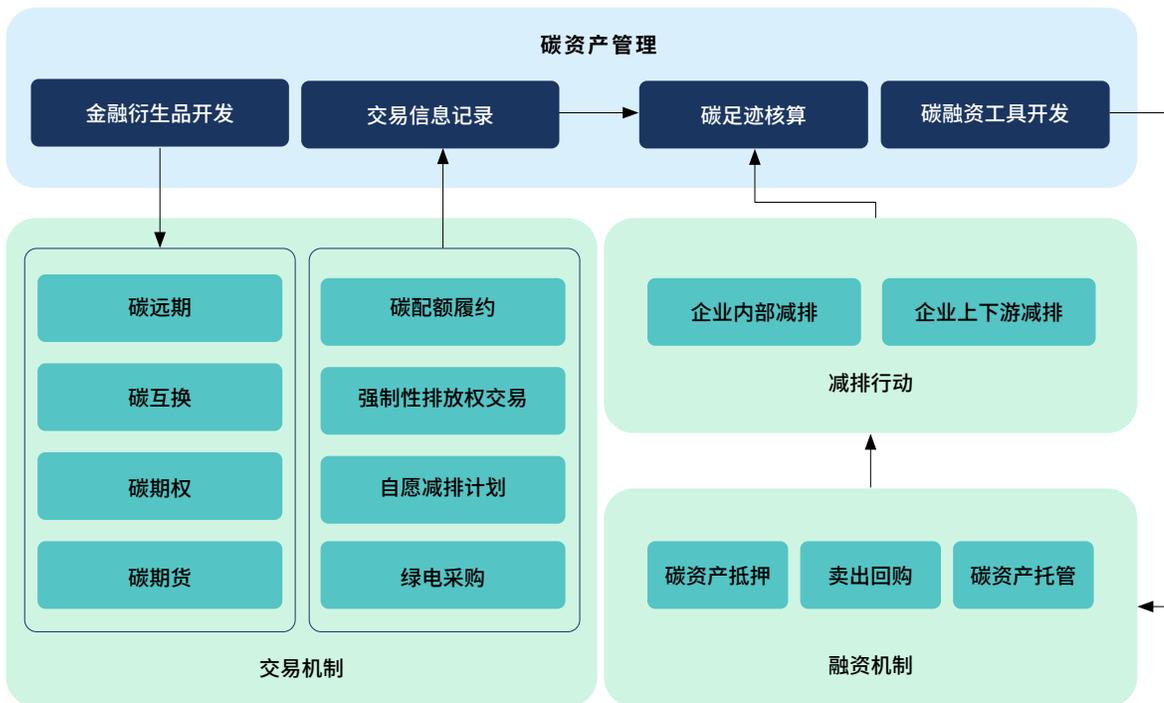
钢铁企业也可以选择使用其他创新型融资工具。例如，保险机制可以有效分担钢铁企业的转型风险。一些典型的转型保险可以使企业规避其改造项目无法实现预期能效收益的风险。如果项目在运营期间未能达到预定的节能目标，保险公司将负责支付部分节能改造费用。此外，对于重资产项目，钢铁企业可以尝试融资租赁，即由金融机构购买所需设备并租赁给钢铁公司。通过这一方式，钢铁企业可以避免在项目前期投入大量资金，造成短期内资产负债率上升和经营压力增大，而是将资金投入分摊到项目期内。随着市场对创新融资工具的不断挖掘，以碳资产为杠杆的融资机制也层出不穷，基于碳资产的融资解决方案详见下一节。

3.2.3 通过碳资产管理型机制提高数据透明度, 挖掘碳衍生品

传统上, 钢铁企业会将其碳排放视为其生产过程产生的环境后果, 因此仅关注其合规性。随着碳中和目标的日益明确和碳定价机制的不断改进, 企业面临着越来越高的合规成本, 这将长期侵蚀其竞争力和盈利能力。然而如果企业换个角度, 将碳减排量视为其资产的一部分, 即它们的碳资产, 积极通过减排降低合规成本甚至创造收益, 并利用金融工具创新碳资产和碳汇管理, 企业就可以以最低成本实现资源优化和可持续发展。

碳资产管理可以以多种方式帮助钢铁公司实现其气候目标。企业可以使用碳资产管理来量化其总碳排放量, 并在此基础上开始减排行动。他们还可以将其用于与供应链上下游的沟通, 实现协同减排。此外, 碳资产管理可以与交易机制和金融机制产生协同效应, 进一步筹集资金、降低成本、减轻风险。图表12总结了碳资产管理参与企业减排活动的方式。

图表12. 碳资产管理用途分类



来源: RMI

情景1：供应链碳管理

在供应链协同减排过程中，由于上下游企业在制定气候目标、开展气候行动方面存在方法差异，企业间会产生高昂的沟通和协调成本。为解决这个问题，钢铁企业可以协助上下游企业进行能力建设，并推动使用共同的碳资产管理系统。该系统可以将所有企业的气候目标统一为碳排放的单一指标，并通过减排量评估气候行动的效果。通过该系统，钢铁公司可以获得有关上游碳排放的信息，并在此基础上为上游企业制定适当的排放要求，降低自身范围二、范围三排放。钢铁企业还可以直接通过系统向下游企业提供一手、实时、可信赖的信息，而无需经过复杂的报告程序。

情景2：与交易机制的协同效应

在未来，随着绿电市场、绿证市场、碳排放市场等与环境权益相关的新型市场交易机制不断完善，钢铁企业在各个市场的交易量将不断增加，包括买卖含有环境属性的商品、直接买卖环境权益、买卖碳减排量等多种形式。当交易数量增加时，如果没有合理的管理工具，公司很难了解每笔交易对其气候目标的贡献。碳资产管理可以帮助公司系统地组织各个市场上的交易，将所有类型的交易计为其碳账户中的流出和流入，从而更好地统计和管理与环境权益相关的交易。

此外，钢铁企业还可以在其碳资产基础上开发碳金融衍生品，如碳远期、碳互换、碳期权、碳期货等。通过碳金融衍生品的交易，企业可以减轻参与碳市场交易的风险，或获得更高收益。例如，需要排放配额的钢铁企业可以通过购买碳期货来套期保值其碳排放，锁定未来日期的碳价。通过这种方式，如果市场价格上涨，企业可以避免支付更高的碳排放价格。

案例4：基于碳资产管理的创新交易机制

全球认证机构DNV开发出了绿色钢铁鉴证框架，使下游企业可以分担钢铁企业的减排成本。在这一框架下，钢铁企业通过碳资产管理核算出其采取的减排措施产生的减排量，DNV在核查后对于企业减排量给予第三方认证，下游企业则可以通过购买鉴证后的减排量的方式，降低其自身的范围三排放，并为钢铁企业分担减排成本。DNV已与欧洲几家大型钢铁制造公司建立了合作伙伴关系，包括Arcelor Mittal、Thyssenkrupp和Tata Steel Europe等。²⁹

情景3：与金融机制的协同效应

钢铁企业可以利用其现有碳资产，通过各种融资工具筹集更多资金。例如，企业可以将其碳资产用作向银行或其他放贷方提供的贷款抵押品。或者，企业可以进行碳资产卖出回购，首先将其碳资产出售给放贷方，再按约定价格于到期日将其碳资产购回。通过这种方式，企业可以利用碳资产作为担保，获得短期流动性。为了降低管理碳资产的运营成本，钢铁企业还可以选择碳资产托管，将其碳资产委托给托管人，由托管人代表企业处理资产的注册、认证、交易和结算。

4 钢铁企业行动建议

钢铁行业减碳的重要性与紧迫性在全球低碳发展以及我国碳达峰、碳中和目标的推进之下形成共识。结合已有的钢铁行业与企业可参考的气候目标设定指南和目前企业目标与行动实践等方面的梳理与解读，分析钢铁企业减排过程中的可行措施与市场机制。为加速企业减碳行动的落实，报告提出了以下**五点建议**：

行业层面，制定符合中国特色的减碳目标和路线图可为企业目标设定奠定基础。可以建立符合我国碳达峰、碳中和目标的碳预算模型，根据国家对高排放行业的发展规划和减排技术可行性制定行业碳预算，规划各行业的减排路径，从而确定钢铁行业的排放空间及减排目标，为企业设定目标提供基准。有必要针对长短流程的差异，探讨碳目标设定的合理性问题，并探讨长短流程是否设置不同碳目标等具体问题，避免目标过于理想化而不具有可实现性。

企业层面，钢铁企业宜提升碳目标的清晰度和全面性，例如制定可行的中期目标以监测减碳进展、明确边界和排放范围，其中包括企业承诺背后的行动计划等。理想的中期目标应包含基准年、基准年排放表现、目标年、目标排放表现四个要素，以增强目标的透明度、可追踪性和可比性。中期目标可以帮助企业将最终的碳目标拆分成更具体的阶段，确保企业按阶段实现碳中和；能评估一段时期内企业降碳的有效性，帮助企业及时调整减碳措施；也能确保企业以尽可能降低排放总量的方式实现最终的碳目标。同时碳目标需要减排行动路线图的支撑，目前钢铁行业可实现减排效果的技术与路径已在全球层面达成共识，企业应基于自身经营情况确定对各项减排技术的布局，明确实现碳目标的可行路径。

鼓励钢铁企业发挥价值链关键角色的优势，与上下游密切合作，加快建立碳排放综合管理机制。钢铁行业的供应链跨足多个行业的排放主体，排放情况复杂，掌握各排放主体的排放情况是钢铁行业及其供应链深度减排的基础。通过加快建立碳排放管理机制，可有效梳理供应链中各排放主体的排放信息，帮助更准确地评估和优化各个环节的碳足迹。同时，还可为企业提供符合绿色金融、转型金融和可持续投资要求的基础数据，使钢铁企业更有可能获得绿色融资和金融支持，推动其在低碳技术创新和可持续生产方面的投资。

鼓励钢铁企业积极参与现有市场机制以缓解资金压力，并充分抓住市场机遇。在自身运营已经承压的情况下，钢铁企业进行低碳转型将面临更大的成本挑战。通过市场机制的支持，企业不仅能够获得转型激励，而且能够有效减轻转型过程中的管理及财务等压力。以碳交易机制为例，钢铁企业被纳入碳交易市场是下一步的必然趋势。因此，钢铁企业应紧密追踪相应政策动态，就减排行动、排放数据、排放核查等提前规划布局。一旦钢铁行业被纳入碳交易市场后，企业则可抓住时机，通过有效的交易策略，降低排放成本，甚至还有机会通过交易额外配额获取经济收益，补贴企业其他气候行动。

钢铁企业需要发挥其经济支柱、资产基础雄厚的优势，积极开展机制创新以支持企业的有效转型。尽管已经出现了一些市场机制，为企业提供了一定的助力，但由于各机制发展程度不一，短期内可以实现的效果有限。以绿电交易为例，由于当前绿电交易是“溢价”交易，绿电的使用成本普遍比火电高，这对于能源消耗量大，且利润空间低的钢铁企业来说，成本压力难以承担。钢铁企业可以充分利用其采购量大且稳的特征，与发电企业积极探索绿电长期协议的模式，锁定经济可持续的绿电供给。另外，钢铁企业还可充分利用自身产业优势，如战略地位高、重资高信用等，积极探索多市场间的机制创新，如以碳资产为底层资产开发金融产品为企业减排行动提供资金支持。这不仅有助于钢铁企业实现高效、经济可行的转型，还可以为供应链重其他行业的低碳发展做出贡献。

5 参考文献

- 1 IPCC, Climate Change 2021: The Physical Science Basis, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- 2 Net Zero Tracker. <https://zerotracker.net/>
- 3 Global Carbon Budget (GCP). <https://globalcarbonbudget.org/about/>
- 4 IPCC, Climate Change 2021: The Physical Science Basis, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- 5 University of Technology Sydney (UTS), Sectorial Pathways for Industries-One Earth Climate Model, November 2021, https://www.uts.edu.au/sites/default/files/2021-11/OECM%20Executive%20Summary_0.pdf
- 6 IEA, Net Zero by 2050, 2021, <https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-12/IEA%2C%20Net%20Zero%20by%202050.pdf>
- 7 Mission Possible Partnership (MPP), Making Net-Zero Steel Possible, 2022, <https://missionpossiblepartnership.org/wp-content/uploads/2022/09/Making-Net-Zero-Steel-possible.pdf>
- 8 工信部联原[2022]6号, 关于促进钢铁工业高质量发展的指导意见, https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-02/08/content_5672513.htm
- 9 工信部联节[2022]88号, 关于印发工业领域碳达峰实施方案的通知, https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-08/01/content_5703910.htm
- 10 中国钢铁工业协会, 钢铁行业碳中和愿景和低碳技术路线图, 2022
- 11 SBTi, Steel science-based target-setting guidance, July 2023. <https://sciencebasedtargets.org/resources/files/SBTi-Steel-Guidance.pdf>
- 12 Global Steel Climate Council (GSCC), The Steel Climate Standard, August 2023. <http://globalsteelclimatecouncil.org/wp-content/uploads/2023/08/GSCC-Standard-August2023.pdf>
- 13 World Steel Association. Top steel-producing companies 2022/2021. <https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/top-producers/>
- 14 RMI, 碳中和目标下的中国钢铁零碳之路, 2021.
- 15 中国钢铁工业协会, 2022 年钢铁行业经济运行报告, 2022. <http://lwzb.stats.gov.cn/pub/lwzb/bztt/202306/W020230605413586261007.pdf>
- 16 World Steel Association. Policy paper: Climate change and the production of iron and steel. 2021. <https://worldsteel.org/publications/policy-papers/climate-change-policy-paper/>
- 17 联合资信. 2022 年钢铁行业信用风险总结与展望. 2022. https://pdf.dfcfw.com/pdf/H3_AP202212161581134926_1.pdf?1671183494000.pdf
- 18 RMI, 碳中和目标下的中国钢铁零碳之路, 2021
- 19 Renewable Energy Magazine. Steel Dynamics Signs PPA With NextEra Energy. 2023. <https://www.renewableenergymagazine.com/wind/steel-dynamics-signs-ppa-with-nextera-energy-20230808#:~:text=Steel%20Dynamics%2C%20Inc.%20has%20signed,project%20in%20Scurry%20County%2C%20Texas.>
- 20 Bodenxt. One of the world's largest hydrogen plants is planned here. 2023. <https://bodenxt.se/en/one-of-the-worlds-largest-hydrogen-plants-is-planned-here/>
- 21 Statkraft. H2 Green Steel partners with Statkraft for 14 TWh of renewable electricity. 2022. <https://www.statkraft.com/newsroom/news-and-stories/2022/statkraft-signs-ppa-with-h2-green-steel/>

- 22 Fortum. Fortum and H2 Green Steel have entered into a long-term frame agreement for electricity supply. 2023. <https://www.fortum.com/media/2023/03/fortum-and-h2-green-steel-have-entered-long-term-frame-agreement-electricity-supply>
- 23 生态环境部办公厅,《关于做好2023—2025年部分重点行业企业温室气体排放报告与核查工作的通知》, 2023. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202310/t20231018_1043427.html
- 24 中国人民银行,《绿色债券认可项目目录(2021年版)》,2021, <http://www.pbc.gov.cn/goutongjiaoliu/113456/113469/4236341/2021042115215612655.pdf>
- 25 北京绿色金融与可持续发展研究院,保尔森基金会,金融科技推动中国绿色金融发展:案例与展望2023, 2023, https://paulsoninstitute.org.cn/wp-content/uploads/2023/10/2023-Fintech-Report_Full-Report_Final.pdf
- 26 平安证券,构筑双碳战略的金融基石——2022年度绿色金融发展报告,2022, https://pdf.dfcfw.com/pdf/H3_AP202212301581512408_1.pdf?1672392836000.pdf
- 27 浙商证券,“双碳”背景下的绿色金融——商业银行的作为与担当,2022, https://pdf.dfcfw.com/pdf/H3_AP202202141546915576_1.pdf
- 28 马睿睿. 绿色债券融资与钢铁企业绿色转型[D].大连理工大学, 2022. DOI:10.26991/d.cnki.gdllu.2021.003691.
- 29 SBTi, Steel Science-Based Target-Setting Tool, 2023. <https://sciencebasedtargets.org/resources/files/SBTi-Steel-Target-Setting-Tool.xlsx>

落基山研究所，加速中国工业深度降碳之钢铁企业气候行动要点，2024，<https://rmi.org.cn/insights/accelerating-industrial-decarbonization-in-china-key-climate-actions-for-iron-and-steel-companies/>

RMI 重视合作，旨在通过分享知识和见解来加速能源转型。因此，我们允许感兴趣的各方通过知识共享 CC BY-SA 4.0 许可参考、分享和引用我们的工作。<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



除特别注明，本报告中所有图片均来自iStock。



RMI Innovation Center

228 Two Rivers Road
Basalt, CO 81621

www.rmi.org

©2024年6月，落基山研究所版权所有。

Rocky Mountain Institute和RMI是落基山研究所的注册商标。