



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

李抒苒

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

李抒苒, 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

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

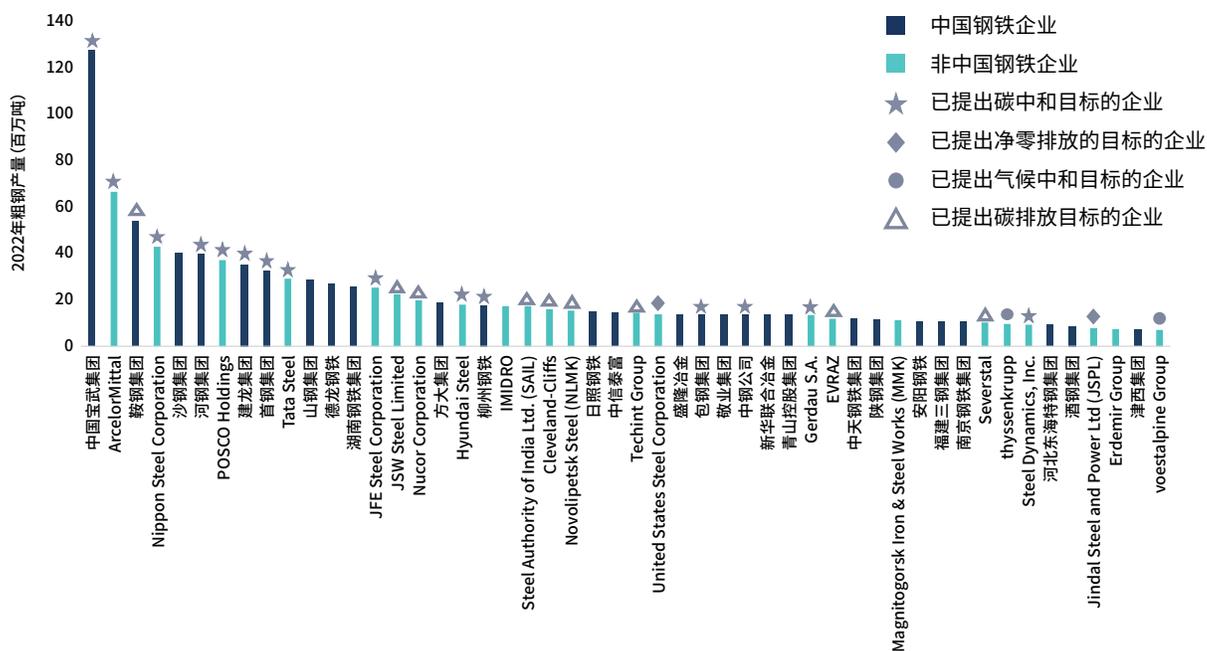
执行摘要

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。

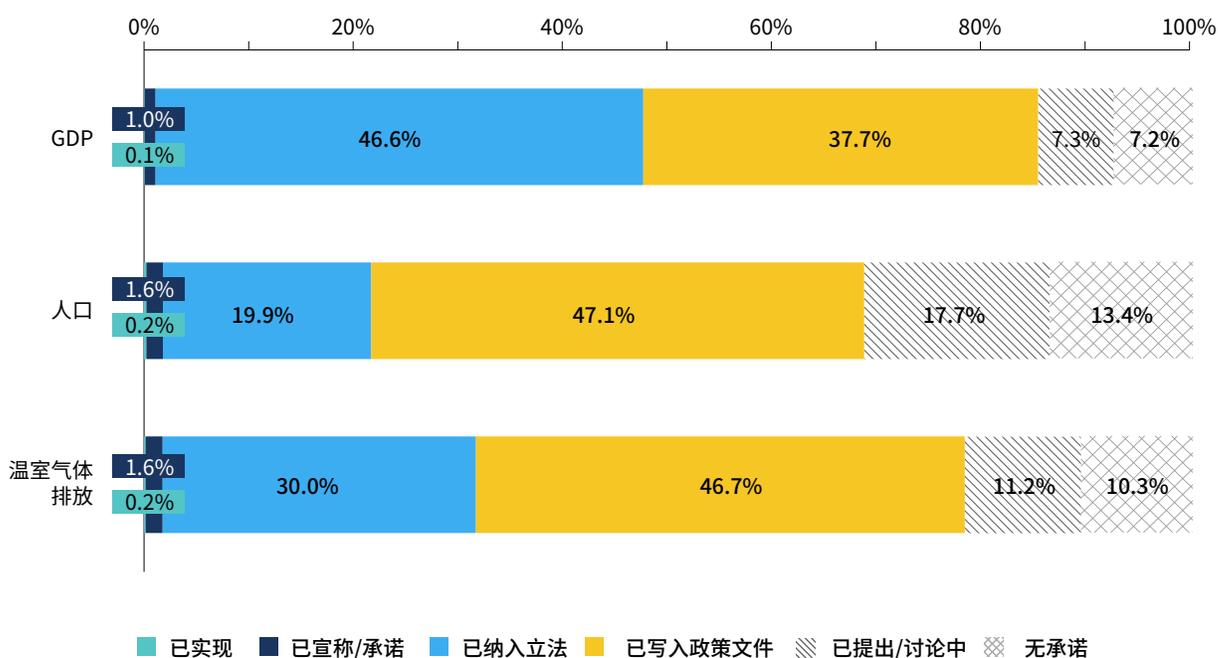
本报告以全球碳中和趋势和先行经验为切入点，并分析了现有准则下的实践和市场机制。中国钢铁行业可以此为参考，助力我国钢铁企业制定与国家气候目标相一致的战略。

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

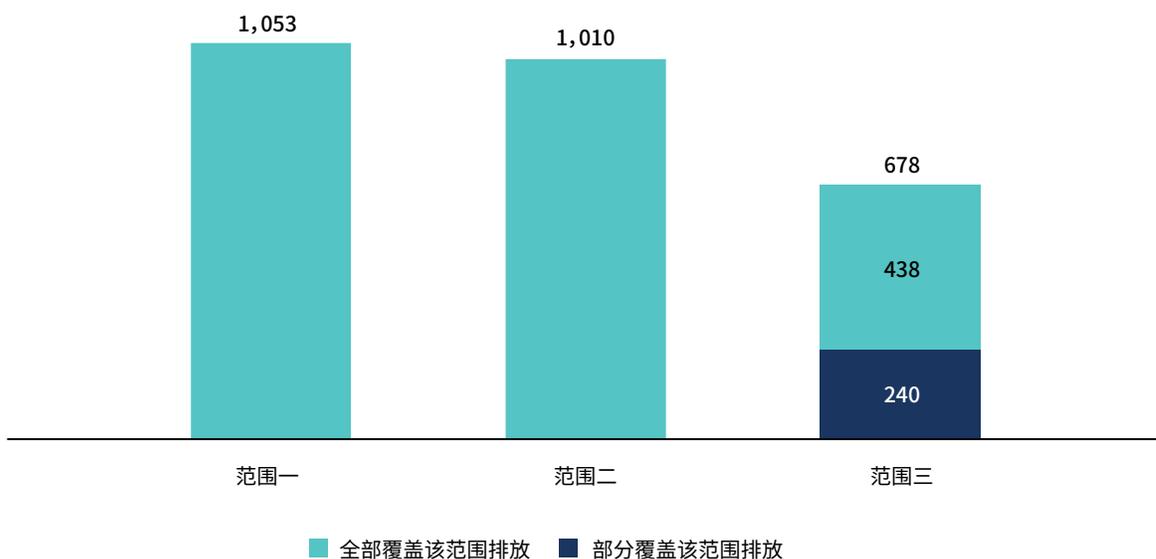


来源: Net Zero Tracker (数据截至2023年9月)

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个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

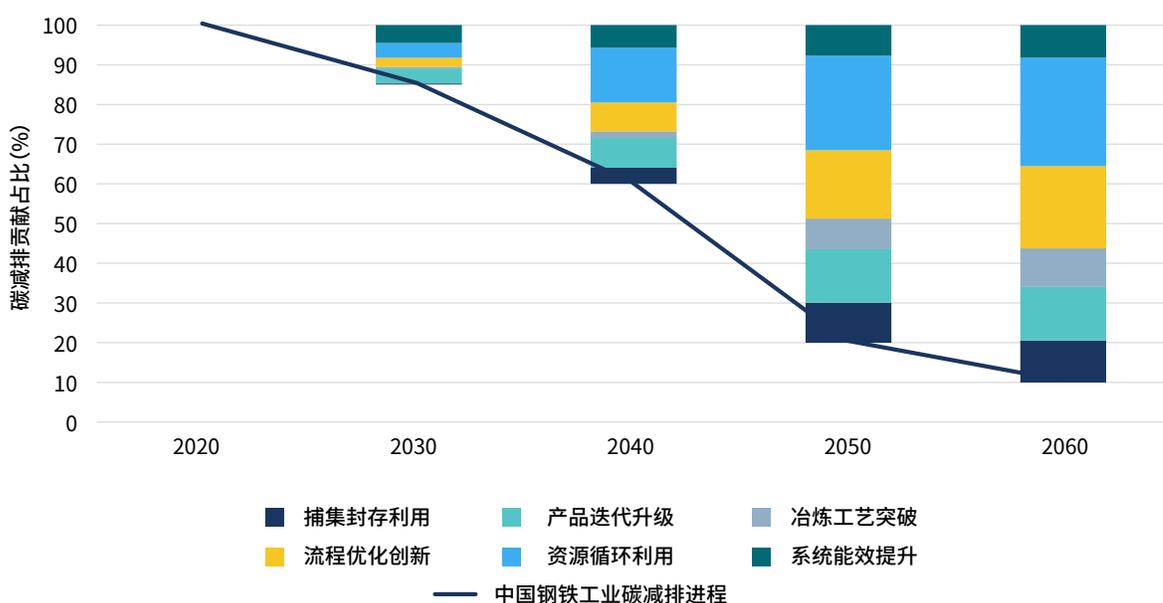
来源: UTS, SBTi, MPP

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：

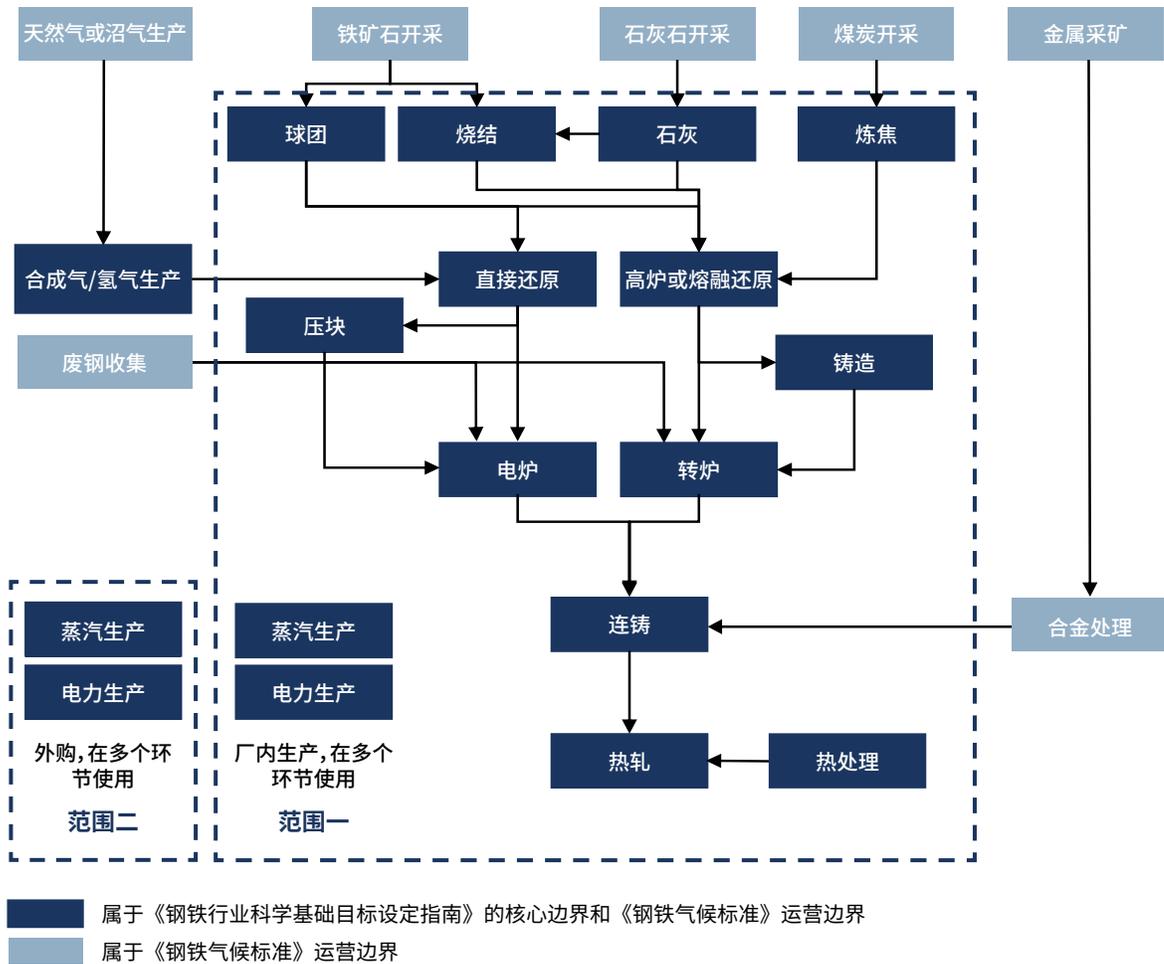
- 核算边界方面，《钢铁行业科学基础目标设定指南》有核心边界（core boundary）和范围一二三核算边界，适用于不同的目标设定方法。对比其核心边界和《钢铁气候标准》的运营边界，它们都涵盖了钢铁生产的主要环节（无论外购与否），但对于是否纳入上游生产环节体现出差异，具体如图表7所示。《钢铁气候标准》涵盖上游范围三排放的所有环节，包括煤炭、铁矿石、天然气和石灰石的开采生产加工过程等，而《钢铁行业科学基础目标设定指南》仅纳入了生产合成气/氢气环节的排放。
- 技术路线的考虑方面，《钢铁行业科学基础目标设定指南》考虑到了钢铁生产的两种技术路线，即基于铁矿石的长流程炼钢和基于废钢循环利用的短流程炼钢，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

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/138134131060006102>