



中国钢铁行业绿电消费的 进程、挑战与建议

合作单位：

清华四川能源互联网研究院

研究团队：

郑颖 | 清华苏州环境创新研究院天工智库中心 特聘研究员

黄涵榕、吕歆、谢雯雯、唐大旻 | 绿色和平

编辑：

王昕楠、王赫

鸣谢：

蔡元纪 | 清华四川能源互联网研究院

王康 | 碳中和五十人论坛特邀研究员

王立 | 气候转型亚洲

徐征

岳昊 | 国网冀北电力有限公司经济技术研究院

张光明 | 冶金工业信息标准研究院

张晗星 | 清华四川能源互联网研究院

张苗 | 能源转型和电力市场顾问

张琦 | 东北大学低碳钢铁前沿技术研究院

给与的专家建议与指导

(按姓氏首字母顺序排序)

感谢绿色和平鲍琼、贾天夏、李星宇、刘君言、马倩儒、夏怡雯、羊润锦、雍容给与本报告的帮助

感谢颜松鸿、刘宇呈秋对本报告的帮助

目录

执行摘要	04
主要发现	04
第一章 中国钢铁行业绿电消费提速	06
第二章 钢铁行业绿色电力消费关键动因	09
2.1 政策导向与合规要求	09
2.2 补贴与激励手段	10
2.3 下游客户低碳需求	13
2.4 企业自身可持续发展规划	14
第三章 路径与实践：钢铁企业绿电消费模式分析	15
3.1 绿色电力交易	15
3.2 绿证交易	18
3.3 自建/投资新能源项目	19
第四章 展望	22
4.1 钢铁行业绿电消费的机遇与长期价值	22
4.2 钢铁行业绿电消费的挑战	24
4.3 建议	25



执行摘要

2025年9月，中国国家主席习近平在联合国气候变化峰会发表视频致辞，宣布中国新一轮国家自主贡献目标，包括“到2035年，中国全经济范围温室气体净排放量比峰值下降7%-10%，力争做得更好”，这是中国首次提出覆盖全经济范围、包括所有温室气体的绝对量减排目标^{1,2}。随着新一轮国家自主贡献目标的推进，作为工业部门中能耗和碳排放最密集的行业之一，钢铁行业的绿色低碳转型，将有力助推中国实现减排目标。

用能电气化和用电绿色化，是钢铁行业转型的重中之重，近年来，中国将目光投向钢铁行业用能结构转型的机制建设，通过明确钢铁行业绿色电力消费比例要求³等措施，促进钢铁行业绿色电力消费水平的提升。

基于此，研究团队结合文献研究与专家交流，梳理中国钢铁企业绿电消费的必要性、驱动力和实践案例，为更广泛的钢铁企业开展绿电消费提供经验借鉴。同时，报告探讨了钢铁行业绿电消费的机遇与长期价值，以及企业在开展绿电消费过程中遇到的挑战，并提出政策建议和企业建议，以全面激发钢铁企业绿电消费潜力。

主要发现

1. 多重因素驱动中国钢铁行业布局绿电消费：

当前，钢铁企业一方面受到直接的驱动因素开展绿电消费，包括面向具体行业的绿色电力强制消费要求、激励企业参与绿色电力消费的补贴方案、金融支持等，另一方面，未来的政策导向和行业发展趋势同样成为企业未雨绸缪，布局可再生能源的间接驱动因素。

表1 钢铁行业绿电消费的外部关键动因

	合规要求	激励手段
直接驱动因素	- 能耗双控转向碳排放双控 - 重点用能行业绿色电力消费比例要求	- 部分地方有关企业绿电消费补贴政策/方案 - 部分地方支持钢铁等行业企业绿电直连项目申报 - 部分地方转型金融工作指引和活动目录引导钢铁行业发展可再生能源
间接驱动因素	下游客户的全生命周期与供应链减碳管理	部分地方零碳园区建设的补贴政策/方案

2. 本报告参考了以龙头钢铁企业为主的绿色电力消费案例，主要涵盖了绿色电力交易、绿证交易、自建或投资新能源项目三种消费模式：

表2 绿色电力交易、绿证交易、自建或投资新能源项目的模式分析

	绿色电力交易	绿证交易	自建/投资新能源项目
成本与财务	无初始投资成本，同时锁定电力供应和环境价值；部分地区能够享受补贴 长期来看，企业可通过长期合同锁定电价，对冲未来潜在的电价波动风险	无初始投资成本，部分地区能够享受补贴	自建自投项目初始成本高，长期来看结合企业用能管理，可优化企业用能成本
技术要求	企业需要具备一定的能源管理能力和电力市场参与能力	交易方式灵活、简单	对企业系统规划和运营能力要求高
绿色权益保障	大部分满足海内外的政策和绿色合规要求，在发电企业与用户直接签订绿电交易合同的模式中，若交易执行模式能满足未来欧盟碳边境调节机制的相关要求，双边直签的绿电交易结果或在CBAM框架下可被用于核算实际的间接排放	基本满足海内外的政策和绿色合规要求，在部分应用场景中优先级较为靠后	大部分满足海内外的政策和绿色合规要求，CBAM等国际规则认可物理直连的绿电消费模式
长期发展趋势	绿色电力交易规模持续扩大，未来有望进一步满足钢铁企业跨区跨省交易需求	若长期绿证价格走高，企业的绿色用电成本或将继续增长	长期来看，将持续引导以负荷为核心的新能源就近消纳模式

注：本研究基于用电企业参与电源侧投资建设的前提下探讨新能源就近消纳模式，并归类于自建/投资新能源项目。

政策建议：为进一步提升钢铁企业消费绿电的积极性，报告建议：

- （1）持续完善钢铁企业绿电消费的激励手段，激发企业绿电消费的参与热情。
- （2）推动产业链上下游建立绿色电力消费共识，引导绿电成本疏导。
- （3）促进钢铁行业相关的绿电消费机制衔接与落地，提升绿电消费价值。

企业行动建议：面对日益清晰的政策合规导向，叠加绿电市场快速发展的有利条件，放眼于钢铁企业长期低碳转型，报告建议：

- （1）根据企业自身情况，设定绿电消费目标，建立多元化绿电消费战略。
- （2）提升自身用能管理水平，密切跟踪政策和市场趋势。
- （3）推动产业链上下游协同发展，释放绿电消费价值。
- （4）推进技术升级，促进绿电与钢铁生产核心工艺耦合。



第一章 中国钢铁行业绿电消费提速

注：本研究探讨的绿电消费是指以可再生能源电力为标的的消费行为，根据《中华人民共和国可再生能源法》⁴，可再生能源是指风能、太阳能、水能、生物质能、地热能、海洋能等非化石能源。以风电、光伏为主的“非水可再生能源”，研究主要以“新能源”的概念进行表述。

2025年是中国提出“双碳”目标的五周年，也是“十四五”规划的收官之年。“十四五”期间，国家层面围绕钢铁行业提升能效水平、增加短流程炼钢占比、提高终端用能电气化水平等重点措施出台了一系列文件，鼓励钢铁行业积极探索可再生能源替代、氢冶金技术等技术应用，以提升钢铁行业低碳转型成效与能力。

着眼于钢铁行业低碳转型的大方向与清晰的目标指引，钢铁企业纷纷作出响应。“十四五”以来，中国宝武钢铁集团⁵、河钢集团⁶、首钢集团⁷等相继提出具体的碳中和时间线与路线图。钢铁行业作为典型高载能部门，积极向绿色低碳方向转型，在产业规划和企业行动多方面践行“双碳”战略。

展望“十五五”，可再生能源与钢铁行业的协同优化将进一步拓展二者的深度耦合空间：一方面，绿电消费将有助于推动钢铁行业迈向深度脱碳和结构性转型；另一方面，钢铁行业提高绿电消费比例，将进一步支持中国可再生能源的高效消纳。总体来看，可再生能源发展和钢铁行业的互动主要体现在以下两个方面。

1. 从宏观政策及行业发展趋势来看，中国可再生能源发展与钢铁行业绿电消费相辅相成、共同发展。

中国钢铁生产以“高炉-转炉”长流程炼钢（以下简称“长流程炼钢”）为主，约占粗钢总产量的90%⁸，“废钢-电炉”短流程炼钢（以下简称“短流程炼钢”）占比为10%⁹。因此，中国钢铁行业目前的能源消费以煤炭为主，其次是电力、石油、天然气等其他能源，长流程生产企业电力消耗占企业总能耗约为10%，短流程生产企业电力消耗占比在20%-70%¹⁰。2024年5月，国务院发布《2024-2025年节能降碳行动方案》（国发〔2024〕12号），提出到2025年底，电炉钢产量占粗钢总产量比例力争提升至15%¹¹。

钢铁行业的电力需求尤为重要。2023年，中国钢铁行业的用电量超过4,000亿千瓦时¹²，根据预测，叠加行业碳中和目标，钢铁行业的电力需求到2030年将超过4,400亿千瓦时，接近法国2023年全年用电需求，到2060年预计将超过5,100亿千瓦时，几乎与德国2023年全年用电需求持平^{13,14}，绿电消费成为钢铁行业管理碳足迹的重要手段。

面对潜在的绿电需求，持续增长的可再生能源装机容量和不断健全完善的绿色电力消费机制将为钢铁行业消费绿电提供有力支撑。截至2024年底，中国可再生能源装机达到18.89亿千瓦，发电量达3.46万亿千瓦时¹⁵。2021年9月，绿色电力交易试点正式启动¹⁶，此后，2023年8月，国家发展改革委等部门发布《关于做好可再生能源绿色电力证书全覆盖工作 促进可再生能源电力消费的通知》（发改能源〔2023〕1044号）¹⁷，实现绿证核发全覆盖。

中国迅速发展的绿色电力市场为行业需求提供了良好的支持，而可再生能源的规模化发展更有赖于健全的市场机制与广泛的市场需求。需求侧的持续扩容，尤其是来自钢铁等高载能行业用电需求，将为可再生能源提供稳定、可预期的消纳保障，从而助力可再生能源持续的发展。

2. 从具体转型路径来看，结合现阶段钢铁行业“长短结合”的生产特性，绿色电力具备多重应用场景。

电力消费贯穿在钢铁生产流程中的多个工艺步骤，使用绿电为行业提供了多元化的脱碳路径。无论是传统长流程炼钢还是日益发展的短流程炼钢，绿电均具备良好的应用空间。

长流程炼钢主要包括烧结、高炉炼铁、转炉炼钢等环节。尽管长流程炼钢的生产过程中会消耗大量的化石能源作为还原剂和热源，但电力在整个过程中同样扮演重要角色。通常来说，长流程炼钢吨钢电耗为200~400千瓦时¹⁸，从内部工序来看，转炉和轧制环节的电力消费占比相对较高，烧结/球团、焦化、高炉等环节也会产生电力消费¹⁹。

目前，长流程炼钢可对传统生产工序、设备开展电气化发展²⁰，如高炉汽动鼓风改为电动鼓风²¹、电加热装置替代富裕煤气加热²²等，在此基础上能够进一步使用绿电，降低碳排放。

相较于长流程炼钢，**短流程炼钢**省掉了焦化、烧结、高炉炼铁等铁前工序，直接利用废钢在电弧炉²³中进行冶

炼，因此，电力消费是短流程炼钢主要能源消费形式，吨钢电耗约为500千瓦时²⁴，在生产工序中，电力消费主要集中在电炉炼钢和轧制环节²⁵。短流程炼钢对电力消费的需求较高，绿电消费的潜力可观，通过提高绿电应用比例，短流程炼钢有望实现显著的减排成效。

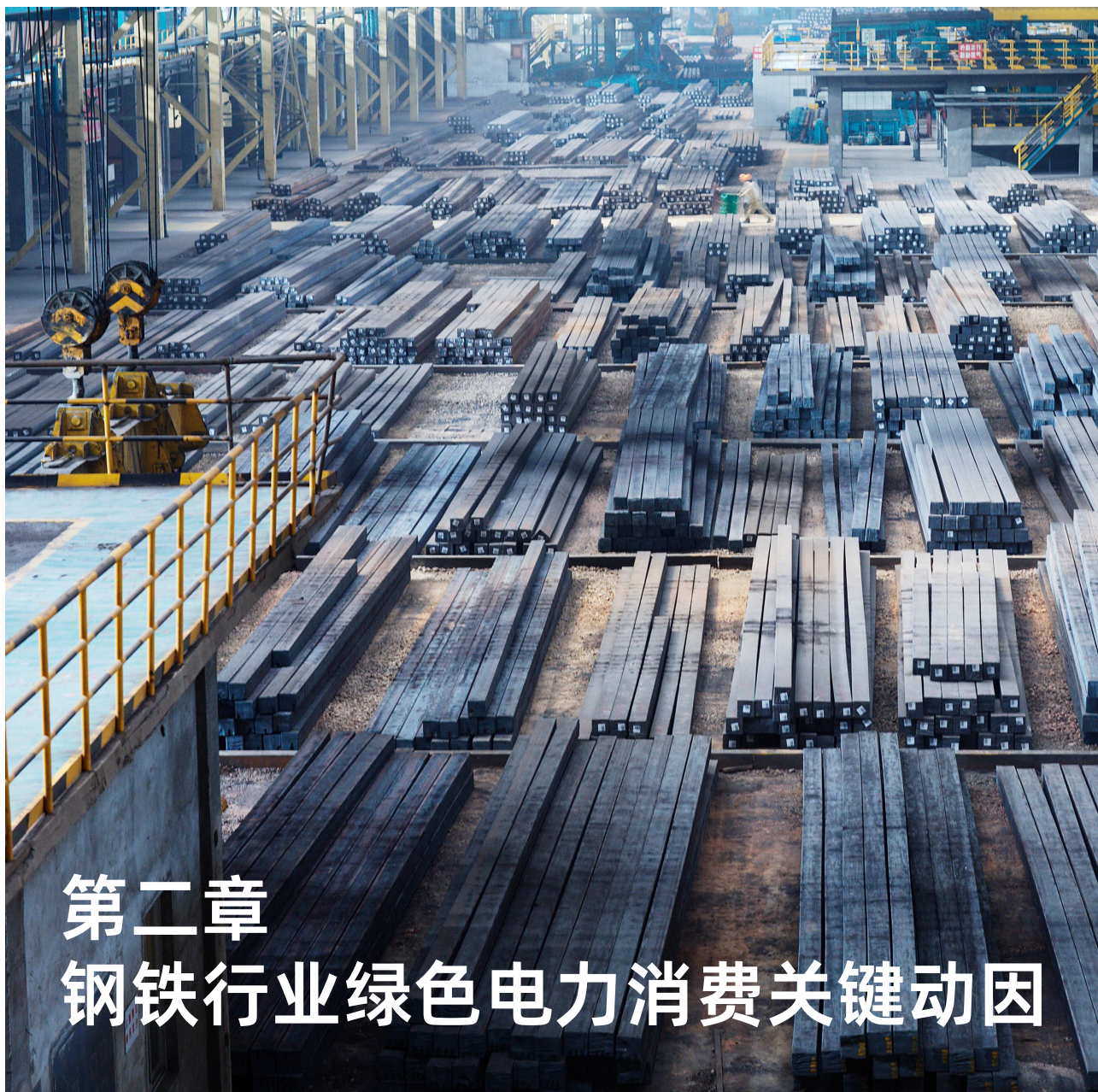
在长流程、短流程炼钢的用电环节进行绿电替代外，氢冶金技术的应用也将形成“绿电-绿氢-低碳冶金”的间接脱碳链条。钢铁行业，尤其是长流程炼钢减排的难点之一在于依赖化石能源作为还原剂与热源，通过绿氢冶金技术，即在炼铁环节以可再生能源制备的氢气替代传统碳基能源作为主要还原剂²⁶，并部分承担加热功能，可降低工艺对煤焦的结构性依赖，将成为钢铁行业实现深度脱碳的有效解决方案。

当前，主流的氢冶金技术在钢铁生产中均已发展出不同的应用方式：在长流程工艺路线中，高炉富氢冶炼工艺利用氢气或富氢气体替代部分高碳排还原剂；或通过氢基还原反应直接还原铁矿石，形成直接还原铁，再进入电弧炉冶炼成钢。可以看到，氢气作为钢铁生产过程中有效的清洁还原剂之一，将在钢铁行业脱碳路径中扮演越来越重要的角色。

近年来，国家政策中多次提到加快推进氢冶金技术的发展，现阶段，氢冶金使用的氢气以煤制氢、工业副产氢等“灰氢”为主²⁷，通过推动可再生能源制氢可进一步实现产业链深度脱碳的长期目标。

表3 可再生能源在钢铁产业生产工艺/技术中的潜在应用方向

序号	生产工艺/技术	可再生能源潜在应用方向
1	长流程炼钢	在已有电力消费之外，可进一步对生产工序、设备进行电气化发展，如高炉汽动鼓风改为电动鼓风、电加热装置替代富裕煤气加热等，并使用绿电。
2	短流程炼钢	可在电炉炼钢和轧制等环节进行绿电替代。
3	氢冶金技术	推动可再生能源制氢，应用在高炉富氢冶炼工艺、氢直接还原铁等。



第二章 钢铁行业绿色电力消费关键动因

钢铁行业通过消费绿电，实现电能替代与原料替代，展现了行业低碳转型的力度与决心。在这一背景下，政策、市场等正通过直接或间接的方式影响着钢铁企业的绿电消费决策。

2.1 政策导向与合规要求

提高钢铁行业的绿电消费水平，是中国实现绿色低碳发展的重点工作之一。

在能耗双控制度实施阶段，钢铁行业作为高载能行业，主要通过去产能、去杠杆、绿色电力消费等工作，减少化石能源消耗，提高可再生能源消费占比，以响应能耗双控目标。“十五五”时期，中国将在全国范围实施碳排放双控制度。2024年7月，国务院办公厅印发《加快构建碳排放双控制度体系工作方案》（国办发〔2024〕39

号)²⁸，文件对钢铁行业在碳排放双控体系中的重点任务和工作方向做出了系统部署。

进入2025年后，能源、工业等主管部门又分别进一步对钢铁行业的绿色电力消费制定相关政策要求。

能源政策方面，钢铁行业已被纳入国家绿色电力强制消费行业。2025年3月，国家发展改革委等五部门发布的《关于促进可再生能源绿色电力证书市场高质量发展的意见》（发改能源〔2025〕262号）指出，加快提升钢铁、有色、建材、石化、化工等行业企业和数据中心，以及其他重点用能单位和行业的绿色电力消费比例，到2030年原则上不低于全国可再生能源电力总量消纳责任权重平均水平²⁹，2025年7月，国家发改委、国家能源局正式提出对钢铁行业的绿电消费比例要求，2025年绿色电力消费比例完成情况只监测不考核³⁰。

工业政策方面，2025年9月，工信部等五部门联合印发的《钢铁行业稳增长工作方案（2025 - 2026年）》（工信部联原〔2025〕171号）指出，加快推进绿电、绿氢、纯氢冶金一体化工艺技术和装备中试验证和产业化³¹。相关政策的提出，将进一步协同推动提升钢铁行业的绿电消费需求。

从2026年起，中国将进入实现碳达峰目标的冲刺期和实现期³²，我们预计相关部门将在原有的政策基础上，围绕钢铁行业的绿色电力消费和非化石能源使用等重点工作，出台更加明确、细化的指导与要求，以更好支撑碳排放双控制度的实施，保障中国碳达峰目标顺利实现。

2.2 补贴与激励手段

相关部门和金融机构正在积极探索，通过补贴或转型金融等多种方式，引导钢铁企业提高绿电消费水平。

1. 绿电消费补贴或奖励机会增多，直接激励企业参与绿色电力消费。

据统计，电力成本约占钢铁企业生产成本的10%³³。虽然钢铁企业的电力成本占比总体不高，但部分地区积极为企业绿电消费给予补贴等因素或将成为当地钢铁企业参与绿电消费的动力之一。

目前，部分地区已出台针对企业绿电消费的补贴或奖励方案/政策，以直接鼓励电力用户参与绿电消费（如表4所示）。此外，2025年5月，中共陕西省委办公厅、陕西省人民政府办公厅发布的《陕西省进一步促进民营经济高质量发展“七大行动”实施方案》（陕办发〔2025〕6号）明确指出，支持钢铁、有色、建材、石化、化工等行业和数据中心民营企业自行或委托售电公司与新能源发电企业签订中长期绿电购售协议³⁴。

表4 部分城市有关企业绿电消费的补贴或奖励方案/政策

日期	地区	文件名	相关内容
2024.12	北京市	《北京市2025年绿色电力交易方案》 ³⁵	对参与绿色电力交易的电力用户按绿色电力交易结算电量给予每度电0.02元的奖励。
2024.12	无锡市	《无锡市绿电绿证工作推进方案》 ³⁶	支持企业参与绿电绿证交易，对符合条件的企业绿电绿证消费，市区两级按照不超过其绿电交易中绿电环境价值费用的50%、绿证交易总额的15%予以补助，单个企业年度补助资金最高50万元、奖励资助不超过3年。
2025.02	常州市	《进一步支持企业创新发展的若干政策》 ³⁷	支持企业绿色电力消费，按不超过绿电交易价格中所含的绿色电力环境价值费用的50%予以支持，单个企业最高10万元。

在参与绿色电力交易之外，企业同样可通过建设零碳园区项目获得资金激励，常州、南通等地均出台了对零碳园区建设的相关支持政策。

表5 部分城市建设零碳园区的补贴方案/政策

日期	地区	文件名	相关内容
2025.02	常州市	《进一步支持企业创新发展的若干政策》 ³⁸	对列入市近零碳园区试点计划的园区，最高支持50万元。对完成试点创建并通过验收的近零碳示范园区，最高支持50万元。对新认定的省级及以上零碳工厂、零碳工业园区，最高支持100万元；对新认定的市级近零碳工厂，最高支持50万元。
2025.03	南通市	《南通市（近）零碳试点奖补政策实施细则》 ³⁹	对纳入首批南通市（近）零碳试点产业园区，验收合格后给予不超过80万元的一次性建设补助。

2025年7月，国家发展改革委等三部门发布的《关于开展零碳园区建设的通知》（发改环资〔2025〕910号）（以下简称“910”号文）提到鼓励企业建设极致能效工厂、零碳工厂，加强园区及周边可再生能源开发利用、鼓励参与绿证绿电交易等，并在《零碳园区碳排放核算方法（试行）》中指出，园区用电应优先通过绿色电力直接供应满足，原则上直接供应比例不低于50%⁴⁰，从国家政策层面明确了对零碳园区的支持与要求。

在国家政策发布前，已有不少企业进行了相关探索，如宝武钢铁集团已在试点建设“零碳示范工厂”项目⁴¹，以推动自身绿色低碳转型发展。着眼未来，若钢铁企业在零碳园区进行生产经营，将有望获得更多针对零碳园区的政策支持。

此外，针对绿电直连的形式，910号文提到，因地制宜发展绿电直连、新能源就近接入增量配电网等绿色电力直接供应模式；2025年8月，河北省发展和改革委员会《关于组织开展绿电直连项目申报工作的通知》（冀发改能源[2025]879号）在申报要求中指出，优先支持算力、钢铁、水泥、化工、制氢、锂离子电池制造、生物医药等重点行业企业申报⁴²，钢铁企业若参与绿电直连项目，有望在相关政策中获得更多支持。

2. 转型金融支持减轻钢铁企业绿色转型成本压力，直接鼓励钢铁企业参与绿电消费。

除了上述政策，各地也通过金融工具创新引导钢铁行业向绿电消费、短流程冶炼等低碳路径转型。具体措施包括——可再生能源开始被纳入地方转型金融工作指引和活动目录，涵盖可再生能源发电设施建设、提高清洁能源使用比例等方向；通过金融方式扶持钢铁企业进行电气化水平提升与绿氢冶金项目实施，帮助企业提前布局可再生能源并优化融资结构。

表6 部分省/市针对钢铁行业使用可再生能源、提高电气化水平等的转型金融相关文件

日期	地区	文件名	相关内容
2025.04	河北省	《河北省钢铁行业转型金融工作指引（2025 年版）》 ⁴³	- 河北省钢铁行业转型金融重点支持有利于钢铁行业降碳的经济活动，支持对象包括钢铁企业、废钢铁加工企业和采购使用低碳排放钢铁产品的下游企业。 《河北省钢铁行业转型金融支持经济活动目录（2025年版）》中，实现清洁能源替代的路径包括储热调峰、分布式光伏发电技术、风力发电设施建设和运营，以及可再生能源制氢气和氧气用于钢铁冶炼。
2023.07	湖州市	《湖州市转型金融支持活动目录（2023年版 试行）》 ⁴⁴	针对黑色金属冶炼和压延加工业⁴⁵： - 加强用能结构低碳转型，鼓励企业微电网建设，加快厂房光伏、分布式风电、多元储能等一体化系统开发运行，提高天然气和电使用比例，积极消纳风光等可再生能源，提高清洁能源使用比。 - 提高终端用能装备电气化水平，主要指终端用能设备从化石能源供能向直接电能驱动转变，增加企业用电比例，借助区域电力结构清洁化实现企业降碳，如发展电炉钢、电加热炉等电冶金技术和设备。

2.3 下游客户低碳需求

从全生命周期管理的角度来看，包括汽车、建筑等在内的钢铁行业关键下游领域也面临低碳转型需求，而其对低碳排放钢材的潜在需求，以及由此引发的供应链责任传导机制，将一定程度影响钢铁企业的能源消费结构。

建筑业在中国钢铁行业下游产业链中占据主要地位。2023年，中国建筑业用钢量达4.8亿吨，占比超过全国粗钢表观消费量的一半⁴⁶。2024年12月，超10家房地产开发商参与发起《关于中国房地产低碳排放钢的合作声明》，以推动低碳排放钢材在房地产行业的应用⁴⁷。

汽车行业同样是钢铁的关键下游行业之一，2023年，中国汽车制造业总用钢量约5,777万吨，钢材在汽车各材料消费占比60%-70%⁴⁸。目前，汽车制造业正在积极推动供应链绿色低碳转型，以实现产业上下游共同减排。一些汽车企业已加入科学碳目标倡议（SBTi）/设立减排目标，而减排目标会直接或者间接推动钢铁企业购买可再生能源（如表7所示）。

表7 车企供应链减排相关目标/要求及与钢铁企业合作情况（部分）

企业	企业目标	与钢铁企业合作情况
宝马集团	到2030年平均单车全生命周期碳排放降低40%（较2019年） ⁴⁹ 。宝马将使用100%可再生电力制造未来产品作为直接（一级）供应商被提名的重要条件 ⁵⁰ 。	与河钢集团签署《打造绿色低碳钢铁供应链合作备忘录》，自2026年起，宝马沈阳生产基地开始在整车量产过程中使用河钢生产的绿色汽车用钢 ⁵¹ 。
梅赛德斯-奔驰集团中国	最晚到2039年，新乘用车产品阵容在整个价值链和车辆整个生命周期内实现净碳中和 ⁵² 。	北京奔驰与宝钢股份签署《打造低碳绿色钢铁供应链合作备忘录》，从2026年起，宝钢股份给北京奔驰提供车辆用钢的碳排放强度将逐步降低50%-80%；随后还将进一步提供减碳95%的绿钢 ⁵³ 。
一汽-大众	2030年，实现全生命周期产品碳排放下降29%（较2018年） ⁵⁴ 。	与宝钢股份签署《一汽-大众与宝钢股份低碳“绿钢”合作备忘录》，到2030年实现宝钢供货所有自制件100%使用“绿钢”材料 ⁵⁵ 。

信息来源：企业官方报告、企业官网、企业官方微信公众号

钢铁企业作为多个下游行业的关键供应商，其绿电消费水平将一定程度影响下游行业的绿色低碳目标；下游客户对于低碳排放钢/“绿钢”的需求也将倒逼钢铁企业加快相关产品的生产，若进一步引导可再生能源成为低碳排放钢/“绿钢”的关键指标，“需求影响供给”的机制将推动钢企在生产过程中主动增加绿电消费。当前，

中国钢铁工业协会《低碳排放钢评价方法》提出，低碳排放钢证书应披露绿电使用比例⁵⁶，相关评价标准的制定将进一步激发钢铁企业消费绿电的意愿。

除了建筑、汽车行业是钢铁产品的主要需求方，在数据中心行业，钢材也被广泛用于制造服务器机架、机柜及其他精密IT设备⁵⁷，是科技企业建设数据中心的关键材料。包括谷歌、Meta、微软等海外头部科技公司已加入可持续钢铁买家平台（Sustainable Steel Buyers Platform, SSBP），旨在促进北美低排放钢铁采购⁵⁸；其中，针对一个在建的数据中心，Meta计划与使用100%可再生能源进行钢材生产的供应商进行合作⁵⁹，从钢铁需求方发出采购“净零排放钢”的市场信号，倒逼供应端减碳。

2.4 企业自身可持续发展规划

通过梳理世界钢铁协会2024年主要钢铁公司产量排名中靠前的中国钢铁企业的官方报告、官网等，研究发现，在“双碳”目标驱动下，多家钢铁企业制定了企业总量减排目标，有企业进一步为可再生能源设定专项指标（如表8所示）。通过设置自身的绿电消费及发展目标，有助于中国钢铁企业树立良好的可持续发展形象，为中国钢铁企业未来在全球市场的发展赢得更强的绿色竞争力。

表8 中国钢铁企业绿色发展相关目标（部分）

企业	绿色发展相关目标
鞍钢集团	2025年前实现碳排放总量达峰；2030年实现前沿低碳冶金技术产业化突破，深度降碳工艺大规模推广应用，力争2035年碳排放总量较峰值降低30%，持续发展低碳冶金技术，成为我国钢铁行业首批实现碳中和的大型钢铁企业 ⁶⁰ 。
宝武集团	“十四五”锁定绿能资源50GW、建设不少于8GW，中远期2035年锁定资源600GW、建设不少于70GW（按50%自备） ⁶¹ ；2025年具备减碳30%工艺技术能力，2035年力争减碳30%，力争2050年实现碳中和 ⁶² 。
河钢集团	计划2025年将建成350MW可再生能源项目；2025年碳排放总量较峰值降低10%以上，2030年较峰值降低30%以上，力争2050年实现碳中和 ⁶³ 。
南钢股份	第一步：深度降耗阶段（2021年-2030年）：实现总能耗持平、能耗强度下降和新能源布局。 第二步：电气化阶段（2031年-2035年）：逐步实现炼钢长流程改短流程、新能源占比达到30%以上。 第三步：深度脱碳阶段（2036年-2050年）：深度脱碳及“碳中和”阶段，实现新技术成熟循环应用，新能源全面普及 ⁶⁴ 。
首钢集团	到2025年，吨钢综合能耗降低2%以上，力争实现碳达峰；到2035年，力争实现二氧化碳排放量较峰值降低30%；2050–2060年，成为实现碳中和第一梯队的大型钢铁企业 ⁶⁵ 。

信息来源：企业官方报告、企业官网、企业官方微信公众号



第三章 路径与实践：钢铁企业绿电消费 模式分析

面对来自合规、成本、市场等直接或间接的驱动力，近年来，部分中国钢铁企业已在积极布局各类绿电消费模式，推动行业绿色低碳转型，助力“双碳”目标的实现。本小节梳理了中国头部钢铁企业公开披露的相关绿电消费案例，企业选取原则主要参考世界钢铁协会2024年主要钢铁公司产量排名⁶⁶。通过梳理参考案例，中国钢铁企业的绿电消费模式可主要分为三大类，分别是绿色电力交易、绿证交易、自建/投资新能源项目。

3.1 绿色电力交易

绿色电力交易即目前的“证电合一”模式，是指“以绿色电力和对应绿色电力环境价值为标的物的电力交易品种，交易电力同时提供国家核发的可再生能源绿色电力证书，用以满足发电企业、售电公司、电力用户等出售、购买绿色电力的需求”⁶⁷。绿色电力交易主要分为省内绿色电力交易和跨省区绿色电力交易，交易组织方式主要

包括双边协商和挂牌交易等，按照年（多年）、月（多月）、月内（旬、周、日滚动）等周期组织开展，同时鼓励发用双方签订多年期绿色电力购买协议⁶⁸。

优势

- 绿色电力交易同时锁定电力供应和环境价值，能够在满足企业对电力需求的同时，应对海内外绿色合规要求。绿电交易具备“证电合一”的特性，企业买家可以同时获得绿电电量和对应绿证。绿电交易结果通常可用于绿色电力消费比例要求核算、外购电力碳排放核算等场景。此外，在发电企业与用户直接签订绿电交易合同的模式中，若交易执行模式能满足未来欧盟碳边境调节机制（Carbon Border Adjustment Mechanism，CBAM）的相关要求，双边直签的绿电交易结果或在CBAM框架下可被用于核算实际的间接排放。
- 北京、常州等地区为参与绿电交易的企业提供补贴。

挑战

- 可再生能源资源富集地区与钢铁产业集中区域之间存在部分错配。中国钢铁生产集中在华北、华东地区，电炉钢生产力布局以东部沿海地区为主⁶⁹，2024年，河北、江苏、山东、辽宁、山西五省粗钢产量合计5.23亿吨，占全国总产量的比重达52%⁷⁰；可再生能源富集地主要在西北、西南、华北地区⁷¹，东中部的部分地区钢铁企业需要通过跨区跨省绿电交易以满足自身的大规模绿电消费需求。随着未来企业绿电消费需求的持续增加，跨区跨省绿电交易预计将从“补充性”逐步转向“支撑性”角色，如何进一步优化构建高效、公平、可持续发展的跨区跨省绿电交易体系，促进区域间资源互济，是未来政策设计的关键方向。

表9 中国钢铁企业参与绿色电力交易的实践案例（部分）

企业	交易时间	交易电量 (千瓦时)	减排效益	详情
宝钢股份	2024	超 19.16亿	/	2024年宝山基地全年完成绿电交易10.79亿千瓦时，青山基地完成绿电采购8亿千瓦时，钢铁项目外购可再生能源电量1,916,874兆瓦时 ⁷² 。
河钢集团	/	/	/	2024年度电力交易窗口期，河钢供应链钢铁碳电平台与8家绿电发电企业达成购买协议，购置绿电8.4亿千瓦时 ⁷³ 。
马钢股份	2022.09	2.76亿	/	2022年9月7日，马钢股份与国家电力投资集团有限公司安徽分公司达成绿色电力交易0.73亿千瓦时，与申能股份有限公司、安徽宏飞电力有限公司、神皖能源有限责任公司及中广核新能源安徽有限公司完成2.03亿千瓦时的绿电交易，单日累计交易规模达2.76亿千瓦时 ⁷⁴ 。

企业	交易时间	交易电量 (千瓦时)	减排效益	详情
马钢股份	2023.01-11	3.83亿	/	2023年6月，马钢股份与上海申能新能源投资有限公司、国家电投集团安徽海螺售电有限公司及中广核新能源安徽有限公司旗下8家新能源电厂完成首笔省内绿电交易，交易量为75,681兆瓦时 ⁷⁵ 。截至11月底，2023年已完成省间绿电交易2,028.4万千瓦时、省内绿电3.63亿千瓦时，合计3.83亿千瓦时 ⁷⁶ 。
太钢集团	/	不少于11亿	折合能源消费总量减量13.5万吨标煤、二氧化碳减排97.3万吨	2022年，太钢集团分别于同煤电力晋控新能源、华能山西华能新能源签订2022年绿电直接交易协议，协议约定2022年度绿电采购不少于11亿千瓦时，占外购总电量18% ⁷⁷ 。

信息来源：企业官方报告、企业官网、企业官方微信公众号、新闻媒体平台

购电协议：钢铁企业长期发力点

购电协议（Power Purchase Agreement, PPA），泛指电力用户和发电厂之间直接签署的电力采购合同，当前市场中的PPA以长期PPA为主，合同期限通常长达十至二十年。对于电力用户，PPA通过提供长期稳定的电量与价格预期，有助于对冲短期市场的波动风险；对于发电企业，PPA能够促进发电企业的可再生能源消纳，提供稳定的电价收入预期。对于有意向投资建设可再生能源项目的发电企业，PPA能够拓展项目的投融资渠道⁷⁸。

在全球范围内，PPA成为钢铁企业大规模采购可再生能源的主要方式之一，包括安赛乐米塔尔、塔塔集团、纽柯钢铁、克利夫兰-克利夫、蒂森克虏伯钢铁、钢动态在内的多家领先钢铁企业已经布局PPA，以风电、光伏项目为主⁷⁹。

中国倡导的多年期绿电交易与海外的PPA具有一定相似性，均能帮助企业稳定用电预期，保障新能源项目收入。目前，中国已有探索签署多年期协议的案例，在山东，已有钢铁企业探索与新能源发电企业签署长期购电协议，锁定低价绿电⁸⁰。

3.2 绿证交易

绿证交易，即只交易绿证而不交易电能量的“证电分离”模式，其交易标的仅为绿证，不包括电能量。用户通过购买绿证，获得所消费的可再生能源电力的环境属性。在《中华人民共和国能源法》⁸¹第三十四条中，提到“国家通过实施可再生能源绿色电力证书等制度建立绿色能源消费促进机制，鼓励能源用户优先使用可再生能源等清洁低碳能源”，是第一次在法律中明确了绿证与绿色能源消费促进机制之间的关系，为后续通过绿证在中国开展绿色能源消费促进机制建设奠定了法律基础。

优势

- 绿证能够满足钢铁企业面对的大部分政策及合规要求。随着中国绿证制度的持续优化，绿证已成为中国可再生能源电力消费基础凭证⁸²。从全球视角来看，国际倡议组织如RE100也已全面认可中国绿证⁸³，为中国企业可再生能源消费获得更多国际认可提供了支撑。
- 绿证交易较为灵活、简单，对于市场中的大部分用户均可操作。并且绿证交易不受地区和物理通道限制，可以实现全国流通。
- 无锡市⁸⁴、北京市延庆区⁸⁵等地区为企业绿证消费同样提供补贴。

挑战

- 若长期绿证价格走高，企业的绿色用电成本或会增长。随着能耗“双控”转向碳排放“双控”、重点用能行业绿电消费比例等政策进一步落地，各行业或在各履约周期前集中采购绿证完成合规目标，进而一定时期内会推高绿证市场需求。叠加各种因素，中国绿证价格在2024年短暂回调后出现转向，根据国家能源局数据显示，2025年9月，全国单独交易绿证4,410万个，交易平均价格为4.99元/个，相较于同年4月（2.31元/个），增长了一倍以上^{86,87,88}。对于钢铁企业而言，如何制定合理的中长期绿证交易策略，并在价格波动背景下优化交易成本，将成为新的成本管理挑战。
- 绿证交易在部分应用场景中优先级较为靠后。从市场反馈来看，目前虽然绿证交易、自发自用、PPA等方式都可用于大部分的绿电消费声明或认证，但从市场实践来看，部分企业出于自身的电力采购偏好和策略，更倾向于优先通过自发自用、PPA等模式满足绿电消费需求，而对采用绿证交易的方式进行绿电消费的优先级较为靠后。
- 绿证在部分国际规则中的使用场景尚不明确。欧盟近年来出台了与绿色贸易相关的政策，但在部分文件中，对于绿证的认可度并不明确，或不接受绿证作为电力消费证明工具，例如CBAM暂不认可绿证交易被用于计算企业间接排放⁸⁹，尽管CBAM目前仅覆盖钢铁行业的直接排放，但未来若扩大钢铁企业的核算范围，钢铁企业也将面临无法在CBAM核算中使用绿证的挑战。相关政策的不确定性，使部分钢铁企业在制定绿证采购策略时趋于谨慎。

表10 中国钢铁企业参与绿证交易的实践案例（部分）

企业	交易时间	电量品种	绿证交易量
宝钢股份	2022	/	10,000张，1,000万千瓦时 ⁹⁰
宝钢股份	2023	光伏	4,000张，400万千瓦时 ⁹¹

信息来源：企业官方报告

3.3 自建/投资新能源项目

注：本报告所讨论的自建/投资新能源项目是指企业自建或参与投资，以自发自用、购电协议或合同能源管理协议等方式明确新能源电力归属的项目。

自建或通过第三方合作投资建设新能源项目，是企业普遍尝试的绿电消费模式。钢铁企业生产基地通常拥有多样化的可利用空间类型，包括厂房屋顶、厂区闲置土地等区域，为部署分布式电站提供了合适的场所。

同时，钢铁企业在投资建设新能源电站的基础上，拓展建设绿电直连、源网荷储一体化、微电网、储能等模式与业务，助力新能源的消纳和高效利用。

优势

- 钢铁生产具有高能耗与连续性供能需求，通过自建或投资建设新能源电站实现电力自发自用，有利于提高钢铁企业的能源自主性。
- 在中国，自发自用项目申请获得暂不可交易绿证后，在应用上与可交易绿证没有区别⁹²；在国际上，CBAM⁹³等国际规则认可物理直连的绿电消费模式^{94,95}，RE100、SBTi等国际自愿倡议认可企业自有发电设施的自发自用模式，在国际合规压力下，钢铁企业可提前布局自有新能源项目。
- 在可再生能源项目基础上探索源荷多元互动的可再生能源消纳新路径，能够进一步帮助钢铁企业提升能源自给率与供应稳定性。钢铁对电力供应的连续性和稳定性要求较高，储能技术通过“削峰填谷”功能，能够有效平抑新能源波动，从而一定程度实现新能源项目的自主平衡和调节。此外，从需求侧响应的角度来看，钢铁企业可主动参与需求侧响应，优化资源配置，如炼钢工艺中的电弧炉负荷、轧制工艺能够纳入可调节资源负荷池⁹⁶。

挑战

- 大型项目（如集中式自建/投资项目）的初期投资成本高⁹⁷，对于企业前期搭建投资收益测算模型、后期运营的能力有一定要求。
- 对于自发自用项目，可通过自行提供或委托代理机构提供电量信息等材料申请核发绿证⁹⁸，但部分项目相对复杂，操作成本与专业门槛较高，可能影响企业自主申请分布式项目绿证的积极性。
- 用电企业参与电源侧投资，尝试绿电直连等各类以负荷为核心的就近消纳模式，是在部署新能源项目基础上的进一步探索，但其在成本测算、技术实施和综合管理上均存在较高复杂性，对钢铁企业提出了更高的系统规划和运营能力要求。

表11 中国钢铁企业自建/投资新能源项目的实践案例（部分）

企业	项目类型	项目所在地	详情
鞍钢集团	分布式光伏	广东	2023年11月，鞍钢联众29.13兆瓦分布式光伏发电项目并网发电。项目充分利用厂区30万平方米厂房屋顶资源铺设太阳能板，每年可为该公司提供3,000万度清洁电力 ⁹⁹ 。
包钢股份	陆上风电绿电直供	内蒙古自治区	2023年12月，包钢白云鄂博矿区绿电直供150MW风电项目奠基仪式举行，项目建成后，风力发电将直供白云矿区，实现绿电置换，每年将减少CO2排放约46万吨 ¹⁰⁰ 。2025年8月，项目实现全容量并网发电 ¹⁰¹ 。
宝钢股份	海上风电	广东	2023年6月，湛江基地与广东省风力发电有限公司签署《广东省湛江市海上风电项目竞争配置合作协议》，并于10月竞配成功湛江徐闻东一海上风电项目，容量400兆瓦，预计年上网电量13.39亿度 ¹⁰² 。2024年6月项目获得核准建设 ^{103,104} 。 注：该模式为宝钢探索“股权合作+绿电交易”案例
建龙集团	源网荷储（风电+储能）	黑龙江	2022年12月，黑龙江建龙200MW源网荷储项目正式获得黑龙江省发改委批复，远期规划风电开发规模500MW，一期规划开发规模200MW，规划储能规模20MWh。项目建成后，黑龙江建龙新生产线——氢基竖炉及近零碳排电炉超低碳钢铁全流程产业化集成示范项目新增的5亿度耗电量，将实现100%绿电供应 ¹⁰⁵ 。

企业	项目类型	项目所在地	详情
酒钢集团	集中式光伏	甘肃	集中式新能源金塔白水泉光伏发电项目，一期启动建设200MW，配套建设一座330kV升压站及两条330kV输电线路接至酒钢调管的330kV变电站，满足全部1000MW光伏项目接入 ¹⁰⁶ 。2024年二期400MW光伏开工建设，建成后年均上网电量约7.7亿kWh，每年可减少碳排放约64万吨 ¹⁰⁷ 。截至2025年3月，一二期600MW已全容量并网，三期400MW已具备并网调试条件 ¹⁰⁸ 。
	集中式光伏	甘肃	集中式新能源玉门红柳泉风电项目，规划总容量1400MW，一期启动建设200MW，配套建设一座330kV升压站及两条330kV输电线路，满足全部1400MW项目接入 ¹⁰⁹ 。红柳泉400兆瓦风电项目全面投运后可实现年均上网电量11.5亿千瓦时，每年可减少碳排放约95.7万吨 ¹¹⁰ 。截至2025年3月，一、二期600MW风电陆续并网 ¹¹¹ 。
沙钢集团	分布式光伏	/	沙钢集团以合同能源管理方式建设分布式光伏电站 ¹¹² ，截至2025年8月，沙钢已建成超100MW分布式光伏发电网络，覆盖物流园、停车场、办公区，全生命周期可提供绿电超23亿kW·h，减少二氧化碳排放130万吨 ¹¹³ 。
太钢不锈	分布式光伏	山西	在冷轧厂窄幅区域、冷轧硅钢厂取向硅钢区域、4300毫米中厚板项目区域屋顶建设了装机容量15.8兆瓦的光伏发电设施，具备年光伏发电1600万千瓦时的能力 ¹¹⁴ 。2023年光伏发电量1583.78万千瓦时；其中，4300毫米中厚板生产线厂房屋顶光伏项目所发绿电全部用于该生产线 ¹¹⁵ 。
中天钢铁集团	分布式光伏配套工业绿色微电网+需求侧响应	江苏	中天钢铁集团（南通）有限公司工业绿色微电网项目，包括72.5MW分布式光伏及配套的智慧能源管控系统。2023年，中天南通微电网光伏发电量7,700万kWh，可再生能源就地消纳比例达87%以上。同时，中天南通微电网与国网江苏省电力公司签订备用容量308MW，生产期间最大峰值受进负荷为120MW，部分生产工序可配合电力系统需求进行负荷响应调整，可调整负荷达20MW-30MW，电力负荷调节能力达到5%以上 ¹¹⁶ 。
中信泰富特钢	光伏	/	截至2025年6月，中信泰富特钢已拥有光伏发电能力157MW、风电28.8MW，每年可减少CO2超过11万吨 ¹¹⁷ 。
	风电	/	

信息来源：企业官方报告、企业官网、企业官方微信公众号、新闻媒体平台



第四章 展望

4.1 钢铁行业绿电消费的机遇与长期价值

着眼于以清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能为基本特征的新型电力系统¹¹⁸，钢铁行业布局可再生能源，既满足自身绿色用能需求、挖掘企业调节潜力，同样有助于促进可再生能源的长期发展。同时，钢企可通过参与需求侧响应助力新型电力系统稳定性提升。

(1) 长期提升钢铁企业绿色竞争力

积极布局可再生能源电力不仅能够助力企业满足绿色合规需求，长期来看，伴随着各行各业绿色电力需求的提升，钢铁企业主动入局有利于提前锁定行业绿色资源，对冲未来潜在的价格波动风险。此外，企业在追求经济影响力、业务版图等方面的竞争力时，也能够绿色化用能方面先行一步，提升产品绿色竞争力。

(2) 带动环境属性市场发展并促进可再生能源投资

伴随钢铁行业绿电消费进入合规化与常态化阶段，钢铁企业在短期内所形成的集中性绿电需求，有望显著提升市场对可再生能源电力的总体消费能力。

从促进绿证市场发展来看，2024年，全国共核发可交易绿证31.58亿个，其中，绿证交易量为4.46亿个，占可交易绿证核发量的15%左右，具备增长空间¹¹⁹。对于钢铁企业而言，提升绿电绿证消费比例，不仅能够以消费端需求拉动的方式改善绿证市场供需关系，也有助于通过价格信号更充分释放绿色电力的环境价值。

从促进可再生能源投资来看，在深度脱碳压力不断加大的背景下，钢铁行业有望成为推动可再生能源投资的关键力量。大型钢铁企业与发电商签订长期PPA，不仅能为自身锁定绿电资源与价格，也为可再生能源发电项目提供了长期、稳定的电价收入预期，帮助项目拓宽新的融资渠道。这种可预期的稳定收益不仅提升了可再生能源项目的融资可得性，也增强了社会资本参与可再生能源建设的信心，从而形成“终端需求—项目投资—新增供给”的正向循环，加速绿色电力项目的建设和投运。

(3) 探索绿电多场景运用以有效促进新能源就近消纳

伴随新能源的跨越式增长，电力系统的消纳压力持续增加。通过推动绿电直连、新能源接入增量配电网等就近消纳模式，可同时实现行业减碳与新能源消纳提升的双重目标。对于钢铁行业而言，其用电量大、负荷调节和需求响应空间相对充裕，为探索新能源的就近消纳模式提供了良好的条件。

一方面，通过新能源就近消纳的模式，钢铁企业可以提高绿色电力使用，以实现节能减排、提高能源利用效率、降低能源与碳成本的目标¹²⁰。另一方面，随着新能源装机持续快速增长、系统消纳压力持续显现，钢铁行业主动探索新能源就近消纳模式，将有助于支撑新能源的高效利用。

因此，钢铁企业可进一步探索绿电在多场景的应用，形成以负荷为中心、就近高效利用新能源、并实现用户与电源侧更直接联动的新型用能模式，为其他高载能行业提供可复制的路径，进一步促进可新能源的就近消纳和产业协同发展。

(4) 通过参与需求侧响应助力新型电力系统稳定性提升

通过参与需求侧响应，钢铁企业可为电力系统提供灵活性资源，帮助提升新型电力系统的安全性与稳定性。依托其一定规模的可调节负荷，钢铁行业能够在系统调节能力不足时释放需求侧调节潜力，成为支撑新能源高比例并网的有效力量。

目前，钢铁企业生产环节的可调负荷包括电炉、精炼炉、制氧机和轧钢生产线等主要设备。其中，电炉的个体可调节负荷占比为25~50%¹²¹。这些负荷在需要时能够快速响应，参与电力现货市场、需求侧响应或直接接入负荷管理系统，提升系统的调节能力。

随着电气化水平提升，钢铁企业参与需求侧响应的资源池有望持续扩大，未来，钢铁企业可作为重要的柔性负荷参与电力系统运行，从负荷侧为新型电力系统提供更强的安全性、灵活性与可靠性保障，为高比例可再生能源的发展奠定更坚实的基础。

4.2 钢铁行业绿电消费的挑战

(1) 布局绿电消费对企业在采购与管理方面的综合能力提出更高的要求

首先，面对复杂而变化的市场环境，布局绿电交易、自建/投资新能源电站等消费模式，对企业在电力市场参与能力、成本测算、技术实施、用能管理等多方面提出了更高的要求。其次，对于中小型钢铁企业来说，是否有足够的资本和能力去提前布局以应对合规和市场需求，存在不确定性。

(2) 成本压力影响消费意愿且顺价机制尚未清晰

绿电消费价格与总成本是钢铁企业进行绿电消费决策时的核心考量之一，钢铁企业通过绿证、绿电交易等方式消费绿色电力，一定程度上企业需为环境属性支付溢价，或将提高绿色成本，对电炉钢等的影响更为突出。

当前钢铁企业的绿电成本仍存在较大不确定性，环境溢价公平分摊仍需讨论¹²²。长期来看，若当前绿色电力的环境溢价在产业链内部的分担未能形成统一机制，绿电溢价的传导路径不明确，且下游客户和终端消费者的协同支持不足，那么绿电消费成本将主要由钢铁企业独自承担。这不仅会压缩企业利润空间，也将削弱其在电炉改造、能效提升、绿氢利用等绿色低碳转型领域的资金投入能力，从而影响行业整体的绿色转型进程。

(3) 钢铁绿色电力消费与碳市场等政策的衔接方式有待明确

目前，全国碳市场仅对钢铁行业的直接排放进行管控，但钢铁行业的电气化和用电绿色化仍是影响企业排放的重点之一，未来，随着碳市场的不断发展和有偿配额机制的逐步建立，如何有效衔接碳市场与重点用能行业绿色电力消费比例两大政策要求，比如利用好有偿拍卖资金支持企业的电气化改造和绿色电力消费等，仍有待进一步明确与细化。

(4) 钢铁行业绿电消费的合规要求待进一步落地

尽管宏观层面已出台多项政策倡导钢铁行业绿色转型，但在落实到钢铁行业绿电消费时，具体的指引仍有待明确。例如，虽然《关于促进可再生能源绿色电力证书市场高质量发展的意见》对钢铁行业提出了绿色电力强制消费的目标要求，但是行业目标如何分解到企业，以及后续如何对实施情况进行监督考核，还需要政策给出更明确的细则或指导。

4.3 建议

凭借操作路径相对清晰、行业外部经验丰富等特点，绿电消费能够成为钢铁行业低碳转型的重要突破口。借鉴其他行业在绿电应用中的成熟实践，钢铁行业通过率先扩大绿电消费比例，有望在更广范围内发挥示范和带动作用，为后续更深层次的减碳技术转型创造良好的条件。

政策建议

(1) 持续完善钢铁企业绿电消费的激励手段，激发企业绿电消费的参与热情

在资金扶持上，完善对钢铁行业的资金支持体系，激励钢铁企业积极参与绿色电力消费。同时，丰富针对钢铁行业使用可再生能源的转型金融支持工具，例如将绿色电力消费比例作为政府财政支持和银行信贷支持的基础条件，将绿电消费结构与绿色贷款利率、绿色信用评级绑定，提高企业低碳资产融资能力等，提高对钢铁行业应用可再生能源的重视。

(2) 推动产业链上下游建立绿色电力消费共识，引导绿电成本疏导

促进下游市场建立约束激励机制，激发对绿电生产钢铁的优先采购需求。提高包括汽车、建筑、数据中心等用钢行业对绿电生产钢铁的重视，引导相关行业在绿色采购时，将绿电消费量作为一个重要的评价指标，提高市场需求。通过政府引导，帮助钢铁企业将绿电消费的环境溢价合理传导至下游产品，避免成本全部由企业内部消化，形成健康的产业链协同效应。

(3) 促进钢铁行业相关的绿电消费机制衔接与落地，提升绿电消费价值

针对钢铁行业绿电强制消费要求，政策端需制定更具操作性的政策指引，明确相关强制性指标分解到地方各企业的具体实施方式。另外，需优化绿电消费与多个机制的协同，加强绿电消费与碳市场等政策的联动和协同运作，实现“政策间协同、绿电价值多元兑现”，帮助钢铁企业的绿电消费价值体现在多个政策中，进一步丰富钢铁企业参与绿色电力消费的政策适用场景。

企业建议

(1) 根据企业自身情况，设立绿电消费目标，建立多元化绿电消费战略

钢铁企业需要不断提升自身的绿电消费参与能力，在合规要求、成本约束、技术条件等多因素作用下开展系统性评估，结合自身生产特性、供应链需求和区域资源禀赋，权衡不同模式的优势与挑战，选择最符合自身发展路径的绿电消费方案。

(2) 提升自身用能管理水平，密切跟踪政策和市场趋势

面对日益清晰的合规导向和市场趋势，建议钢铁企业持续提升自身用能水平管理，加强对于政策和市场趋势的跟踪，总结可行经验，不断提升自身绿电消费水平。

(3) 推动产业链上下游协同发展，释放绿电消费价值

钢铁企业需关注绿色电力生产产品蕴含的绿色价值在消费市场的变现，通过上下游合作的方式，增加钢铁企业绿电消费意愿和能力。一方面，钢铁企业可寻求与下游建筑、汽车、数据中心等多元化用钢行业建立绿色供应链合作机制、共建绿色电力采购联盟的机会，通过签订“绿钢”长期采购协议等方式，获得来自市场的长期支持和承诺，并将绿电环境价值转化为产品溢价。另一方面，积极参与行业标准制定，推动绿电消费量在低碳钢铁的相关标准和认证体系建设与优化，提升低碳排放钢材的市场辨识度和竞争力，从而形成从生产到消费的绿色价值闭环。

(4) 推进技术升级，促进绿电与钢铁生产核心工艺耦合

钢铁企业需持续拓展绿电在钢铁核心生产环节的应用空间，通过绿电与核心工艺的深度耦合实现低碳转型。在技术路径上，应加速绿电驱动的新型炼钢技术应用，例如推广短流程炼钢。在能源管理层面，需构建“绿电+储能+智能调控”的动态适配体系，确保可再生能源发电与钢铁生产的稳定性。通过技术与管理协同优化的模式，可使钢铁生产从依赖化石能源的刚性流程，转变为以绿电为核心的柔性用能体系，为行业构建零碳制造链提供支撑。

参考文献及注释

1. 新华社.[2025.09.25].习近平在联合国气候变化峰会上的致辞（全文）. 取读于中华人民共和国中央人民政府https://www.gov.cn/yaowen/li-ebiao/202509/content_7042184.htm
2. 新华社.[2025.09.27].我国宣布2035年国家自主贡献 开启应对气候变化新征程.取读于中华人民共和国中央人民政府https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202509/content_7042502.htm
3. 国家发展改革委办公厅 国家能源局综合司,《关于2025年可再生能源电力消纳责任权重及有关事项的通知》发改办能源〔2025〕669号, 2025年. https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzg-g/202507/t20250711_1399143.html
4. 国家能源局.[2017.11.02].《中华人民共和国可再生能源法》.取读于https://www.nea.gov.cn/2017-11/02/c_136722869.htm
5. 中国宝武.[2021.01.20].重磅 | 全球最大钢企中国宝武碳减排宣言：力争2023年“碳达峰” 2050年实现“碳中和”.取读于https://mp.weixin.qq.com/s/rdz0nYFv1J8RM_577nMhZw
6. 河钢集团.[2022.03.02].河钢集团发布低碳发展技术路线图.取读于<https://mp.weixin.qq.com/s/lm5DPi7eA5z3v3kV7ZeN4A>
7. 首钢矿业公司.[2022.09.07].首钢集团发布“双碳”工作方案.取读于<https://www.sgmining.com/kycommunity/kycoordinated/541104e143504e0099f831a377a66ace.html>
8. 人民日报.[2024.08.07].短流程炼钢，节能降碳潜力大.取读于中华人民共和国中央人民政府 https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202408/content_6966883.htm
9. 陈济, 李抒苒, 李相宜, 李也, 碳中和目标下的中国钢铁零碳之路, 落基山研究所,2021, <https://rmi.org.cn/wp-content/uploads/2021/09/202109290934514586.pdf>
10. 黄导.中国钢铁工业协会.[2022.02.24].钢铁行业节能降碳改造升级实施指南.取读于中华人民共和国国家发展和改革委员会 <https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tztl/ghnhjnjdgzsj/zjg-d/202203/P020220302677252145497.pdf>
11. 国务院,《2024—2025年节能降碳行动方案》国发〔2024〕12号, 2024年. https://www.gov.cn/zhengce/content/202405/content_6954322.htm
12. Tian, S., Lu, C., Wang, J., Shen, J., Li, X., & Zhang, Q. (2025). From coal to green power: Mapping the electrification journey of China's steel sector. Resources, Conservation and Recycling, 222, 108484. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344925003623> 引自China Electricity Council, 2023. China Electric Power Statistical Yearbook 2022.
13. Tian, S., Lu, C., Wang, J., Shen, J., Li, X., & Zhang, Q. (2025). From coal to green power: Mapping the electrification journey of China's steel sector. Resources, Conservation and Recycling, 222, 108484. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344925003623>
14. Ember.[2024.02.07].European Electricity Review 2024.Retrieved from <https://ember-energy.org/latest-insights/european-electricity-review-2024/eu-electricity-trends/>
15. 国家能源局.[2025.01.27].2024年可再生能源并网运行情况.取读于<https://www.nea.gov.cn/20250221/e10f363cabe3458aaf78-ba4558970054/c.html>
16. 中国国家发展和改革委员会.[2021.09.28].绿色电力交易试点正式启动.取读于 https://www.ndrc.gov.cn/fggz/fgyz/xmtj-d/202109/t20210928_1298038.html
17. 国家发展改革委 财政部 国家能源局,《关于做好可再生能源绿色电力证书全覆盖工作促进可再生能源电力消费的通知》发改能源〔2023〕1044号, 2023年. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcf-b/tz/202308/t20230803_1359092.html
18. Tian, S., Lu, C., Wang, J., Shen, J., Li, X., & Zhang, Q. (2025). From coal to green power: Mapping the electrification journey of China's steel sector. Resources, Conservation and Recycling, 222, 108484. 引自 Fan, Z., & Friedmann, S. J. (2021). Low-carbon production of iron and steel: Technology options, economic assessment, and policy. Joule, 5(4), 829-862. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2021.02.018>
19. 自然资源保护协会.[2024.11].“双碳”目标下加快工业领域终端电气化—钢铁行业.取读于 <http://www.ndrc.cn/information/information-info?id=379&cook=2>
20. 中国能源报.[2024.12.02].钢铁行业电气化迫在眉睫.取读于人民网 https://paper.people.com.cn/zgnyb/pc/content/202412/02/-content_30033835.html
21. 中国冶金报.[2021.10.29].方大九钢启动4号高炉汽动鼓风机技术改造.取读于中国钢铁新闻网 http://www.csteelnews.com/xwzx/pz-zl/202110/t20211029_56155.html
22. 冶金工业规划研究院.[2024.03.06].MPI专家观点 | 双碳背景下钢铁行业电气化发展路径研究.取读于 <https://mp.weixin.qq.com/s/Ne6WCf2Es6rRsmTSumDHGw>
23. 注：电炉炼钢主要指电弧炉炼钢，其它类型的电炉如感应电炉、电渣炉等所炼的钢产量很少，本研究主要聚焦于电弧炉炼钢/ <https://www.-mee.gov.cn/gkml/hbb/bgth/200911/W020091109530061327333.pdf>
24. 陈济, 李抒苒, 李相宜, 李也, 碳中和目标下的中国钢铁零碳之路, 落基山研究所,2021, <https://rmi.org.cn/wp-content/uploads/2021/09/202109290934514586.pdf>
25. 自然资源保护协会.[2024.11].“双碳”目标下加快工业领域终端电气化—钢铁行业.取读于 <http://www.ndrc.cn/information/information-info?id=379&cook=2>
26. 河北省工业节能与清洁生产协会.[2024.11.09].周末读荐 | 一文详解氢冶金.取读于 <https://mp.weixin.qq.com/s/-FowxoEHrJf2IH5YR-bC7Qg>
27. 科普中国.[2025.06.27].科普小知识——热词解读“绿氢冶金概述”.取读于 <https://cloud.kepuchina.cn/h5/detail?id=7338005854990704640>
28. 国务院办公厅,《加快构建碳排放双控制度体系工作方案》国办发〔2024〕39号, 2024年. http://www.scio.gov.cn/zdgg-z/jj/202408/t20240805_857904.html
29. 国家发展改革委 国家能源局 工业和信息化部 商务部 国家数据局,《关于促进可再生能源绿色电力证书市场高质量发展的意见》发改能源〔2025〕262号, 2025年. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcf-b/tz/202503/t20250318_1396627.html
30. 国家发展改革委办公厅 国家能源局综合司.《关于2025年可再生能源电力消纳责任权重及有关事项的通知》发改办能源〔2025〕669号, 2025年. https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzg-g/202507/t20250711_1399143.html
31. 工业和信息化部 自然资源部 生态环境部 商务部 市场监管总局,《钢铁行业稳增长工作方案（2025 - 2026年）》工信部联原〔2025〕171号, 2025年. https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/tz/art/2025/art_e0b143ab438a4de4973ba9031c75b673.html
32. 中国青年报.[2024.08.13].绿色发展提速 我国向“碳排放双控”全面转型.取读于 https://www.gqt.org.cn/xxgcddesjszqhjs/plzs/202408/t20240813_796985.htm
33. 中电社.[2023.05.06].钢铁行业用电现状和节电技术.取读于搜狐网 https://www.sohu.com/a/673208217_121653920
34. 中共陕西省委办公厅 陕西省人民政府办公厅,《陕西省进一步促进民营经济高质量发展“七大行动”实施方案》, 2025年. https://gxt.shaanxi.gov.cn/sy/tt/202508/t20250823_3558102.html
35. 北京市城市管理委员会,《关于印发北京市2025年电力市场化交易方案、绿色电力交易方案的通知》京管发〔2024〕11号, 2024年. https://csglw.beijing.gov.cn/zwxx/2024zcw-j/202412/t20241213_3965483.html
36. 无锡市人民政府办公室,《关于印发无锡市绿电绿证工作推进方案的通知》锡政办规〔2024〕6号, 2024年. <https://www.wuxi.gov.cn/doc/2024/12/16/4456982.shtml>
37. 常州市人民政府办公室,《进一步支持企业创新发展的若干政策》常政办发〔2025〕6号, 2025年. https://kjc.changzhou.gov.cn/html/k-jc/2025/NQNAKHQB_0212/9681.html

38. 常州市人民政府办公室,《进一步支持企业创新发展的若干政策》常政办发〔2025〕6号,2025年。https://kjc.changzhou.gov.cn/html/kjc/2025/NQNAKHQB_0212/9681.html
39. 南通市发展和改革委员会 南通市财政局,《南通市(近)零碳试点奖补政策实施细则》通发改规〔2025〕1号,2024年。<https://www.nantong.gov.cn/ntsrzmzf/ntsfzhggwyh/content/87-ca2581-818b-43ee-957e-e418ed23a6b7.html>
40. 国家发展改革委 工业和信息化部 国家能源局,《关于开展零碳园区建设的通知》发改环资〔2025〕910号,2025年。https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202507/t20250708_1399055.html
41. 中国宝武钢铁集团有限公司.[2024.04.16].国内首个!湛江钢铁零碳高等级薄钢板工厂项目开工.取读于国务院国有资产监督管理委员会<http://www.sasac.gov.cn/n2588025/n2588124/c30541386/content.html>
注:此处仅列举宝武钢铁集团“零碳工厂”的案例,相关项目是否能够获得补贴还需以国家、省(市、地区)政策的具体要求为准。
42. 河北省发展和改革委员会,《关于组织开展绿电直连项目申报工作的通知》冀发改能源[2025]879号,2025年。https://hbdrc.hebei.gov.cn/xxgk_2232/fdzdgnkr/zhzw/tztg_1120/202508/t20250806_124721.html
43. 中国人民银行河北省分行.[2025.04.21].中国人民银行河北省分行等七部门关于印发《河北省钢铁行业转型金融工作指引(2025年版)》的通知.取读于<http://shijiazhuang.pbc.gov.cn/shijiazhuang/131442/131460/5135107/5686167/index.html>
44. 湖州金融.[2023.07.10].《湖州市转型金融支持活动目录》全文公布!。取读于<https://mp.weixin.qq.com/s/YoBrDOMGrwlcF2R57TdNCA>
45. 注:按《国民经济行业分类》(GB/T4754-2017),黑色金属冶炼及压延加工业包括炼铁、炼钢、钢压延加工和铁合金冶炼四个中类行业
46. 中国冶金报.[2024.09.12].中国钢结构建筑发展现状调研及未来思考建议.取读于中国钢铁新闻网http://www.csteelnews.com/xwzx/djbd/202409/t20240912_92608.html
47. 世界钢铁协会.[2024.12.06].关于中国房地产低碳排放钢的合作声明正式发布.取读于中国钢铁新闻网http://www.csteelnews.com/xwzx/jrrd/202412/t20241206_95263.html
48. 中国冶金报.[2024.09.19].新能源汽车市场规模扩张将拉动汽车用钢消费.取读于中国钢铁新闻网http://www.csteelnews.com/xwzx/djbd/202409/t20240919_92741.html
49. 宝马集团.[2022.04.08].宝马集团与河钢集团合作打造“绿钢”供应链.取读于https://www.press.bmwgroup.com/china/article/detail/T0405763ZH_CN/%E5%AE%9D%E9%A9%AC%E9%9B%86%E5%9B%A2%E4%B8%8E%E6%B2%B3%E9%92%A2%E9%9B%86%E5%9B%A2%E5%90%88%E4%BD%9C%E6%89%93%E9%80%A0%E2%80%9D%E7%BB%BF%E9%92%A2%E2%80%9C%E4%BE%9B%E5%BA%94%E9%93%BE?language=zh_CN
50. 宝马集团中国.[2024.07.24].宝马集团中国2023年可持续发展报告.取读于http://www.bmw-brilliance.cn/cn/zh/common/download/-sustainability_report/2023_Sustainability_Report_CN.pdf
51. 宝马集团.[2022.04.08].宝马集团与河钢集团合作打造“绿钢”供应链.取读于https://www.press.bmwgroup.com/china/article/detail/T0405763ZH_CN/%E5%AE%9D%E9%A9%AC%E9%9B%86%E5%9B%A2%E4%B8%8E%E6%B2%B3%E9%92%A2%E9%9B%86%E5%9B%A2%E5%90%88%E4%BD%9C%E6%89%93%E9%80%A0%E2%80%9D%E7%BB%BF%E9%92%A2%E2%80%9C%E4%BE%9B%E5%BA%94%E9%93%BE?language=zh_CN
52. 梅赛德斯-奔驰(中国)投资有限公司.[2025.10.31].梅赛德斯-奔驰集团中国可持续发展蓝皮书2024-2025.取读于https://as-set.prod.cms.mercedes-benz.com.cn/dots-oneweb/PD-F/csr/2024_2025_5297affc76.pdf
53. 中国宝武.[2022.11.22].成为最早可向车企提供具有明确减碳值产品的中国钢企!宝钢股份与北京奔驰签署《备忘录》.取读于<https://mp.weixin.qq.com/s/htsTYwhWVCQDxM2-5Do-rw>
54. 一汽-大众汽车有限公司.[2024.10.15].2022/2023年可持续发展报告.取读于<https://fowp-prod-cos-1256532032.cos.ap-beijing.myqcloud.com/tc-prod/f70922a3-5a59-4396-aaaf-b402b8ea28ee>
55. 中国宝武.[2024.08.19].率先量产使用绿色低碳汽车板!宝钢股份与一汽-大众开启低碳“绿钢”合作新篇章.取读于https://mp.weixin.qq.com/s/WHchyQ97ghUy5n_P81356A
56. 中国钢铁工业协会.[2024.10.17].T/CISA 452-2024 低碳排放钢评价方法.取读于低碳排放钢发布平台<https://www.c2steel.com/>
57. 世界钢铁协会.[2025.09.04].钢铁支撑起非洲的数据革命.取读于<https://worldsteel.org/zh-hans/media/steel-stories/%E5%9F%BA%E7%A1%80%E8%AE%BE%E6%96%BD/%E9%92%A2%E9%93%81%E6%94%AF%E6%92%91%E8%B5%B7%E9%9D%9E%E6%B4%B2%E7%9A%84%E6%95%B0%E6%8D%AE%E9%9D%A9%E5%91%BD/>
58. Data Centre Dynamics.[2025.04.04].Google joins the Sustainable Steel Buyers Platform. Retrieved from <https://www.datacenter-dynamics.com/en/news/google-joins-the-sustainable-steel-buyers-platform/>
59. Meta.[2025.09.12].2025 Meta Sustainability Report. Retrieved from https://sustainability.atmeta.com/wp-content/uploads/2025/08/Meta_2025-Sustainability-Report_.pdf
60. 鞍钢集团.[2021.05.28].《鞍钢集团碳达峰碳中和宣言》正式发布.取读于<http://www.ansteel.cn/xinxigongkai/shehui-eren/2021-10-22/113e4593d4388a33915b7c31f86c7191.html>
61. 中国宝武.[2022.05.17].加快构建绿色能源体系,助力宝武绿色转型|宝武战略规划解读之八.取读于https://mp.weixin.qq.com/s/Xa7V_NYMNzj4Udp6tLn0jw
62. 宝武钢铁集团有限公司.[2025.08.23].中国宝武钢铁集团有限公司2024绿色低碳发展报告.取读于<https://res.baowugroup.com/attach/2025/08/18/a284678855c94f6ab74fd2394d80042f.pdf>
63. 河钢集团.[2024.07.11].河钢集团2023绿色低碳发展报告.取读于<https://www.hbisco.com/uploads/2024-07-03/b3150637-3960-47f7-ac6c-500fa896c49a1719990328005.pdf>
64. 南京钢铁股份有限公司.[2025.03.19].南京钢铁股份有限公司2024年度可持续发展报告.取读于<https://www.600282.net/Upload/-files/2024%E5%B9%B4%E5%BA%A6%E5%8F%AF%E6%8C%81%E7%BB%AD%E5%8F%91%E5%B1%95%E6%8A%A5%E5%91%8A.pdf>
65. 首钢矿业公司.[2022.09.07].首钢集团发布“双碳”工作方案.取读于<https://www.sgmining.com/ksociety/kycoordinated/541104e143504e0099f831a377a66ace.html>
66. 世界钢铁协会.取读于<https://worldsteel.org/zh-hans/-data/top-steel-producers/> 注:案例选取原则主要参考世界钢铁协会2024年主要钢铁公司产量排名中的中国钢铁企业及其有一定营收规模的上市公司
67. 国家发展改革委 国家能源局,《电力中长期交易基本规则-绿色电力交易专章》发改能源〔2024〕1123号,2024年。https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202408/t20240823_1392553.html
68. 国家发展改革委 国家能源局,《电力中长期交易基本规则-绿色电力交易专章》发改能源〔2024〕1123号,2024年。https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202408/t20240823_1392553.html
69. 李新宇,林严,苏步新.中国电炉钢生产布局现状分析与展望[J].中国冶金,2025,35(05):22-32+74.<https://mp.weixin.qq.com/s/uYIMx-3FzDMOCm7bFUyoFg>
70. 国家统计局.取读于<https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=E0103>
71. 张家口能源产业发展协会.[2025.02.19].最新消息 | 2024年全国31省市风光新增、累计并网装机统计及“十四五”规划完成情况.取读于<https://mp.weixin.qq.com/s/maQAI7WSWwST03eaddB2bw>
72. 宝山钢铁股份有限公司.[2025.06.05].宝山钢铁股份有限公司2024可持续发展报告.取读于<https://res.baowugroup.com/attach/2025/06/05/2178c37041e44d75be669362f9f97249.pdf>
73. 河钢集团.[2024.02.26].集团绿电年度交易量位居钢铁行业前列.取读于<https://www.hbisco.com/news/hbis/group/t685/2310>
74. 马钢股份.[2023.03.30].马钢股份:2022环境、社会及管治报告.取读于新浪财经https://vip.stock.finance.sina.com.cn/corp/view/vC-B_AllBulletinDetail.php?stockid=600808&id=8940631
75. 中国钢铁新闻网.[2023.08.07].马钢完成2023年安徽省内首笔“绿电”交易.取读于http://www.csteelnews.com/xwzx/xwtp/202308/t20230807_78039.html
76. 马钢家园.[2023.12.27].马钢绿电交易再上新台阶.取读于中国钢铁工业协会<https://www.chinaisa.org.cn/gxportal/xfgl/portal/content.html?articleId=c43ace7385a854de598ee1a8c220ecfb700f1f79b53e2d2027adc0614fe520f4&columnId=268f86df61ac8614f09db38a2d0295253043b03e092c7ff48ab94290296125c>
77. 中国宝武.[2022.02.15].低碳转型迈出新步伐!太钢能源消费正式进入绿电时代.取读于<https://mp.weixin.qq.com/s/pH9un5Lz-hwsQKj6y5EbJ3A>

78. 绿色和平. [2023.11.23]. 嵌套式长期购电协议在中国的应用与发展. 取读于https://www.greenpeace.org.cn/wp-content/uploads/2023/11/SPPAreport_20231123.pdf
79. 信息来源: 企业官网、新闻媒体平台
80. 经济导报·山东创业. [2025.03.03]. 新能源电价全面市场化! 新规落地, 山东这样发力→. 取读于<https://mp.weixin.qq.com/s/Efd-k3sY1vKj66pW6dIDZuw>
81. 国家能源局. [2024.11.09]. 《中华人民共和国能源法》. 取读于https://www.nea.gov.cn/2024-11/09/c_1310787187.htm
82. 国家发展改革委 国家统计局 国家能源局, 《关于加强绿色电力证书与节能降碳政策衔接大力促进非化石能源消费的通知》发改环资〔2024〕113号, 2024年. https://www.gov.cn/zhengce/zhengce-ku/202402/content_6929877.htm
83. 国家能源局. [2025.05.16]. 媒体报道 | 中国绿证“走出去”实践成效明显. 取读于<https://mp.weixin.qq.com/s/hofRHK4xyFbhpV-Ko6LbA>
84. 无锡市人民政府办公室, 《无锡市绿电绿证工作推进方案》锡政办规〔2024〕6号, 2024年. <https://www.wuxi.gov.cn/doc/2024/12/16/4456982.shtml>
85. 中关村延庆园. [2024.05.27]. 延庆园·通知公告 | 关于征集中关村延庆园绿电、绿证交易补贴政策支持的通知. 取读于https://mp.weixin.qq.com/s/eobZegwNSlGPnjERLRW5w?scene=1&click_id=28
86. 零碳知识局. [2025.07.21]. 从“甩卖潮”到“抢购战”, 绿证价格28倍震荡. 取读于https://mp.weixin.qq.com/s/uvY2_hxpWx5GwUMJR-ZUfzw
87. 国家能源局. [2025.05.30]. 国家能源局发布2025年4月全国可再生能源绿色电力证书核发及交易数据. 取读于<https://www.nea.gov.cn/20250530/14283bd1cca64492b9a8ec20194936aa/c.html>
88. 国家能源局. [2025.10.30]. 国家能源局发布2025年9月全国可再生能源绿色电力证书核发及交易数据. 取读于<https://www.nea.gov.cn/20251107/f4d8f448c31d421f9caa97565f0c5905/c.html>
89. 欧盟委员会. [2023.12.08]. 欧盟以外设施经营者实施碳边境调节机制 (CBAM) 的指导文件. 取读于https://taxation-customs.ec.europa.eu/document/download/1dd68ee3-0364-47a5-9a2e-010b2568541c_en?filename=TAX-UD-2023-01191-00-00-ZH-TRA-00.pdf
90. 宝山钢铁股份有限公司. [2023.04.27]. 宝山钢铁股份有限公司2022可持续发展报告. <https://res.baowugroup.com/attach/2023/04/27/f7d363bf4634443a0b0d311ce5b612cc0.pdf>
91. 宝山钢铁股份有限公司. [2024.04.27]. 宝山钢铁股份有限公司2023可持续发展报告. <https://res.baowugroup.com/attach/2025/03/05/6b17c810a9c8464e806cb4cade48b912.pdf>
92. 国家能源局. [2025.03.17]. 《中国可再生能源绿色电力证书百问百答 (2025年版)》发布. 取读于<https://mp.weixin.qq.com/s/mTjxAE-jTz7dpCLHbjshEzg>
93. 注: CBAM体系下的“直连项目”与中国提出的“绿电直连项目”在现阶段尚未体现明确的互认关系, 但随着中国与欧盟的绿电直连模式及相关政策的发展和完善, 未来实现互认的潜力可期。
94. CEEE独立研究与思考. [2024.06.11]. 基础但不简单—RE100技术导则认可的购电方式. 取读于<https://mp.weixin.qq.com/s/8rPlmB-GXU2lobmsaYg20pg>
95. 君合法律评论. [2024.01.04]. 君合法律 | CBAM已进入过渡期, 中国企业如何应对? . 取读于https://mp.weixin.qq.com/s/sh0K31pT-cRcv1SzBe_lqQQ
96. 刘子屹, 谢俊, 刘雨菁, 李德智等. 电力需求侧灵活性系列: 钢铁行业灵活性潜力概述, 落基山研究所, 2023. <http://rmi.org.cn/in-sights/dsf-steel/>
97. 华福证券. [2024.06.14]. 光伏发电 分布式光伏消纳深度: 砥砺前行, 曙光已现. 取读于东方财富网https://pdf.dfcfw.com/pdf/H3_AP202406141636236987_1.pdf
98. 国家能源局. [2025.03.17]. 《中国可再生能源绿色电力证书百问百答 (2025年版)》发布. 取读于<https://mp.weixin.qq.com/s/mTjxAE-jTz7dpCLHbjshEzg>
99. 鞍钢集团. [2024.10.29]. 鞍钢集团有限公司2023可持续发展报告. 取读于<http://www.ansteel.cn/d/file/kechixufazhan/kechixufazhan-baogao/2024-10-29/b6ad197dd9c7a82afd74336b30ec6bf0.pdf>
100. 包钢股份. [2024.09.26]. 2023年度可持续发展报告. 取读于<https://baoganggf.com/kcxzbg>
101. 内蒙古电力勘测设计院. [2025.08.30]. 重大突破! 包钢白云鄂博矿区绿电直供项目全容量并网发电. 取读于<https://mp.weixin.qq.com/s/ck-dHTtypLxMc-oacT9mkkQ>
102. 宝山钢铁股份有限公司. [2024.04.27]. 宝山钢铁股份有限公司2023可持续发展报告. 取读于<https://res.baowugroup.com/attach/2025/03/05/6b17c810a9c8464e806cb4cade48b912.pdf>
103. 北极星风力发电网. [2024.06.27]. 徐闻县发展和改革局关于广东能源湛江徐闻东一海上风电项目核准的批复. 取读于<https://news.bjx.com.cn/html/20240701/1386246.shtml>
104. 走进湛江. [2024.06.26]. 向海图强 乘风启航 | 湛江钢铁携手广东风电、湛江交投、广东铁投成立湛江粤风宝新能源有限公司. 取读于https://mp.weixin.qq.com/s/1chB5RgjKDW5pcXGkuBE_A
105. 建龙集团. [2022.12.27]. 黑龙江建龙200MW源网荷储项目获批复. 取读于https://mp.weixin.qq.com/s/O3bZvR36Y_sj6yKbgHC0AQ
106. 酒钢集团. [2023.03.11]. 酒钢: 集中式与分布式并举大力发展新能源产业. 取读于<https://mp.weixin.qq.com/s/AhgJR9kdSNtfszAg0Erg9g>
107. 凤凰网甘肃. [2024.03.29]. 金塔一投资近13亿项目开建 链上聚绿能奔赴阳光路. 取读于<https://gs.ifeng.com/c/8YLI71727q7>
108. 酒钢集团. [2025.03.13]. 酒钢新能源项目建设有序推进. 取读于<https://mp.weixin.qq.com/s/cu57Qp8N0iYL5JemzDqfTQ>
109. 酒钢集团. [2023.03.11]. 酒钢: 集中式与分布式并举大力发展新能源产业. 取读于<https://mp.weixin.qq.com/s/AhgJR9kdSNtfszAg0Erg9g>
110. 中国电建. [2025.05.08]. 甘肃玉门红柳泉400兆瓦风电项目全容量并网发电. 取读于https://www.powerchina.cn/col/col16624/art/2025/art_149940954.html
111. 酒钢集团. [2025.03.13]. 酒钢新能源项目建设有序推进. 取读于<https://mp.weixin.qq.com/s/cu57Qp8N0iYL5JemzDqfTQ>
112. 江苏统计. [2023.12.28]. 苏小统带你看企业→沙钢逐绿之路. 取读于https://mp.weixin.qq.com/s/gWEr4QCvc_feOEbFy9cwjVw
113. 今日钢城. [2025.08.28]. 不负好“光”景, 沙钢打造“零碳”钢铁绿链条. 取读于<https://mp.weixin.qq.com/s/Sjb9RclXgB3-NWBmsxibnA>
114. 山西太钢不锈钢股份有限公司. [2024.04.27]. 2023年可持续发展 (ESG) 报告. 取读于<https://res.baowugroup.com/tisco/bx/upload/94f32117fe61406ebaf55e4a375c1ea3/2024/05/09/92a188ce1f1146f5834b222bc4446aed.pdf>
115. 山西太钢不锈钢股份有限公司. [2024.04.27]. 2023年可持续发展 (ESG) 报告. 取读于<https://res.baowugroup.com/tisco/bx/upload/94f32117fe61406ebaf55e4a375c1ea3/2024/05/09/92a188ce1f1146f5834b222bc4446aed.pdf>
116. 工业和信息化部. [2024.01.12]. 工业绿色微电网典型应用场景与案例之二: 钢铁行业. 取读于中国钢铁工业协会<https://www.chinai-sa.org.cn/gxportal/xfgl/portal/content.html?articleId=20ea420f8e4790787c249764505d01d592ef950b3ca6aaedd3df8454213e7969&columnId=3683d857cc4577e4cb75f76522b7b82cda039ef70be46ee37f9385ed3198f68a>
117. 中国钢铁新闻网. [2025.06.06]. 【2025走进绿色钢城】中信泰富特钢: 践行环保使命书写绿色发展新篇章. 取读于http://www.csteel-news.com/xwzx/djbd/202506/t20250606_100704.html
118. 新华社. [2023.07.11]. 习近平主持召开中央全面深化改革委员会第二次会议强调: 建设更高水平开放型经济新体制 推动能耗双控逐步转向碳排放双控. 取读于中华人民共和国中央人民政府https://www.gov.cn/y-aowen/liebiao/202307/content_6891167.htm
119. 中国电力报. [2025.04.25]. 国家能源局: 同比增长21.45倍! . 取读于国家能源局<https://www.nea.gov.cn/20250425/6b0abbb1-ca1e407bbbaf7f3bacd37c7a/c.html>
120. 建投管家. [2025.10.20]. 绿电直连详解: 破解新能源消纳与企业用能痛点的新路径. 取读于<https://mp.weixin.qq.com/s/qnFxyZ0hSt0tX-hujU4BQbA>
121. 落基山研究所. 电力需求侧灵活性系列: 钢铁行业灵活性潜力概述 [R]. 2023
122. 中国冶金报社. [2025.07.18]. 钢铁行业“绿色溢价”到底该由谁买单? . 取读于<https://mp.weixin.qq.com/s/Dibf4TPMkVXO9pgqllhACgw>

著作权及免责声明：

本报告由绿色和平和清华四川能源互联网研究院基于在四川省取得的临时活动备案共同发布。

本报告为基于有限时间内公开可得信息研究产出的成果。如本报告中相关信息存在与真实信息不符的情况，或对于研究内容和信息的反馈、意见，欢迎与我们沟通联系：greenpeace.cn@greenpeace.org。由于信息获取渠道的局限性，绿色和平、清华四川能源互联网研究院不对报告中所含涉信息的及时性、准确性和完整性作任何担保。

本研究报告收集了企业公开披露的2022-2024年部分案例，案例信息外，其他资料收集截至2025年10月，研究期间之外，本报告所提及的信息如有被更改或增加的信息不被包括在此研究结果分析中。由于信息获取的渠道有限，本研究报告未能囊括所有地区的全部最新政策、规则与信息，以及所有钢铁企业的案例信息。考虑到市场信息广泛，本研究报告主要以企业为单位进行公开信息收集，并结合公开披露信息的可得性和研究重点进行信息选取，旨在展示钢铁行业在绿电消费方面可供参考的路径与实践。

本报告仅用于政策参考、信息共享和环保公益目的，不作为公众及任何第三方的投资或决策的参考。本报告中提及的企业仅作为研究示例，并不代表绿色和平对相关企业进行批评或推荐。

除标明引用的内容以外，本报告期内所有内容(包括文字、数据、图表)的著作权及其他知识产权归绿色和平所有。如需引用本报告中的数据及图表，请注明出处。标明由绿色和平拍摄的照片必须取得绿色和平授权后方可使用。

GREENPEACE 绿色和平

绿色和平是一个全球性环保机构，致力于以实际行动推动积极的改变，保护地球环境。

地址：北京东城区东四十条94号亮点文创园A座201室

邮编：100007

电话：86（10）65546931

传真：86（10）64087851

www.greenpeace.org.cn