



绿色钢铁世界

Green Steel World

| 2025年第11期 | 总第25期 | 2025年11月

订阅热线13701002840



封面推荐：
中钢协与ResponsibleSteel签署MOU 加速低碳钢铁标准统一

编辑推荐：

国内钢厂制氢项目汇览：焦炉煤气制氢为主，电解水制氢为副。

2024、2025【钢铁行业】碳排放权交易市场规则解读

知名报告：推动废钢—电炉短流程的发展：以四川省为例

记录现在
发现未来Capture Now,
Unveil Tomorrow

本刊编辑部力求追求数据的真实性和准确性，但不保证出现一定的偏差或是发生相应的变更，具体以实际发生的数据为准。本文中所涉数据可能由于统计方式的变化发生偏差，最终解释权归本编辑部所有。此报告（数据）仅供客户作为参考，并不构成对客户直接决策建议，客户不应以此取代自己的独立判断，客户做出的任何决策与本刊编辑部无关。

本报告（资料）及所涉及数据为非公开资料，仅供本刊客户使用。未经本刊编辑部书面授权，任何人不得以任何形式传送、发布、复制本报告或数据。本刊编辑部保留对任何侵权行为和有悖报告原意的引用行为进行追究的权利。本报告内容不特别说明时，内容均来源于网络，版权归原作者。



主编观点：

完善促进电炉和氢冶金的发展制度倾向

第十一条【低碳发展】鼓励企业高质高效利用废钢资源，有序发展电炉钢，在有条件地区发展氢冶金，对现有炼铁、炼钢装备实施绿色低碳技术改造。

（一）同一企业（集团）内部退出转炉建设电炉且一并退出配套高炉的项目可实施炼钢产能等量置换，但配套退出的高炉炼铁产能不得用于置换；

同一企业内转炉换电炉，要同步退出高炉才能等量置换，且高炉不能用于置换。

从文中来看，同一企业内部退出转炉建设电炉且一并退出配套高炉的项目可实现产能等量置换，那么是不是可能理解为：不同步退出高炉，就不能享受等量置换了。

但是根据上文的第十条：同一企业集团内部退出高炉或转炉同址翻建同容量的高炉或转炉时，可以等量置换。但是退出转炉建设电炉时却要求同步退出高炉才可以等量置换。且配套退出的高炉不能用于置换。

置换办法中绝大部分情况下，炼铁设备产能和炼钢设备产能是分开分别置换的，就只有企业内部转炉换电炉这一情况，长流程置换短流程，视炉前、高炉和转炉整体视为炼钢设备，一同与电炉进行置换。这实际上形成客观上区别对待。

这样区别对待加大转炉换电炉的难度。钢厂会选择转炉继续置换转炉，不用于置换电炉，继续使用或是更新高炉/转炉。

这样的话与本条开头鼓励企业高效利用废钢资源，鼓励发展电炉的政策倾向不符合。所以应该同步高炉可用于置换。高炉可置换作为鼓励置换电炉的有利条件。或者最起码相关高炉产能可以用于自己企业后期建设氢冶金设备时等量置换。

（二）退出和建设冶炼设备均为电炉的项目可实施炼钢产能等量置换；
电炉换电炉，等量置换。

（三）退出现有高炉，采用氢冶金等低碳工艺技术建设炼铁项目，碳减排比例不低于高炉工艺60%的，可实施炼铁产能等量置换。高炉工艺的碳减排比例依据上年度碳排放交易市场钢铁行业高炉工序碳排放平衡值进行核算。

高炉换达标氢冶金，等量置换。

目前一般情况下，现有氢冶金项目中，如河钢张宣和宝钢湛江都是氢冶金竖炉和电弧炉，但是后期实际氢冶金转型中，因为适用于氢基竖炉+EAF电炉的超高品位的矿石资源很少，那么大部分氢冶金竖炉配加熔分炉生产铁水，再加电炉和或转炉来炼钢。

竖炉用高炉置换，电炉和转炉也可以相应置换，那么新增的熔分炉是不是需要额外炼铁产能置换？还是仅作为竖炉配套设备不需要额外的产能置换？很快这一问题将是较为普遍的现象，可不是极少数孤例和特例情况。建议本次办法中对此做出置换做出明确。



Contents

封面故事

4

中钢协与ResponsibleSteel签署标准互认MOU



2025年9月25日 | 全球工厂工程公司普锐特冶金技术、国际钢铁技术集团奥钢联以及世界领先的矿业公司力拓正在采用一种全新且前景广阔的方法，研究实现二氧化碳净零排放的钢铁生产。今天在林茨奥钢联工厂举行的奠基仪式标志着Hy4Smelt的开工建设。Hy4Smelt是世界上第一个能够结合两项创新技术的工业规模示范工厂：基于氢的超细铁矿石直接还原工艺和电冶炼工艺。

重点专题

5-6

国内钢厂制氢项目汇览：焦炉煤气制氢为主，电解水制为副



宝钢湛江钢铁-华润电力分散式风电项目。国内首个工业园区级大容量分散式风电项目，总装机20兆瓦，采用抗台风海上风机（可抵御70米/秒超强台风），通过自建升压站实现“自发自用、就地消纳”。

政策动态

7-8



2024、2025【钢铁行业】碳排放权交易正式版的市场规则解读

CBAM

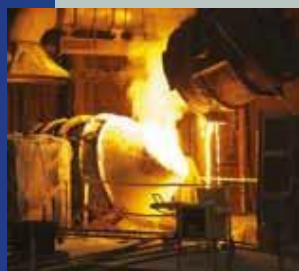
9-10

欧盟通过CBAM简化条例：10项关键修订及未来挑战



国内绿钢装备

11-13



湛江钢铁220吨电炉顺利进入冷调试，首钢迁安：电炉汽车板的产线，2026年一季度投产！昌黎兴国高炉富氢冶炼项目连续运行一年，通过工业化生产实践检验。河钢“氢冶金”示范与实验项目介绍

绿钢外企动态

14-17

外企绿钢动态。



创新技术动态

18-19



JFE：合作开展钢渣碳化和钢渣建设人工海藻床CO2固定研究，Panatere 在瑞士启用全球首批太阳能熔炉，用于生产再生钢

绿钢标准

20

蒂森克虏伯欧洲钢铁公司等6家钢铁企业获得了首批低碳排放钢认证证书。



中钢协与ResponsibleSteel签署MOU 加速低碳钢铁标准统一



在巴西贝伦举行的第30届联合国气候变化大会（COP30）上，中国钢铁工业协会与全球多利益相关方组成的“负责任钢铁”（ResponsibleSteel）组织共同签署了一项具有历史意义的合作谅解备忘录。这一协议标志着全球两大低碳钢铁标准体系为实现互认迈出实质性一步，为覆盖全球超一半钢铁产能的低碳排放标准统一提供了工作框架，为加速钢铁产业链降碳，构建可信、透明的低碳钢铁全球贸易体系注入新动能。

全球共识开启新篇：携手构建国际可比的低碳钢铁标准体系

作为工业部门碳排放的关键领域，钢铁行业贡献了全球约7%—9%的温室气体排放。推动其实现深度脱碳，亟需打破地域与标准壁垒，构建全球统一的温室气体计量与分类体系。此次双方在钢铁标准领域的合作，正是对这一核心挑战的有力回应。双方协议以“废钢变量法”作为关键技术共识，既正视废钢资源的长期稀缺现实，也鼓励各类钢铁生产工艺路线的低碳创新，从而避免对有限资源的低效竞争，推动技术中立方案在全球范围内的应用与普及。

中国钢铁工业协会副会长兼秘书长姜维指出：“协作是统一温室气体排放标准、加快钢铁行业脱碳进程的关键所在。我们基于对科学原则的共同尊重以及对实践成果的相互认可，选择与‘负责任钢铁’开展合作，期待通过紧密协作推动协议目标切实落地。”此次合作不仅标志着中国钢铁行业深入参与全球低碳治理的决心，也是中国标准与国际标准接轨的重要突破。

核心机制：可信互操作性框架与转换工具

双方致力于推动中国C2F低碳排放钢标准和责任钢的第10项原则“气候变化和温室气体排放”在评估和等级方面的互认，通过建立碳计量标准在不同体系间的转换原则，确保温室气体声明的可比性与可信度。基于此，双方将联合开发标准转换工具，使全球钢铁生产商、采购商与政策制定者能够在不同标准体系下实现脱碳进展的等效互认。

“负责任钢铁”首席执行官安妮·希顿指出：“这一协议标志着全球两大钢铁标准体系为实现互认迈出实质一步，为覆盖全球超一半钢铁产能的低碳排放标准统一提供了框架方向，为构建可信、透明的低碳钢铁全球贸易体系奠定基石。”

中国行动：绿色转型与国际担当

中国作为全球最大钢铁生产国，其低碳转型进程对全球气候目标实现具有决定性影响。中国宝武钢铁集团碳中和首席代表王强民表示：“本次合作备忘录的签署，是中国钢铁行业积极践行绿色发展理念、深度融入全球低碳治理的重要里程碑。我们将以此为契机，携手推动低碳钢铁标准的国际互认，共建绿色供应链体系，为全球钢铁工业的低碳转型贡献中国智慧与中国力量。”

此次双方合作的深化，预计将为全球钢铁行业树立新的标杆，加速“绿色钢铁”在全球贸易与消费市场的普及。一个由国际共识驱动、涵盖全产业链的低碳转型新生态正逐步形成，这不仅关乎行业的可持续发展，更是全球携手应对气候变化、迈向碳中和未来的坚实一步。

未来展望：从标准协同到深度脱碳

此次合作亦是践行第28届联合国气候变化大会《钢铁标准原则》的具体行动。目前，中国钢铁工业协会、“负责任钢铁”等60余家签署机构正在为协同推进标准统一做出努力。“负责任钢铁”董事会主席盖瑞·促德表示：“作为全球多利益相关方协调者，我们很荣幸能助力中欧两大产钢区实现真正的产业脱碳。”

随着互认体系的建立，全球低碳钢铁市场将迎来更清晰的规则、更高效的投资与更开放的技术交流。气候组织钢铁部高级经理萨明·汗指出：“当企业面临多种脱碳标准时，此次合作为采购低碳钢材提供了亟需的确定性。”



巴西COP30：国际钢铁界同行到2050年实现净零排放的承诺声明



作为全球钢铁企业，我们在COP30气候大会召开前齐聚一堂，重申我们到2050年实现净零排放的承诺，并将近期行动与1.5°C温控目标保持一致。行业排放量似乎比之前预测的更早达到峰值。虽然这主要是由于产量周期性下降而非结构性脱碳所致，但现在正是将这种下降转化为持久减排的良机。长期以来被视为难以减排的钢铁行业，如今正成为转型的重要驱动力。我们已做好投资准备；但我们需要合适的政策环境，才能将项目计划转化为现实。为了加速从排放峰值向快速、可持续转型的转变，以下条件至关重要：

以废钢为基础的电炉炼钢是减少排放最快捷的方式，需要在废钢、质量和电网条件允许的情况下尽可能扩大规模。即使在雄心勃勃的循环经济模式下，到2050年废钢供应量也难以满足超过一半的需求，这意味着对真正接近零排放的原生钢的需求仍然非常巨大。

氢基直接还原铁（DRI）是实现气候中和型初级钢铁生产的主要技术途径。其在全球范围内的大规模应用需要整个技术价值链——从技术提供商和工程公司到钢铁制造商和投资者——齐心协力、协调一致地努力，以快速扩大产能和部署。

铁矿石、钢铁生产商有望成为能源密集型产业转型领域的全球领导者。通过制定并落实明确的气候中和路径——并以现有的净零排放承诺为基础——他们将证明钢铁行业的转型既可行又具有商业可行性。

实现气候中和的钢铁生产需要可靠且价格合理的再生电力和氢气，以及配套的基础设施。企业将积极与能源合作伙伴和政府合作，以获取这些资源用于钢铁生产。

钢铁行业的规模化转型取决于健全的治理、公平透明的贸易规则以及在技术和投资领域的全球协调行动。国际机构、各国政府、行业参与者和下游客户需要共同努力，以统一标准、减少贸易壁垒并促进跨境合作，从而支持一个具有竞争力且气候中和的钢铁行业。

各国政府需要通过制定支持性政策框架来支持钢铁价值链上的转型。需要采取措施加快投资、降低风险并刺激需求，才能为气候中和钢铁创造可行的商业模式。

我们将尽己所能：将生产基地改造为近零排放路线，签署长期承购协议，投资于员工技能和供应商发展，并如实披露产品碳足迹。但项目必须立即获得最终投资决定（FID），而不是等到2030年代。通过上述政策，我们可以在本十年内锁定数百万吨近零排放初级产能和绿色钢铁供应链，同时将循环经济的潜力发挥到极致。

在巴西举行的COP30——聚焦工业脱碳和项目落地——应该是我们将雄心壮志与切实可行的交付成果相结合的契机。只要我们拥有稳定的规则、公平的竞争和风险可控的清洁原材料，就能构建世界亟需的、具有韧性和竞争力的净零排放钢铁体系。



钢铁行业碳减排，生态环境部最新发声！

今年3月份，国务院正式批准了将我们钢铁、水泥、铝冶炼这三个行业正式纳入到碳排放权交易市场，这是今年我们一项重点工作。我们也按照相关工作部署发布了《全国碳排放权交易市场覆盖水泥、钢铁、铝冶炼行业工作方案》，实现碳市场首次扩围。纳入碳市场将有效推动这三个行业的绿色低碳转型，主要体现在以下三个方面：

一是增强减排驱动，压实企业减排责任。“十五五”期间，全国碳排放权交易市场将逐步由强度控制转向总量控制。到2027年，对碳排放总量相对稳定的行业优先实施配额总量控制。钢铁、水泥、铝冶炼这三个行业纳入后，将通过配额总量和分配方案，有效的压实企业的减排责任，为国家温室气体排放控制目标实现提供有效的保障。

二是带动低碳投资，加速绿色低碳技术的创新和推广。自全国碳市场启动以来，发电行业重点排放单位都建立了碳排放管理的内部控制制度，将碳资产管理纳入日常的生活经营活动。有的企业通过低碳技术改造，生产流程的优化实现了配额的扭亏为盈。碳市场的收益还能反哺技术创新和绿色低碳转型。全国碳市场扩围将会驱动更多的企业通过有关技术创新、节能技改、提升管理效益等这些方式，减少碳排放，进而有效带动低碳、零碳、负碳技术的开发和投资，为重点排放单位的绿色低碳转型提供技术和资金保障。



三是促进价值发现，提升绿色低碳转型的成本效益。根据我们的统计，通过碳排放权交易，在前两个履约周期发电行业的总体减排成本降低约350亿元人民币，钢铁、水泥、铝冶炼三个行业纳入之后，行业的主体进一步多元，通过碳排放权交易市场推动跨行业资源配置，有利于降低全社会的减排成本。另外，我们也注意到，近期全国碳排放权交易市场的价格出现了一定幅度的波动，在这里我想强调一下的是，碳价是通过交易行为由市场自发形成的，主要受供需关系、市场预期、交易行为以及市场心理等多重因素影响，短暂的波动也是正常的。下一步，正如我在前面已经回答的，我们将进一步按照两办《意见》的相关工作部署，持续扩大行业的覆盖范围，在碳排放总量相对稳定的行业优先实施配额总量控制，推行配额有偿分配，丰富交易主体，进一步收紧四个行业的配额。通过上述措施，进一步强化碳市场的定价功能，推动形成更好反映真实减排成本的碳价，努力实现碳减排资源配置效率的最优化和效率的最大化。谢谢！

钢铁行业碳减排，国家发改委最新发声！

国家发展改革委党组书记、主任郑栅洁在回答记者提问时指出，首先，是加快构建实施碳排放总量和强度双控制度。《建议》提出稳步实施地方碳考核、行业碳管控、企业碳管理、项目碳评价、产品碳足迹等制度，建立健全覆盖各类主体的激励约束制度体系。

其次，是加快能源绿色低碳转型。重点有三项工作：一是以更大力度发展非化石能源，加快西北风电光伏、西南水电、海上风电、沿海核电等清洁能源基地建设，因地制宜开发生物质能、地热能、海洋能等新能源；二是推进化石能源清洁高效利用，推动煤电由基础保障性电源转为支撑调节性电源；三是加快建设新型电力系统，确保绿电发得出、电网接得住、终端用得好。

第三项举措，是加快产业结构绿色低碳转型。目前我国绿色低碳产业规模约11万亿元，未来5年还有翻一番乃至更大的增长空间，特别是“十五五”时期，力争建成100个左右国家级零碳园区，将为绿色低碳产业带来巨大发展空间。一手做减法，推进重点行业节能降碳，将在钢铁、有色、石油化工等重点行业深入实施节能降碳专项行动，力争实现节能量1.5亿吨标准煤以上，可以减少二氧化碳排放约4亿吨。

第四项举措，是加快生产生活方式绿色低碳转型。在生产方面，深入推进清洁生产，实施大规模设备更新，大力发展循环经济，力争到2030年，大宗固废年利用量达到45亿吨左右，同时加快建筑和市政设施节能改造，提高大宗货物的铁路、水路运输比例。

国内钢厂制氢项目汇览：焦炉煤气制氢为主，电解水制为副。

1、**武钢气体焦炉煤气制氢项目**。武钢制氢项目是武钢气体新建一套煤气制氢装置。主要设施包括2台10000m³/h螺杆压缩机、3台10000 m³/h往复压缩机、5台1000 m³/h氢气膜压机、12套氢气充装站、1套火炬塔等工艺设施以及配套的辅助设施。2021年6月30日上午，武钢有限焦炉煤气制氢项目开工仪式，焦炉煤气制氢项目共分两期建设，一次规划、两步实施，总产能规模达16000Nm³/h。其中项目一期设计产能8000Nm³/h，计划2022年4月份投产。

2、**鞍钢股份与中集安瑞科首个焦炉气制氢联产LNG项目**。由中集安瑞科及鞍钢股份共同投资建设的“焦炉气制氢联产LNG”项目于2024年9月份正式投产，基于鞍钢丰富的焦炉气资源，具备1.5万吨氢气的年产能。

3、**临沂钢投氢能产业基地项目**。该项目由临沂投资发展集团有限公司与临沂恒昌焦化股份有限公司联合投资建设，总投资15.7亿元，规划用地363亩，主要生产工业氢气、高纯氢气、LNG产品和中压蒸汽等，建成投产后可实现年产值20亿元、利税2亿元。该氢能产业基地项目利用上游116万吨煤炭干馏处理综合利用项目副产的焦炉煤气，通过压缩、净化、脱碳、深冷分离制得LNG/CNG产品，深冷分离出口部分富氢气送至PSA提氢装置，生产工业氢产品和高纯氢产品。

4、**凌源钢铁集团焦炉装备升级绿色发展改造项目配套的焦炉煤气制LNG、氢能项目**。2025年9月，由能源科技与中集安瑞科共同投资建设的焦炉煤气综合利用项目“凌源钢铁集团焦炉装备升级绿色发展改造项目配套的焦炉煤气制LNG、氢能项目”试产成功。凌钢项目自2023年12月立项，2024年6月28日正式开工建设。以凌钢焦炉煤气为原料，通过国际领先的工艺链生产LNG、液氨等低碳清洁能源。

5、**中冶京诚焦炉煤气制氢项目**。2025年9月，中冶京诚工程技术有限公司总承包的广西宏旺新材料科技有限公司高性能硅钢（一期）制氢站项目正式投运。该项目采用变压吸附法（PSA），从焦炉煤气中提取出纯度高达99.999%的高纯氢气。

6、**包钢绿电电解水制氢项目**。2022年7月，包钢集团与申能集团在包头市白云鄂博矿区共同投资建设14MW分散式风电与氢能项目，将在包钢厂区内建设一座副产气制氢加氢一体站，应用23辆氢燃料电池车，双方将致力于通过车辆运营和氢储能



示范应用项目，带动当地氢能装备制造业等产业发展。

2024年8月消息，14MW分散式风电及氢能一体化项目已开工建设。

7、**辛集澳森特钢风电离网制氢一体化项目**。该项目拥有一个位于7.3平方公里土地上的300兆瓦直流/240兆瓦交流太阳能场，站点的750,000块太阳能电池板几乎可以满足该工厂的所有年度电力需求，使其成为全球首个以太阳能为主供电的钢铁厂。240兆瓦光伏系统通过300兆瓦直流场与电弧炉直接耦合。商业模式：与Xcel Energy签订20年固定电价协议，通过绿电认证（如I-REC）应对欧盟碳关税，出口成本降低15%。

8、**昌黎县兴国可再生能源电解水制氢**。该昌黎县兴国精密机件有限公司“30万m³/d可再生能源电解水制氢-450m³高炉富氢冶炼”工业化应用示范项目，该项目采用隆基氢能和派瑞氢能单体3000Nm³/h电解槽，已于2025年初顺利投产。

9、**张宣科技全球首例120万吨氢冶金示范项目**，该项目一期已投产，2024年8月和亿华通风氢一体化源网荷储综合示范工程项目签署战略合作协议，拟采用亿华通张家口项目所产绿氢。亿华通张家口风氢一体化项目建设20万千瓦风电、2.4万标方/小时制氢站，2024年11月，中国电建昆明院报价15.2亿中标该项目EPC。

10、**鞍钢绿氢零碳流化床高效炼铁新技术示范项目**，采用国际先进的电解水技术，实现绿氢规模化高效制备和制氢·炼铁能质耦合制氢，单槽制氢规模可达1500Nm³/h，项目于2022年9月开工，2024年11月投产，12月该项目入选中央企业科技成果应用拓展工程项目清单。

11、**荣程集团光伏绿电制加氢一体化氢冶金试验项目**。荣程在氢能早有布局，早在2021年，加氢站布局了1300Nm³/h的光伏电解水制氢加氢一体站。

迁安国内产能最大钢铁焦炉煤气制氢项目群

位于河北省迁安经济开发区的10000标准立方米每小时电池燃料氢项目2023年正式投产，该项目利用焦炉煤气等工业副产气作为原料制备电池燃料氢气，是目前国内已投产的单体产能最大的电池燃料用氢气生产项目，也是国内产能最大的钢铁工业(焦化)尾气制燃料氢项目。

据悉，该项目入选河北省重点建设项目、河北省战略性新兴产业产业化项目，总投资11756万元，于2022年4月开始开工建设，主要建设技术领先的燃料电池用氢气生产装置两套，达产后将实现年产燃料电池用氢气7200吨，每天可满足700辆燃料电池重型卡车及其他燃料电池汽车的使用，每年可助力二氧化碳减排超8.2万吨。

“我们设立了10亿元的产业发展基金，围绕氢能全产业链应用场景，加快打造氢能创新链和产业链。”



目前，迁安市已建成近万吨制氢产能，年产300套的燃料电池项目小试验线已具备生产能力，5000套生产线预计将于今年8月份投产，已建成加氢站3个，日供气能力达5吨，能满足150辆氢能重卡用气需求。”迁安市发展和改革委员会局长毛泽平介绍说。

燕山钢铁集团有限公司1#加氢制氢一体站项目

项目概况：该项目在燕山钢铁厂区东南角，在现有1#加氢站基础上扩建，总占地面积约19598.3m²，新增占地面积8184.3m²，总建筑面积2530.86m²。

建设内容：主要建设4×1000m³/h碱性电解槽制氢设备、配套20MPa增压系统、20MPa高压氢气储存系统、至1#加氢站的输氢管道，以及制氢车间、控制站房等。

项目进度：2025年4月14日企业投资项目备案获批复，4月28日进行环评第一次公示，6月3日通过建设工程设计方案审查，6月11日申报多项专项审查且供电设施方案通过审查，7月10日通过节能审查。

技术应用：利用电网平谷时段电源制氢，为氢能重卡提供绿氢支持。

项目意义：建成后将具备制氢、储氢、运氢、加氢一体化功能，加氢能力为3000kg/d（12小时），制氢规模达4000m³/h，可与燕山钢铁现有氢能重卡、氢燃料电池业务形成产业链闭环，助力钢铁行业绿色转型。



H2GEN：利用高炉煤气和转炉煤气无电力制氢工艺

钢铁厂的废气，如高炉煤气和转炉煤气，可以在H2Gen技术中使用，在将CO₂捕集到一个富集流的同时产生高纯氢气。H2Gen通过利用存在于不同气体成分之间的超电势（电压）来驱动，而不是用电来实现这一目标。H2Gen技术利用了传统固体氧化物电解槽（SOEC）领域数十年的发展。与传统的固体氧化物电解槽类似，H2Gen技术通过氧离子导电电解质将氧离子从阴极转移到阳极，工作温度通常在800-900°C之间。由于在高温下热力学和动力学的改善，

高温操作可以提高效率。然而，与传统的电化学反应器不同，电子通过电解质内导电过程（也称为混合导电电解质）从阳极转移到阴极，如图1所示。H2Gen与碳捕集相结合，可以减少高达80%的CO₂排放量，同时保持联合炼钢路线经济的吸引力。含有不同水平CO、CO₂、N₂和H₂的原料可以通过最少的预处理加以利用。该工艺在800-900°C的温度范围内运行。根据原料构成，一旦提升到这个温度范围，该工艺可自行启动。这意味着，除了运行辅助设备（例如压缩机、控制器、阀门等）的电外，该工艺运行不需要额外的电力。



短期内焦炉煤气制氢有成本优势



在国家和地方政府的产业政策支持下，我国氢能产量增长明显。由于焦炉煤气中含有55%~60%的氢气，并且焦炉煤气制氢流程短、能耗低，企业采用焦炉煤气制氢已逐步成为优化能源结构的重要途径之一。

焦炉煤气制氢在长流程钢铁企业应用比较广泛，其成本竞争力在氢能行业中具有显著优势。笔者从工艺流程、成本结构、技术成熟度、政策支持及市场应用等角度进行深入分析后认为，焦炉煤气制氢凭借低成本、成熟工艺和政策优势，在短期内是氢能供应体系中性价比最高的路径之一；尽管绿氢是长期发展方向，但在未来5~10年内，焦炉煤气制氢仍将主导工业副产氢市场，尤其是在焦化产业密集区域具有不可替代的竞争力。

焦炉煤气制氢工艺流程

目前，工业化常用的焦炉煤气制氢的方法为变压吸附法（PSA），其核心原理为通过压力周期性变化实现吸附剂对杂质的选择性吸附与解吸，利用焦炉煤气中氢气与其他气体组分在吸附剂上的动力学特性差异完成分离，最终获得高纯氢气。该工艺无需化学反应，依赖物理吸附的可逆性，具有能耗低、操作温度温和（常温）的优势，具体流程如图所示。

焦炉煤气制氢成本结构分析

焦炉煤气制氢的核心优势在于其原料来源的副产属性及对现有设施的利用。

一是原料成本低。焦炉煤气是焦炭生产过程中的副产品（氢气含量约60%），成本较低，通常为0.5元/立方米~1元/立方米。焦化厂利用焦炉煤气制氢时原料获取成本几乎为零。与其他制氢路径（如电解水制氢）相比，无需额外购买能源或原料，大幅降低了基础成本。二是设备与工艺成本低。从工艺成熟性来看，焦炉煤气制氢采用变压吸附（PSA）技术，工艺简单且技术成熟，规模化生产能力强，分离提纯效率高，

设备投资较少，投资回收期短。例如，小规模制氢可直接利用现有焦化厂设施，无需新建产线。某企业通过焦炉煤气制氢的年产能已达3.6万吨，并配套建设加氢站，形成区域供应网络。

从工艺成本来看，PSA装置、净化系统、压缩机等设备，初始投资规模PSA提氢装置投资约6000万元~10000万元（处理量2万标准立方米/小时），对应氢气成本约4元/千克~5元/千克。

电力成本主要产生于压缩、分离等工艺，占比约30%~40%。每公斤氢气耗电约4千瓦时~6千瓦时，按工业电价0.6元/千瓦时~1.0元/千瓦时计算，所需电力成本为2.4元/千克~6元/千克。

焦炉煤气含硫化物（H₂S）、苯等污染物，需经过脱硫、脱苯处理，尾气处理成本约为1.2元/千克~3元/千克。

三是运营与维护成本低。由于焦炉煤气制氢依附于焦化生产流程，提纯设备的能耗和维护成本较低，大约为0.2元/千克~0.5元/千克。例如，提纯氢气所需的能耗主要集中在PSA环节，而焦化厂本身的能源供应已可覆盖大部分需求，进一步压缩了运营成本。

四是综合成本低。焦炉煤气制氢的综合工艺成本约为8.3元/千克~15元/千克，显著低于其他主流制氢方式。其成本优势主要源于原料为焦化生产过程中的副产物，无需额外投入原料费用。

与其他制氢方式的成本对比：灰氢（化石能源制氢）。焦炉煤气制氢属于灰氢范畴，但其成本优势明显。例如，某企业2025年的灰氢生产成本约为10元/千克，而传统煤制氢因环保成本上升（如碳捕捉技术）导致成本增至15元/千克~20元/千克，焦炉煤气制氢的环保压力较小，综合成本更低。

绿氢（电解水制氢）。绿氢成本受制于电价和设备投资，2024年全国电解水制氢成本为21元/千克~46元/千克，是焦炉煤气制氢的2倍以上。即使未来绿氢技术突破，短期内焦炉煤气制氢仍具价格优势。

其他工业副产氢路径。氯碱副产制氢综合成本为13.44元/千克~20.46元/千克，需处理氯气等杂质，提纯成本较高。丙烷脱氢综合成本为14元/千克~20.16元/千克。

2024、2025【钢铁行业】碳排放权交易市场规则解读

1 碳配额分配范围（针对的企业是谁？）

适用于纳入全国碳排放权交易市场钢铁行业2024、2025年度重点排放单位名录的企业（生产线、工序）配额分配，配额核定前关停以及2024、2025年新投产的企业（生产线、工序）不纳入当年度配额分配范围。

2 覆盖温室气体种类（针对企业的排放气体种类有哪些、包括哪些过程？）

钢铁行业覆盖温室气体种类为二氧化碳（CO₂）

钢铁行业覆盖化石燃料燃烧、工业过程等产生的温室气体直接排放，不覆盖因消耗电力、热力等带来的间接排放。只针对钢铁企业中的炼铁工序和烧结工序，其他工序暂未覆盖。

3 配额计算方法（企业能分配到多少碳配额？）

2024年度钢铁行业重点排放单位获得的配额与其经核查的实际碳排放量相等。

2025年度钢铁行业重点排放单位配额按照行业盈亏基本平衡的原则进行分配，配额盈缺率控制在较小范围内，具体计算方法如下。

3.1 碳排放强度偏离度（先看看企业在行业的排序）

钢铁企业碳排放强度偏离度计算公式如下。

$$X = (1 - I / BP) \times 100\%$$

式中：X—钢铁企业碳排放强度偏离度，单位：%；

BP—2025年度钢铁行业平衡值，2025年度钢铁行业碳排放配额总量与应清缴配额总量相等时对应的重点工序（炼铁、烧结工序）碳排放强度，单位：tCO₂e/t炼铁工序产品产量；

I—钢铁企业重点工序（炼铁、烧结工序）排放总量与炼铁工序产品产量的比值，根据当年度核查结果确定，单位：tCO₂e/t炼铁工序产品产量。

3.1.1 企业主要工序吨产品对应的碳排放强度I

钢铁企业重点工序（炼铁、烧结工序）排放总量与炼铁工序产品产量的比值计算方法如下。

$$I = (E_{\text{烧结}} + E_{\text{炼铁}}) / Q_{\text{炼铁}}$$

式中：E炼铁—钢铁企业炼铁工序碳排放量，根据当年度核查结果确定，单位：tCO₂e；

E烧结—钢铁企业烧结工序碳排放量，根据当年度核查结果确定，单位：tCO₂e；

Q炼铁—钢铁企业炼铁工序产品产量，根据当年度核查结果确定，单位：t。

3.1.2 行业平衡值BP计算方法

年度行业平衡值BP（碳排放强度平衡值）是依据规定的配额分配方法，基于行业全部重点排放单位当年度碳排放核查结果，测算得到的行业碳排放配额总量与应清缴配额总量（经核查排放量）相等时对应的主要工序碳排放强度水平（详见如下计算公式），反映了行业总体碳排放绩效（基准水平），是确定企业碳排放强度偏离度和碳排放强度系数的重要依据，可通过全国碳市场管理平台（以下简称管理平台）进行查询。

经过多次迭代计算即可求出BP值，企业只需通过全国碳市场管理平台进行查询。

3.2 碳排放强度系数分配原则（按照激励先进、鞭策落后的原则根据排序分配奖惩系数）

2025年度钢铁企业碳排放强度系数根据其重点工序吨产品碳排放量与行业平衡值的差距，即碳排放强度偏离度（X）确定（表1）。

3.3 配额量计算

钢铁行业配额基于企业法人或钢铁联合生产企业进行计算，年度核定配额计算公式如下：

$$A = E \times (1 + \alpha)$$

式中：A—钢铁企业配额，单位：tCO₂e；E—钢铁企业碳排放量。根据当年度核查结果确定，单位：tCO₂e；α—碳排放强度系数，表征企业碳排放强度控制水平先进性的指标；当企业优于行业基准水平时，取值>0；反之则取值<0。

举例分析：

表1 企业上报数据摘要

企业	总量E, 万吨	产品量, 万吨	强度I, tCO ₂ /产品
A	3500	2000	1.40
B	6000	4000	1.50
C	9600	6000	1.60
D	10200	6000	1.70
E	28411.2	15784	1.80
F	7600	4000	1.90
G	12000	6000	2.00
H	20500	10000	2.05
I	24000	12000	2.00
G	35200	16000	2.20
合计	156311.2	81784	

参考上述数据进行分析，过程略，计算结果如下：

碳排放强度I, tCO ₂ /产品	BP, tCO ₂ /产品	N, %	α	碳排放配额, 万吨	配额盈余, 万吨	企业
1.40	1.941070	27.87%	3.0000%	2884.00000	84.00000	A
1.50	1.941070	22.72%	3.0000%	6180.00000	180.00000	B
1.60	1.941070	17.57%	2.6357%	9853.02581	253.02581	C
1.70	1.941070	12.42%	1.8829%	10390.01741	190.01741	D
1.80	1.941070	7.27%	1.0901%	28720.92360	309.72360	E
1.90	1.941070	2.12%	0.3174%	7624.12061	24.12061	F
2.00	1.941070	0.04%	-0.8548%	11945.35282	-54.64718	G
2.05	1.941070	-5.61%	-0.8418%	20327.43551	-172.56449	H
2.00	1.941070	0.04%	-0.8548%	23890.70564	-109.29436	I
2.20	1.941070	-3.34%	-2.0099%	34495.67177	-704.32823	G
BP平衡值	1.941070			156311.2332		
排放与分配的差值				-0.05318		

知名报告：推动废钢—电炉短流程的发展：以四川省为例



在“双碳”目标与我国生态文明建设战略的双重驱动下，作为我国碳排放量最大的工业领域之一，钢铁行业的低碳转型路径选择对实现国家“碳达峰、碳中和”目标具有决定性意义。传统长流程炼钢（高炉—转炉工艺）因依赖铁矿石和煤炭等原燃料，面临碳排放强度高挑战；而以废钢为主要原料的废钢—电炉短流程（以下简称“电炉短流程”）则因其低碳、节能、布局灵活等优势，成为钢铁行业绿色转型的核心方向之一。

作为我国西南地区的重要工业基地和钢铁生产大省，四川省在推动电炉短流程炼钢的实践中，通过政策引导、产业协同、技术创新和金融支持等多维度措施，形成了具有区域特色的典型经验，为我国其他地区乃至全球钢铁行业低碳转型提供了可复制的实践参考。为此，课题组选择四川作为典型，开展案例研究。从发展电炉短流程的要素分析入手，梳理了当地的基础条件，总结了突出经验，并在剖析制约进一步发展的障碍基础上，分别对本地特有问题和全国共性问题，提出破解思路和建议。

研究发现

从资源的角度来看，废钢资源量长期存在缺口。2024年，四川省本地废钢资源量从2020年的886万吨提升至964万吨，而本地钢铁企业废钢消耗量由1088万吨增至1115万吨，废钢资源存在151万吨的缺口。据估算，四川有约30%的废钢资源来自外省。根据模型预测，尽管四川省未来废钢资源量将随钢铁制品报废年限临近而持续增长，但废钢资源缺口将长期存在，这将成为四川省电炉短流程发展的核心制约。

从能源的角度来看，绿电供给充裕，可满足未来发展要求。据估算，四川省钢铁行业用电量预计从目前的180亿千瓦时增长到2030年的约210亿千瓦时，达到峰值；随后因

产业结构调整而持续下降；其中电炉短流程用电量将长期增长，至2050年前后达峰值约120亿千瓦时。综合来看，四川省电力装机与发电量持续提升，叠加甘肃等地绿电输入，未来发电能力可满足电炉短流程企业的发展需求。

四川在发展电炉短流程的过程中已形成一系列关键经验。包括按照“城市钢厂”理念，深度融入区域市场，网络化、分布式布局，实现产城融合发展；充分将本地水力资源丰富的资源禀赋转化为电力优势；以及在政府引导下推动电炉短流程集团化发展，通过打通采销一体化平台，提高电炉短流程企业废钢收购中的议价能力和规模效应。截至2025年9月，四川省电炉总计19座（合计粗钢产能3230万吨），电炉短流程占比约40%，远高于全国平均水平。四川还通过废钢回收加工配送基地建设与集团化发展战略，电炉短流程已初步形成“普、优、特”结合的多元产业格局，竞争力显著增强，为传统钢铁产业的绿色低碳转型提供了可复制的实践路径。

四川省电炉短流程发展的过程中也仍面临诸多挑战。这些挑战里，有些是本地特有的，如钒钛资源与电炉短流程协同乏力、清洁能源优势难以转化为产业优势、产品竞争力不足等；也有全国共性的，如废钢资源“质与量”双重困境、废钢回收环节的财税难点、吨钢成本高、低碳优势难以转化为经济优势等。

研究建议

针对四川省电炉短流程的特有挑战，立足本省资源与区位优势，提高绿钢市场价值。对内应推动钒钛资源与电炉短流程工艺协同，以高端化提升产品竞争力，并积极探索绿电利用新模式，将清洁能源优势切实转化为产业低碳优势；对外依托中欧班列拓展出口市场，同时以政府绿色采购为切入点，从需求侧培育低碳钢铁产品的绿色溢价生态，全面构建可持续发展的产业新格局。

针对全国电炉短流程的共性挑战，需从资源保障、产业布局、政策机制三方面协同发力。在资源保障方面，鼓励电炉企业参与或建立废钢加工基地，完善财税政策，强化废钢资源保障，规范行业秩序；在产业布局方面，结合各地资源禀赋与市场需求，以“城市钢厂”为导向，因地制宜、试点推动电炉短流程有序发展；在政策机制方面，构建低碳钢铁产品绿色溢价分摊机制，加快将电炉短流程钢铁企业纳入碳交易体系，将低碳优势转化为经济价值等。

中信泰富特钢助力斯凯孚近零碳轴承解决方案发布

近日，2025斯凯孚（SKF）中国及东北亚区供应商大会圆满举行。本次大会，斯凯孚重磅发布近零碳轴承解决方案，助力工业领域绿色转型。中信泰富特钢作为重要合作伙伴，为项目提供核心近零碳轴承钢材料支撑。

斯凯孚近零碳轴承新品为国内工业领域首创，碳足迹低至0.91kg CO₂ eq，实现了100%废钢与100%可再生能源制造。产品已通过第三方权威机构认证，符合国际标准，可畅通交付全球客户。轴承钢作为轴承制造重要原材料，性能与质量要求最高、生产制造工艺最复杂，因此碳核算、碳追溯具有较高难度，是攻克近零碳轴承项目的核心挑战。中信泰富特钢以可持续发展为根基，始终致力于满足用户的绿色低碳需求。近年来，中信泰富特钢与SKF围绕绿色低碳产品的研发、制造、市场推广，以及碳核算与碳足迹评估的准确性与公信力等方面展开深度合作。双方于2024年8月19日签署《绿色低碳战略合作协议》，共同开启全方位绿色低碳合作的新篇章。

本次项目的成功开发，是中信泰富特钢践行“绿色制造 制造绿色”可持续发展理念的重要成果，是携手产业链伙伴协同创新，共同推进低碳产品研发的有力实践。面向未来，中信泰富特钢将持续深化与产业链各方的合作，携手共创绿色低碳的产业链生态。



武钢有限炼钢厂实现高废钢比50%绿色冶炼新突破

近日，武钢有限炼钢厂成功完成三炉废钢比超50%的品种钢生产，标志着武钢有限在绿色低碳冶炼技术上取得重要突破，为实现钢铁行业“双碳”目标迈出关键一步。

什么是废钢比？

废钢比是废钢投入量占总金属料（包括铁水和废钢）的比例。提高废钢比是实现产品降碳的关键措施，资料显示，长流程钢铁生产中废钢比每增加10%，吨钢二氧化碳排放量减少约6%。

近年来，武钢有限全面落实绿色低碳发展战略，持续开展“绿钢”产品研发和推广，通过“高炉+炼钢”多点加废钢，多次组织生产全流程超50%废钢比的大废钢比产品。

然而，在不同认证标准体系下，对废钢比的核算方式存在一定差异。为满足客户对大废钢比产品的需求，此次生产任务要在高炉不添加废钢的情况下，实现炼钢工序废钢比达50%，这意味着需要对传统的铁水和废钢配比模式进行根本性优化，对生产过程控制提出了极高要求。

四炼钢分厂技术团队提前开展了多轮技术论证和模拟试验，科学规划了倒罐、转炉、精炼的废钢分配方案，明确了

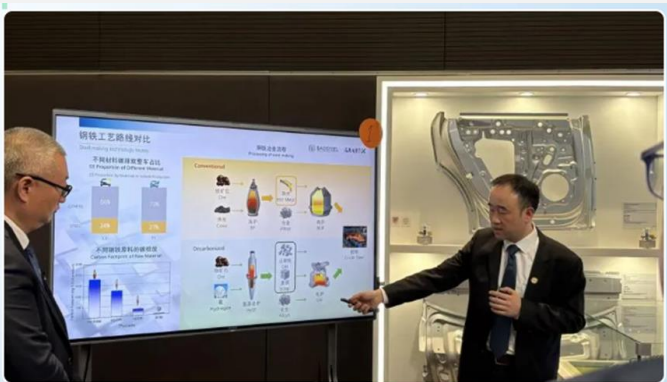
各环节的量化指标与控制要点。

最终，三炉订单生产实现了废钢多路径添加、纯净度保障和残余元素稳定控制，产品成分、工艺、性能均满足用户需求，废钢比全部优于50%的目标值。

此次生产，验证了炼钢工序高比例废钢冶炼技术方案的可行性，为推动企业绿色转型和提升产品竞争力打下了坚实基础。炼钢厂将以此为契机，持续攻克技术瓶颈、积累实践经验，致力于更高标准的大废钢比产品批量生产，为公司绿色低碳发展贡献力量。



宝钢汽车板亮相宝马中国供应链可持续发展创新日



2025年11月6日，宝马中国供应链可持续发展创新日在沈阳拉开帷幕。宝钢股份作为钢铁行业内唯一受邀企业携低碳排放全技术路径及解决方案重磅参展，以“低碳化&轻量化助力全球汽车产业可持续发展”为核心主题，与全球汽车行业伙伴共探供应链可持续创新路径。宝钢股份宝山基地副总经理李东江带队参加活动。

活动现场，主办方致欢迎词并阐述了供应链可持续发展的核心理念。宝马中国亚洲区采购和供应商网络发展供应链可持续发展总监Karl Barth先生详细解读了宝马供应链可持续发展战略，

介绍了与核心供应商相关方面的合作，华晨宝马汽车有限公司大中华区不动产建设管理部副总裁Erik Zizow先生分享了宝马在循环经济、可持续发展领域的最佳实践案例以及行业领先的脱碳解决方案等。

宝钢展台位于一号展位，面对活动日首批VIP 交流团，宝钢汽车板专业团队通过对低碳冶金前沿技术的解读，系统阐述宝钢在汽车供应链低碳转型中的核心价值、战略规划和实施行动。宝钢股份作为全球产销量最大的汽车板供应商，已构建起覆盖“材料研发-工艺装备-生产制造-回收循环”的全生命周期绿色体系。目前可供应减碳30%~65%的BeyondECO®汽车板产品，累计与20余家汽车用户完成约70个零件，全面覆盖车身内外板、车身安全结构、座椅等汽车关键核心应用场景，全球汽车产业低碳转型提供坚实支撑。



云南省钢铁行业首套CO2回收捕集装置投运!

11月10日，云南省首套钢铁行业“二氧化碳捕集、封存、利用（CCUS）”中试装置在武钢集团昆明钢铁股份有限公司（以下简称武昆股份）正式建成投运，标志着云南省钢铁行业向绿色低碳转型迈出了关键步伐。

“CCUS”技术，作为应对全球气候变化、实现化石能源大规模低碳利用的关键技术路径之一，特别是对于钢铁行业实现深度减碳目标具有至关重要的意义。武昆股份于2023年联合云南省生态环境科学研究院、昆明理工大学、中国科学院过程工程研究所共同申报云南省“钢铁行业二氧化碳低成本捕集、资源化利用及封存关键技术研发与示范”科研项目，项目共包括4个课题，分别是“云南钢铁行业CO2排放现状以及碳捕集可行性和潜力评估”、“钢铁行业二氧化碳吸收捕集关键材料及工艺研发”、“钢铁行业CO2封存与资源化利用技术研发”和“钢铁行业CO2捕集技术及资源化利用集成和示范”。该项目是武昆股份主动创新、践行绿色低碳的关键行动，将为云南省乃至国内钢铁行业的



“双碳”工作提供实践经验和技术案例，对于推动钢铁行业整体减排进程具有重要的探索和示范意义。项目的标志性工程是由武昆股份负责在高炉热风炉烟气上建设一套年捕集1000吨CO2的中试示范装置，其关键技术工艺采用由中国科学院过程工程研究所研发的“CO2相变吸收技术及多元复合相变吸收剂”，对高炉热风炉烟气中CO2进行高效捕集，显著提升二氧化碳的捕集率和纯度，有效降低捕集能耗，目标要实现烟气中CO2捕集率大于90%，捕集后的CO2纯度大于95%，捕集能耗低于2.2GJ/吨，且稳定运行2000小时以上，力争从生产实践和技术经济性上取得实质性突破，为后续工业化应用打牢基础。



攀钢碳捕集技术助力国内知名企业绿色发展



近日，攀钢与国内一家知名企业签订碳捕集中试平台使用技术服务合同。这标志着攀钢自主研发的碳捕集中试平台首次实现对外技术服务。

根据合同要求，攀钢有关单位将依托碳捕集中试平台，为企业开展烟气脱碳剂定制化试验。试验以该企业自研的2种脱碳剂为对象，模拟两类废气环境，测试脱碳剂关键指标。试验数据将作为核心依据，支撑该企业将脱碳剂应用于沼气处理工程。

此次合作并不是“偶然选择”。之前，这家企业的项目团队专门走访了国内多家科研院所和大学，实地考察碳捕集中试装置，并进行了多轮技术交流。该企业项目团队负责人表示，最终选择和攀钢合作，关键原因在于攀钢的碳捕集中试平台有明显优势，

比如能更省原材料、能实时盯着关键数据不跑偏、整个流程不用人工手动操作而是自动控制，完全能满足企业对试验精度的高要求。

为了响应国家“双碳”政策要求，助力企业绿色低碳发展，攀钢2022年在研究院建成了碳捕集中试平台，能为低能耗化学吸收法捕集二氧化碳工艺研究、脱碳剂性能测试等提供全流程试验支持。

2023年至2024年，攀钢将碳捕集中试装置搬到现场，在冶材公司石灰石回转窑炉废气环境中闯“两关”：第一关是长达6个多月的“参数细测”，摸清不同工况下的运行规律；第二关是20天的“连续耐力赛”，验证稳定运行能力。结果显示，在废气二氧化碳含量8%-10%、处理量25立方米/小时的条件下，二氧化碳去除率达90%，同时产出纯度 $\geq 99\%$ 的二氧化碳气体，每小时产量2千克，技术水平比肩行业示范工程。

攀钢碳捕集技术“首单”服务落地，标志着该技术成果已成熟并开始市场化运作。攀钢有关单位负责人表示，未来将依托中试平台升级技术、深化合作，推动碳捕集利用工程化，为行业“双碳”转型提供可复制的“攀钢方案”。（王笑竹 邱正秋 郭跃华）

湖南钢铁集团绿色低碳研究中心正式揭牌成立

10月27日，湖南钢铁集团绿色低碳研究中心正式揭牌成立。此举标志着集团公司绿色转型发展迎来新的重要里程碑。

集团公司党委书记、董事长李建宇，党委副书记、副董事长、总经理阳向宏共同为中心揭牌，集团公司党委委员、技术研究院院长汪净主持揭牌仪式。在家的集团公司领导及各相关部门负责人共同见证这一历史时刻。

阳向宏在致辞中指出，绿色低碳研究中心的成立是湖南钢铁集团深入贯彻习近平生态文明思想、认真落实国家“双碳”目标的重要举措，是把握产业变革机遇的主动作为。当前，绿色低碳转型已成为国家战略核心与高质量发展的关键，湖南钢铁作为全省国有企业和工业企业排头兵，将勇担政治责任、社会责任，走在前、作表率，以绿色低

碳转型不断锻造未来发展核心竞争力。

战略规划引领者。以碳达峰碳中和为牵引，科学动态优化集团“双碳”实施路径，建立完善覆盖全集团、全流程的碳管理体系。

技术攻关的突破者。聚焦低碳冶金、节能降耗、清洁能源替代等关键领域，推动绿色冶炼工艺创新和绿色高端产品研发，构建全闭环低碳产业链。

资源协同的整合者。统筹内部技术、人才和平台资源，精准链接高校、科研院所等社会资源，形成创新合力。

未来，绿色低碳研究中心将成为湖南钢铁推动绿色低碳转型的战略中枢、技术引擎和协同平台，为集团公司绿色低碳发展和核心竞争力提升注入强大动力，为实现湖南“三高四新”美好蓝图筑牢绿色生态根基。

宝钢湛江钢铁零碳项目全景展示



宝钢湛江钢铁零碳项目直接还原铁输送设施及炼钢工程项目作为国内首个“氢基竖炉+电炉”短流程炼钢近零碳生产线项目，致力于打造绿色低碳冶金示范产线。项目新建热态直接还原铁输送设施及炼钢工程，配备1座国内最大吨级原料最复杂的220吨废钢水平加料预热电炉、1座220吨电极臂旋转双工位LF炉、1座220吨交叉轨型式双工位RF装置。

220吨水平连续加料预热电炉是宝钢湛江钢铁零碳项目直接还原铁输送设施及炼钢工程项目的“心脏”，电炉本体的部件如炉壳、倾动机构、电极系统等单体重量大、安装精度高，现有标准无法覆盖。项目团队研发“基于数字孪生的大型电炉本体智能安装系统”，通过构建“虚拟电炉”与“实体安装”的实时映射，实现从设计优化、施工模拟到过程管控的全流程数字化，在受限环境下实现超大电炉“零偏差”快速高效安装。



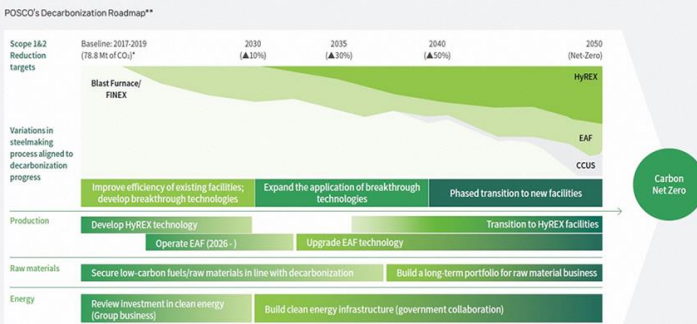
此次企业开放日活动采取“现场观摩+会议交流”的形式举行。活动期间，项目负责人通过平面演示、实物讲解和互动体验等方式，全面介绍了工程意义、当前进展、施工难点与技术应用。参观人员实地参观项目DRI塔楼、热送通廊、炼钢主厂房、炼钢主电气室等核心建筑，详细了解项目深化数字建造管控平台示范应用、数字孪生与大型电炉本体智能安装的有机融合、以技术攻关精细管理驱动高品质履约等情况，见证科技创新为工程建设带来的强劲动能。活动还设置党建联建共建环节，以党建引领为纽带，搭建与客户、社会公众之间的沟通桥梁，达成“共建、共融、共享”合作共识，为区域资源整合与行业转型发展注入新活力。

项目部以“数字模型”精准策划，以“高效协同”全力攻坚，通过高效利用材料，有效降低资源消耗与碳排放，将绿色发展理念深植于工程建设的每一步。管理团队推行钢结构全流程信息化管控系统，对10万余个构件进行精准追踪，提升建造效率，缩短工期约15%；采用AI赋能的安全管控系统，利用AI视频监控自动识别安全隐患，重大风险响应时间压缩至5分钟内；创新采用“单构件+模块化分片”组合方案，借助500吨履带吊与数字化模拟技术，以毫米级精度完成DRI塔楼钢结构安装，为未来实现314万吨减碳目标奠定坚实基础。



浦项钢铁集团面向可持续钢铁行业的全套脱碳战略（一）

浦项钢铁集团制定了“2050年脱碳路线图”，为集团旗下碳排放强度最高的钢铁业务制定了全面的脱碳战略。该路线图涵盖原材料、投资、能源和技术创新等关键领域。浦项钢铁集团通过持续监测和年度更新，不断推进其脱碳进程。



▲浦项钢铁的“2050年脱碳路线图”包含一项全面的中长期战略，涵盖技术开发、设施投资、原材料采购和能源采购。[摘自浦项钢铁控股2024年可持续发展报告]

该路线图涵盖了多种短期减排途径，包括提高高炉效率、喷氢炼铁以及使用低碳燃料和原材料。中期来看，浦项钢铁集团计划实施具有高实用潜力的过渡技术，例如引进大型电弧炉（EAF）、开发低铁水比（HMR）炼铁工艺以及部署碳捕获、利用与封存（CCUS）技术。长期来看，浦项钢铁集团将通过氢还原炼铁（HyREX）技术推进氢还原炼铁的发展，以最大限度地减少钢铁生产过程中的温室气体排放。接下来，我们将详细介绍浦项钢铁集团正在为钢铁行业推广的核心脱碳技术及其实施策略。

碳减排桥梁技术的发展

在向氢还原炼铁转型过程中，浦项钢铁集团正致力于通过并行部署多项过渡技术来减少碳排放，包括使用低碳燃料和原材料、引进大型电弧炉以及开展碳捕获、利用与封存（CCUS）示范项目。借助数据和人工智能驱动的智能工厂，浦项钢铁集团正在提高能源效率，并确保更安全的工作环境。

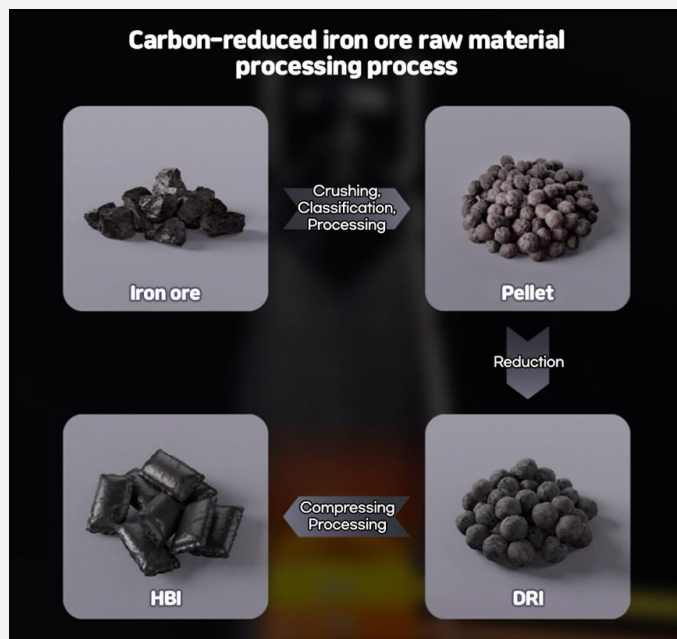
① 高炉碳减排技术



高炉，俗称冶炼炉，是钢铁生产的核心设备。煤（焦炭）和铁矿石（烧结矿）从炉顶分层送入，热空气从炉底注入，熔化原料，制成铁水。为了减少高炉的碳排放，改进原料和还原工艺至关重要。浦项钢铁集团正通过三种主要方法推进高炉碳减排技术：球团矿、热压铁（HBI）和富氢气体。

球团矿是通过将铁矿石破碎、筛分并制成均匀的球形颗粒制成的。这些球团矿用于高炉炼铁，替代传统上用作炼铁原料的烧结矿。仅仅将原料从烧结矿替换为球团矿，就能减少烧结矿生产所需的化石燃料用量，从而降低二氧化碳排放强度。此外，球团矿的熔化和还原温度比烧结矿更高，这有助于降低高炉的煤炭消耗量。

热压铁（HBI）的生产方法是：先从铁矿石中脱氧制取直接还原铁（DRI），然后将其压制成枕形压块，装入高炉。这种方法显著减少了还原过程所需的煤量。假设使用100公斤热压铁生产1吨熔融金属，则大约可以避免100公斤二氧化碳排放。



含氢气体法使用低碳燃料天然气（NG）代替煤炭作为还原剂。天然气的主要成分甲烷在重整过程中转化为一氧化碳和氢气，生成含氢气体。该气体随后被注入高炉底部的风口，用作还原剂，从而有助于减少煤炭消耗。2023年上半年，浦项钢铁公司（POSCO）在其高炉中安装了天然气喷射系统，并验证了其碳减排效果。该公司还与29家产学研合作伙伴共同开展国家研发项目COOLSTAR®。基于该项目，浦项钢铁公司正在

浦项钢铁集团面向可持续钢铁行业的全套脱碳战略（二）

开发高炉氢气喷射技术，并计划将其作为桥梁技术，构建低碳高炉模式。

※COOLSTAR（低二氧化碳排放炼钢和氢气减排技术）：韩国产业通商资源部牵头的国家研发项目，旨在开发减少二氧化碳排放的混合炼钢技术。

② 转炉低铁水比（HMR）操作技术

转炉（BOF）是一种利用高炉向熔融铁水（熔融金属）中吹入氧气来去除杂质、调节温度和成分，从而生产精炼钢（钢锭）的设备。由于生产一吨钢锭过程中产生的二氧化碳排放量中，超过80%发生在熔融铁水生产阶段，因此减少转炉中熔融铁水的用量对于降低碳排放至关重要。浦项钢铁集团正在开发低铁水比（HMR）操作技术，以降低转炉中熔融铁水的比例。下面我们来看一下两种具有代表性的低铁水比操作技术。

熔炼废钢加料法通过将高炉铁水与电弧炉生产的钢锭混合，减少了转炉中铁水的用量。由于电弧炉使用回收废钢作为原料，其碳排放量远低于高炉。因此，在电弧炉中应用废钢熔炼加料技术，预计每年生产250万吨金属液，与传统高炉炼钢相比，可减少高达350万吨的碳排放。然而，由于废钢中含有残留元素，其在生产高等级钢材方面存在局限性。为了解决这一问题，浦项钢铁集团正在开发一种将高炉铁水与电弧炉金属液混合的技术，以期同时实现减碳和生产高等级钢材。

氧气顶底吹送（OTBB）转炉技术通过从转炉顶部和底部同时吹入氧气，增加转炉内的废钢装料量，从而获得额外的热源。在转炉中，没有外部热源；炼钢所需的热量来自铁水中杂质的氧化。因此，减少铁水量和提高废钢比例会导致铁水温度下降。氧气顶底吹送（OTBB）转炉技术通过从顶部和底部同时吹入氧气，增强了二次燃烧，最大限度地提高了传热效率，有效克服了这一限制。

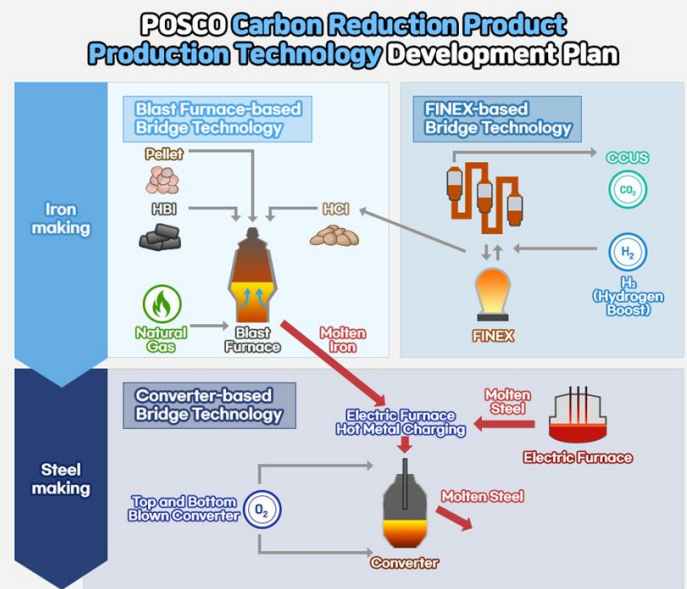
通过这种方式，浦项钢铁集团利用其现有的转炉炼钢设施，开发出提高废钢利用率的技术。通过优化废钢装料方式并采用两段式转炉炼钢工艺，该公司已将废钢利用率提高到30%以上。此外，应用浦项钢铁集团专有的FINEX低铁水比（HMR）操作技术，可将转炉中的铁水比降低到70%以下，预计这将显著减少炼铁过程中的温室气体排放。通过这些措施，

浦项钢铁计划在全面转型为脱碳生产设施之前，短期内满足客户对低碳钢产品日益增长的需求。

基于电弧炉的低碳钢生产技术

构建电弧炉生产系统，以响应欧盟碳减排要求和客户对碳减排的需求

为加速全球脱碳进程、防止碳泄漏并保护本国产业的竞争力，欧盟计划从2026年起全面实施碳边境调节机制（CBAM）。CBAM是一项对进口到欧盟的产品征收额外费用（碳税）的制度，其费用根据产品生产过程中产生的碳排放量而定。为应对这一国际监管转变以及消费者日益增长的减碳需求，浦项钢铁集团于2022年8月成立了专门的CBAM应对小组。公司正积极与浦项欧洲和浦项国际合作，以加强其对CBAM的应对。



▲为向低碳生产系统转型，浦项钢铁公司（POSCO）于去年2月投资约6000亿韩元，在其光阳工厂内启动一座年产能250万吨的大型电炉炼钢厂的建设。该厂计划于2026年全面投产。照片为光阳工厂全景。

此外，为建立低碳生产体系，浦项钢铁集团于2024年2月在光阳工厂启动建设一座年产能250万吨的电弧炉（EAF）工厂，该工厂预计于2026年投产。与传统高炉相比，该电弧炉可减少高达75%的二氧化碳排放。通过采用熔炼废钢装料法，该工厂有望生产出以往传统电弧炉难以实现的高等级钢材。浦项钢铁希望通过此举积极响应碳中和行动（CBAM），并确保低碳钢产品的稳定供应。

浦项钢铁集团面向可持续钢铁行业的全套脱碳战略（三）

碳捕获、利用与封存（CCUS）技术的发展

浦项钢铁公司及其控股未来技术研究实验室正在开发一系列碳捕集、利用与封存（CCUS）*技术，以捕获和回收钢铁厂排放的二氧化碳，从而减少整体碳排放。目前，CCUS技术正通过多种方式进行示范应用，其中三个具有代表性的应用尤为突出。

*碳捕获、利用和封存（CCUS）：一种捕获大量二氧化碳排放并将其直接用于工业用途、将其转化为更高价值的产品或将其永久或半永久储存的技术。

焦炉二氧化碳注入与转化技术

第一种方法是将炼钢过程中产生的二氧化碳分离并捕集，然后注入焦炉，作为副产品气发电的热源。自2021年以来，浦项钢铁公司（POSCO）一直与工业科学技术研究院（RIST）合作开展一项公私合营的国家研发项目，旨在验证二氧化碳捕集与转化技术。2024年1月在浦项钢铁厂进行的示范试验证实，无需高纯度精制能源，中等纯度的二氧化碳即可有效注入焦炉。

此次示范还表明，焦炉副产气（焦炉煤气，COG）的热值有所提高。焦炉煤气可用作燃料气、副产氢气以及高附加值化工产品的能源，其热值提高可直接提升其利用价值。鉴于这些成果，该焦炉二氧化碳喷射转化技术被评为产业通商资源部十大研发技术之一，并荣获部长奖。

矿物碳化技术的发展

第二种方法是应用矿物碳化技术。浦项控股未来技术研究实验室正在开发碳捕集与利用（CCU）技术，该技术可将捕获的二氧化碳矿化，用于陆上储存或将其重新用作建筑材料。

2024年7月，浦项钢铁控股有限公司被韩国产业通商资源部（MOTIE）选定为国家试点项目“利用废弃矿井进行二氧化碳陆上封存”的牵头单位。该项目旨在利用钢铁厂排放的二氧化碳与钢渣反应，将碳固定化，并生产300吨碳化钢渣，然后将其回填至废弃矿井。2023年11月，浦项钢铁控股有限公司与三陟钢铁公司合作，启动了示范工厂的运营。基于该试点项目，浦项钢铁控股有限公司旨在解决碳储存能力不足的问题——这是国家碳捕获与封存（CCS）计划的关键限制因素——并为钢铁行业的脱碳做出贡献。

碳捕获与封存技术的分阶段商业化

第三种方法是逐步应用碳捕集与封存（CCS）技术。浦项钢铁（POSCO）一直在利用市售的二氧化碳捕集解决方案，探索最适合焦炉、烧结厂、热风炉和发电厂等各类设施的碳捕集技术。基于这些评估，浦项钢铁计划从最高效、最有效的设施开始，逐步扩大二氧化碳捕集规模。

经过压缩、液化和提纯后，捕获的二氧化碳获得了运输和储存所需的物理特性。处理后的二氧化碳被注入到具有封闭地质构造的盐水层或枯竭的油气田中，并永久储存在那里。封闭的地质构造是指不透水岩层覆盖在透水沉积层之上的地层，这种构造阻挡了气体的渗透，使其无法逸出。

浦项钢铁集团（POSCO Group）不仅在东海气田，还在东南亚（包括印度尼西亚）和澳大利亚西北部等地探索有前景的二氧化碳储存场地。2024年，浦项钢铁集团入选韩国进出口银行的一项计划，该计划旨在支持国际减排项目的可行性研究。通过该计划，浦项钢铁集团在印度尼西亚的PT. Krakatau POSCO公司开展了碳捕获与封存（CCS）初步可行性研究。基于研究结果，浦项钢铁集团计划进一步开发其CCS应用方法，并逐步将其应用推广至国内钢铁厂。

浦项制铁的氢还原炼铁（HyREX）技术

浦项钢铁正通过流化床还原炉确保低碳铁矿石供应链。氢还原炼铁是一种通过用氢气替代传统炼铁过程中用于脱氧的还原剂和焦煤，从而减少温室气体排放的炼铁工艺。浦项钢铁公司（POSCO）正基于其已商业化的FINEX工艺的流化床还原炉技术开发氢还原炼铁工艺。与海外钢铁企业常用的竖炉炼铁法不同，流化床还原炉在原料和设备技术方面存在显著差异。竖炉炼铁需要使用加工成均匀球形的优质DR级球团矿作为原料，而流化床还原炉可以直接使用来自矿山的普通铁矿粉，无需任何额外加工，从而具有明显的成本和操作优势。



Electra 宣布与 Meta、Nucor 达成协议，扩大其清洁铁技术规模



科罗拉多州博尔德市伊莱克特拉公司电解铁矿试验工厂的工人们正在检查一块电镀纯铁板。（伊莱克特拉公司）

科技公司和汽车制造商都需要大量钢材来建造数据中心和汽车。钢材坚固耐用，随处可见——但使用传统燃煤炉生产时，碳排放强度极高。

初创公司Electra表示，正在努力推广一种 极其清洁的关键材料生产方法。周二，该公司公布了位于科罗拉多州杰斐逊县的新示范工厂。Electra还宣布与科技巨头Meta以及纽柯钢铁和丰田通商美国公司达成采购协议，这两家公司都为汽车制造商供应钢材。

Electra 不使用高温熔炉，而是使用电化学装置来生产铁——钢铁的主要成分。这些装置由可再生能源驱动，运行温度与一杯新鲜咖啡相同。这种方法被称为“电解沉积”是一种久经考验的去除铜、镍和锌等金属杂质的方法。现在，Electra 正在用它来生产高纯度铁。

“我们正在通过电气化工艺重新发明几个世纪以来的炼铁方法，”这家初创公司的联合创始人兼首席执行官桑迪普·尼贾万 (Sandeep Nijhawan) 在本周宣布这一消息之前告诉 Canary Media。

炼钢产生的温室气体排放量占全球总量的9%，其中大部分污染来自将铁矿石转化为铁的燃煤高炉。

Electra公司即将开始位于科罗拉多州博尔德市公司总部南侧的一栋现有13万平方英尺（约12000平方米）的建筑内安装设备。该示范项目获得了“突破能源催化剂”计划 (Breakthrough Energy Catalyst) 新增的5000万美元拨款支持，此外，Electra公司今年早些时候还从投资者那里筹集了1.86亿美元，并从科罗拉多州能源办公室获得了800万美元的税收抵免。

该工厂预计将于2026年中期投入运营，每年将产出高达500吨的铁——与2023年全球约14亿吨的铁产量相比，这个产量微不足道。但该公司及其合作伙伴表示，这是迈向新兴技术商业化的重要一步。

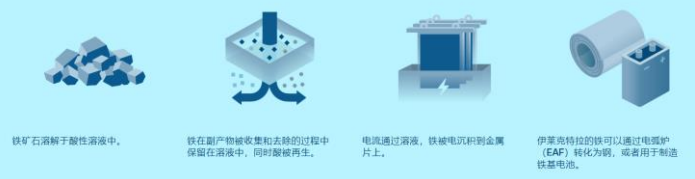
美国最大的钢铁生产商、Electra的早期投资者纽柯公司 (Nucor) 已承诺从该示范工厂购买铁，并将其用于电弧炉炼钢。丰田通商美国公司 (Toyota Tsusho America) 表示，计划将Electra的清洁铁出售给钢铁制造商，然后将生产的钢材分销给汽车制造商。第三个合作伙伴——德国 Interfer Edelstahl集团——将把这些铁用于其特种钢应用。

纽柯公司原材料执行副总裁Al Behr在10月21日的新闻稿中表示：“我们很高兴看到Electra的示范工厂成为现实。”他还补充说，该项目“为低碳材料新时代奠定了基础。”

Meta 则与 Electra 达成了另一种类型的协议，购买环境属性证书。这一相对较新的概念允许数据中心开发商将 Electra 每吨铁矿石相关的减排量计入 Meta 自身的可持续发展目标。Electra 表示，这些证书不适用于其他合作伙伴购买的铁矿石，而是针对单独的批次。

Meta 通过其承购协议旨在该公司清洁技术创新主管约翰·德安吉利斯 (John DeAngelis) 在新闻稿中表示：“这为这些创新材料的规模化发展提供了一条途径。”

Electra 的流程是如何运作的



灵活投入：与间歇性可再生能源兼容

我们的低温工艺使我们能够将生产与经济高效的间歇性可再生能源的可用性同步。我们采用最广泛的铁矿石种类。

传统炼铁工艺使用最高品位的矿石作为原料。我们的工艺能够利用新型矿石，包括以前开采过但未使用的矿石。
有价值的产出：生产纯度高达 99% 的铁。

我们的高纯度铁为电弧炉炼钢厂和电池制造商提供了最高的经济价值。提取副产品以最大化价值。我们的全价值精炼工艺可去除二氧化硅和氧化铝等副产品，减少浪费并保护关键矿物质。

Calix 和力拓签署联合开发协议，建设 Zesty Green Iron 示范工厂



Calix Limited与世界领先的铁矿石生产商之一力拓集团签署了一项联合开发协议（JDA），力拓集团将提供超过3500 万美元的现金和实物支持，用于在西澳大利亚州奎纳纳示范 Calix 的零排放钢铁技术（Zesty™），并帮助实现 Zesty 技术的未来商业化。

该联合开发协议是朝着将 Zesty 示范项目推进到最终投资决定（FID）所需的商业和财务承诺迈出的重要一步，并支持 Calix 将 Zesty 部署为低排放绿色钢铁行业解决方案的战略。

Calix 和力拓集团签署了一份非独家联合开发协议，以支持 Zesty 技术的示范和商业化。

Zesty Green Iron示范工厂将位于西澳大利亚州奎纳纳市。力拓集团将贡献超过 3500 万美元的价值，其中包括 800 万美元现金和其他实物捐助。现金付款将在最终投资决定（FID）之前分两期支付（需经过尽职调查确认和项目里程碑）。实物捐助包括对示范工厂的开发、调试和运营提供支持，但前提是项目里程碑得以实现。

力拓集团可能会收购 Zesty 子公司的股份，在全球范围内永久使用 Zesty 技术，和/或将 Zesty 技术推广给其关联公司和客户并进行再许可。

该项目还获得了ARENA高达 4490 万美元的拨款支持，但前提是必须获得配套资金。

力拓集团对Zesty示范工厂的支持

Zesty示范工厂将位于西澳大利亚州奎纳纳市。奎纳纳厂址毗邻力拓、必和必拓、博思格、三井和伍德赛德联合开发的NeoSmelt项目，该项目旨在对直接还原铁进行下游加工。奎纳纳厂址拥有完善的公用设施、港口和其他基础设施，并且距离澳大利亚其他主要铁矿石产地也相对较近。

根据联合开发协议（JDA）条款，力拓将以实物出资支持该项目，具体包括提供项目用地、技术支持、工程服务和宣传，以促成最终投资决定（FID）。在最终投资决定获批且工厂建设完成后，力拓将提供至多1万吨皮尔巴拉铁矿石，用于工厂调试和运营，并向潜在用户介绍Zesty生铁产品，用于材料测试和下游炼钢加工。

Zesty的商业化

力拓集团的支持，包括现金和部分实物捐助，是朝着履行商业和财务承诺迈出的重要一步，这些承诺对于匹配和推进澳大利亚可再生能源署（ARENA）的拨款至关重要。Calix 计划在Zesty子公司或项目层面筹集剩余资金。

该联合开发协议概述了力拓集团在 Zesty 子公司中持有股份的原则，股份价值最高可达力拓集团向该项目投入的 800 万美元现金。

力拓集团可能会通过向其全球客户群推广和授权该技术，进一步支持Zesty技术的商业化。力拓集团和Calix公司已就一项潜在的非独家全球永久许可协议的关键条款（包括特许权使用费）制定了初步方案，该协议旨在允许力拓集团商业使用Zesty技术。根据这些关键条款，力拓集团还可以将 Zesty技术转授给其关联公司和客户。

Calix 保留将该技术授权给其他合作伙伴，并将 Zesty 技术作为行业解决方案进行部署的权利。

Calix 首席执行官兼董事总经理 Phil Hodgson表示：

“与力拓集团的联合开发协议是 Zesty 商业化进程中的一个重要里程碑。它提供了资金和实际支持，包括行业领先的资源、专业知识和市场覆盖范围，以推进 Zesty 示范项目。”

“力拓集团的大力支持进一步验证了Zesty技术在全球最大的矿产和金属市场的应用潜力，以及其助力关键行业（约占全球二氧化碳排放量的8%）脱碳的潜力，并有助于确保澳大利亚最大出口收入来源的未来发展。我们期待与力拓集团、其他行业合作伙伴及其他重要利益相关方以及澳大利亚可再生能源署（ARENA）携手推进这一重要的澳大利亚项目。”



Calix 和力拓签署联合开发协议，建设 Zesty Green Iron 示范工厂



力拓铁矿石首席执行官马修·霍尔茨表示：

“如果世界要实现脱碳，就需要低排放钢铁，随着新技术的出现，我们将继续探索皮尔巴拉铁矿石可以帮助实现这一目标的各种方法。

“我们很高兴能与澳大利亚科技公司 Calix 合作，帮助推进 Zesty 技术的发展，以便能够利用皮尔巴拉铁矿石进行低排放炼钢。”

西澳大利亚州州长罗杰·库克补充道：

“本地生产的绿色钢铁是我愿景的关键组成部分，旨在使西澳大利亚州成为可再生能源强州，并在这里生产更多产品。”

“结合我国政府最近宣布的政府将在重大政府项目中对绿色钢铁采购采取‘如果不行，为什么不行’的态度，Zesty绿色钢铁示范工厂将支持我们努力使西澳经济多元化，使其保持全国最强劲的地位。

“我欢迎 Calix 和力拓集团达成这项协议，这将对西澳州这一令人振奋的新兴产业的发展起到重要作用。”

澳大利亚可再生能源署（ARENA）的乔迪·赫利表示：

“钢铁生产的脱碳对于实现全球气候目标至关重要。Zesty项目展示了澳大利亚的创新如何与行业和政府之间的合作相结合，从而加速向更清洁、更可持续的金属生产转型。”

“Calix 与力拓的合作表明，澳大利亚需要展现出雄心壮志和共同领导力，才能将重工业转型为低排放的未来。澳大利亚可再生能源署（ARENA）很荣幸能够从早期研究阶段一直支持 Calix 进入这一关键的下一发展阶段。”

电气化和可再生能源

整个 ZESTY 工艺都可以使用可再生能源供电，包括将铁矿石转化为金属铁所需的高温热能的输送。

最低氢气消耗量

Calix独特的间接加热方式确保氢气仅用作绿色钢铁生产中的还原剂。氢气不会被燃烧或用作燃料，未反应的氢气则会被回收利用。

加工细粉和低品位矿石

ZESTY 非常适合处理细颗粒物料，为低品位矿石和细料创造了多种选矿机会，否则这些物料可能会被当作废料丢弃。ZESTY 与低品位矿石的兼容性为目前全球大部分不适用于电弧炉的铁矿石供应的脱碳提供了途径。

无颗粒化

ZESTY 无需将铁矿石细粉制成球团，从而省去了工艺步骤，避免了巨额的资本和能源成本。

没有流化床

ZESTY 提供了一种高度简化的铁矿石细粉和超细粉加工工艺，无需流化床。

灵活运营

ZESTY的电加热系统兼容间歇性和可再生能源，具有高度精确的温度控制、快速启动和关闭以及高度灵活的发电量。因此，它可以为电网提供多功能的负载平衡服务。

易于扩展

Calix 的模块化技术可以通过复制轻松扩展，降低技术规模化的风险，并实现灵活的生产规模。

目标是最低成本

ZESTY 旨在通过实现高效的电加热、最大限度地减少氢气的使用以及消除额外的加工步骤，为绿色钢铁提供成本最低的脱碳解决方案。

一项前端工程设计研究发现，即使在示范规模下，ZESTY 也能以每吨约 630 至 800 澳元的价格，利用低品位铁矿石生产近零排放的热压铁（HBI）。这一成本与现有高碳排放热压铁加工成本相近，且尚未计入减排效益。



Steel Dynamics推出低碳钢产品BIOEDGE™和EDGE™



印第安纳州韦恩堡，2025年10月27日 /PRNewswire/ — Steel Dynamics, Inc. (纳斯达克股票代码:STLD) 今天宣布推出低碳钢产品 BIOEDGE™ 和 EDGE™，以支持客户实现温室气体减排和可持续发展目标。

BIOEDGE 和 EDGE 是采用电弧炉 (EAF) 技术生产的低碳钢产品。此外，该钢材还与经 Green-e Energy 认证的可再生能源证书或零排放核能证书相匹配，从而显著降低范围 2 的排放。BIOEDGE 进一步降低了电弧炉炼钢过程中的隐含碳，利用可再生生物碳替代无烟煤，从而显著降低范围 1 的排放。BIOEDGE 为寻求在不影响性能或质量的前提下，切实实现供应链脱碳的企业提供了一种创新的供应链解决方案。

“凭借我们的电弧炉炼钢技术、循环制造模式和创新团队，Steel Dynamics 已成为低碳钢产品生产的全球领导者，” 董事长兼首席执行官 Mark D. Millett 表示。“我们很高兴能够扩展低碳钢产品线，并致力于提供高质量、创新的供应链解决方案，以支持客户的脱碳计划。”

EDGE 系列钢材产品将在公司所有钢铁业务部门全面供应。公司预计，汽车、建筑、可再生能源和基础设施行业的客户将立即对此系列产品表现出浓厚的兴趣。用于生产 BIOEDGE 钢材的可再生生物碳将全部来自 SDI Biocarbon Solutions 公司，该公司由 Steel Dynamics 公司持股 75%，Aymium 公司持股 25%。Aymium 是全球领先的生物碳生产商。如需了解更多关于 EDGE 系列钢材产品的信息，请联系您的 Steel Dynamics 销售代表或访问

www.steeldynamics.com/bioedge。

关于 Steel Dynamics 公司：

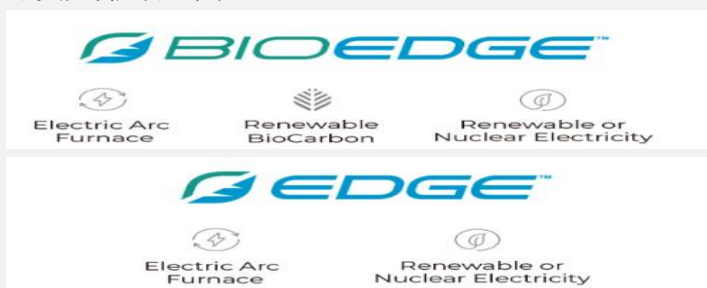
Steel Dynamics 是一家领先的工业金属解决方案公司，在美国和墨西哥均设有工厂。公司采用循环生产模式，以回收废料为主要原料，生产低碳排放的高质量产品。Steel Dynamics 是北美最大的本土钢铁生产商和金属回收商之一，并拥有强大的下游钢铁加工平台。公司目前正投资铝业务，以进一步丰富产品线，计划向反周期可持续饮料罐行业以及汽车和工业领域供应高回收含量的铝扁轧产品。Steel Dynamics 致力于秉持最高的诚信标准运营，力争成为最安全、最高效的高品质、多元化、高附加值金属产品生产商。

关于 SDI 生物碳解决方案

公司：该公司认为，SDI 生物碳解决方案公司是全球最大的可再生生物碳生产设施之一，预计年产能为 22.8 万吨。该设施采用高温热解技术，将可持续来源的生物质转化为高纯度生物碳。这种可再生生物碳可替代 Steel Dynamics 公司电弧炉炼钢工艺中的无烟煤，从而减少范围 1 温室气体排放。该设施战略性地位于密西西比州哥伦布市，毗邻 Steel Dynamics 公司最大的电弧炉炼钢厂之一，并且靠近丰富的纤维原料产地。SDI 生物碳解决方案公司是领先的可再生生物碳产品生产商 Aymium 公司的战略合作企业。Steel Dynamics 公司持有 SDI 生物碳解决方案公司 75% 的股份，Aymium 公司持有剩余的 25%。

关于 Aymium：

Aymium 生产高价值生物碳和生物氢产品，无需对设备或工艺进行任何改造，即可立即替代化石燃料，用于能源、金属、农作物生产以及水和空气净化。Aymium 的生物产品采用可持续来源的生物质（回收利用的废弃木材）生产，具有可再生性和负碳排放特性，可替代煤炭和焦炭等高排放化石燃料。Aymium 的领先技术拥有 600 多项已获批或正在申请的全球专利。Aymium 在北美运营并正在建设多个生产设施，总部位于美国明尼苏达州。



必和必拓和浦项制铁合作推进氢基炼铁技术

根据2025年10月30日签署的谅解备忘录，必和必拓和浦项制铁将共同推进“近零排放”炼铁技术，推进浦项制铁的氢还原炼铁技术（HyREX）。

该技术包括使用流化床反应器（FBR）的氢基直接还原铁（DRI）生产工艺和用于熔化还原铁的电熔炉（ESF）工艺。

两家公司计划共享技术专长，并在韩国浦项钢铁公司（POSCO）的HyREX示范工厂利用必和必拓（BHP）的皮尔巴拉铁矿石进行试验。该工厂建成后，将成为首个采用氢基FBR技术与ESF相结合进行大规模炼铁的设施。

浦项钢铁的FBR和ESF技术旨在直接使用细粒铁矿石，无需制球。这与传统的竖井直接还原铁（DRI）工艺不同，后者需要先将矿石加工成球团才能使用。

浦项制铁（POSCO）已在实验室规模上开发了氢基流化床（FBR）技术，并在中试规模上开发了电熔炉（ESF）技术。此次合作将支持年产30万吨氢还原流化床-电熔炉一体化示范装置的技术开发，并包括使用必和必拓（BHP）皮尔巴拉铁矿石进行的试验。

“必和必拓很高兴能与浦项制铁合作，并继续与我们的客户携手开发和推进脱碳炼钢技术，”必和必拓首席商务官拉格·乌德表示。

“与浦项制铁的此次合作标志着钢铁行业脱碳进程又迈出了重要一步，并支持钢铁厂探索多种炼钢脱碳途径。这延续了我们在创新炼铁领域长期的合作。”

“我们相信，推进炼钢脱碳的最佳途径是帮助我们的客户实现脱碳，具体做法是支持技术发展，并使这些技术能够在未来几十年内使用澳大利亚铁矿石。”

浦项钢铁未来钢铁研发中心负责人赵明钟先生表示：“浦项钢铁在FINEX工艺方面拥有超过20年的运营经验，目前正在开发HyREX工艺，这是一种利用流化床反应器的氢基炼铁技术。我们正在建设一座年产能30万吨的HyREX示范工厂，以验证该工艺。通过与拥有丰富行业经验的全球铁矿石供应商必和必拓建立新的研发合作伙伴关系，我们希望加快HyREX工艺的商业化进程。”

Zesty公司采用电加热和氢气还原相结合的方式生产绿色铁。该示范工厂设计年产氢直接还原铁高达3万吨，旨在支持澳大利亚绿色钢铁产业的发展。



浦项钢铁公司在浦项钢铁厂的示范工厂建设预计很快开始，目标是在2028年投入使用。

必和必拓和浦项制铁的合作重点在于研发、展示性能以及评估HyREX技术大规模应用的可行性，从而加强两家公司对创新和实现炼钢脱碳的承诺。

必和必拓的钢铁脱碳方法是支持多种途径来应对这一复杂的挑战，包括利用CCUS（碳捕获、利用和储存）和其他改造措施对现有高炉进行脱碳，新兴的直接还原铁-电炉炼钢途径（包括DRI-ESF途径），以及电化学还原路线。

必和必拓和韩国浦项钢铁公司（POSCO，世界最大的钢铁制造商之一）2025年10月14日宣布签署谅解备忘录（MoU），共同探索一体化炼钢中温室气体减排技术。

作为谅解备忘录的一部分，双方打算开展试点和工厂试验，以降低炼钢过程中的碳排放，包括优化焦炭质量，并评估碳捕获、储存和利用（CCUS）方案，以降低高炉的碳排放强度。

浦项制铁和必和必拓还计划分享氢基直接还原技术、生物质在炼钢中的应用等方面的研究成果，以及利用必和必拓的碳抵消能力开发碳中和钢铁产品的潜力。

根据该谅解备忘录，必和必拓计划在未来五年内投资至多1000万美元，并有机会增加对试点技术的投资。必和必拓的投资将来自其于2019年宣布的4亿美元气候投资计划，该计划旨在支持相关项目、合作、研发，以帮助减少范围1、2和3的排放。重要的是，必和必拓和浦项制铁还打算在钢铁价值链的碳排放报告方面开展合作，以进一步推进一致、透明和稳健的全球标准。

根据国际能源署（IEA）的定义，并已在ResponsibleSteel国际标准V2.0中实施（“近零”绩效等级4阈值），100%以矿石为基础（不含废钢）生产的粗钢，每吨粗钢的二氧化碳当量排放量为10.40吨。IEA（2022），《七国集团成员重工业部门实现净零排放》，IEA，巴黎，许可：CC BY 4.0。

安赛乐米塔尔宣布推迟其在欧洲的脱碳计划



钢铁制造商安赛乐米塔尔推迟了其欧洲钢铁厂（包括位于根特的工厂）的绿色转型决定。该公司表示，不利的政策、高昂的能源价格以及来自欧盟以外的竞争是推迟决定的原因。

自2021年以来，工程师们一直在研究在安赛乐米塔尔的欧洲工厂生产绿色钢铁。这种生产方式将不再使用煤炭，而是采用氢气作为燃料的熔炉来生产钢铁。如果安赛乐米塔尔在根特的工厂进行这项投资，将使比利时的工业二氧化碳排放量减少几个百分点。

安赛乐米塔尔管理层原计划在今年年底前下单。但这家钢铁巨头周二宣布，在可预见的未来，他们不会拨出所需的数十亿欧元资金。尽管弗兰德地区已投资6亿欧元试图说服该公司推进该计划，但安赛乐米塔尔依然拒绝下单。



经济上不可行

除了根特之外，类似的项目也将在法国和德国启动。但安赛乐米塔尔表示，至少目前来看，在欧洲实现钢铁生产的绿色化在经济上尚不可行。该公司将不利的政策发展、能源市场状况以及技术进步列为做出这一决定的原因。

短期内，这家钢铁巨头正寻求欧盟委员会的介入。欧洲钢铁行业受到来自一些不太重视生产碳足迹国家的进口冲击，而乌克兰战争又导致能源价格飙升，通货膨胀推高了工资。

“我仍然坚信我们能够在2050年实现净零排放目标，但实现这一目标的方式可能与之前宣布的有所不同。”

从长远来看，安赛乐米塔尔仍然致力于成为一家碳中和公司，但它可能不再优先考虑在欧洲的投资。“我仍然坚信我们能够在2050年实现净零排放目标，但实现这一目标的方式可能与之前宣布的有所不同，”首席执行官阿迪亚·米塔尔表示。

安赛乐米塔尔位于根特的工厂雇佣了超过4500名员工和1100名承包商。目前尚不清楚何时才能就比利时乃至整个欧洲的计划做出最终决定。

“弗兰德地区期待欧洲发出明确而果断的信号。”

“我能理解安赛乐米塔尔的商业逻辑，”弗拉芒区主席马蒂亚斯·迪彭达勒说道。他也在寻求欧盟委员会的解决方案。“根特近6000人的就业至关重要。因此，弗拉芒区期待欧洲发出明确而坚定的信号。”

大众汽车将使用通用霍顿集团的绿色钢材进行循环生产

Georgsmarienhütte GmbH 和大众汽车股份公司加强了与“绿色动力高级钢”的长期合作关系，该钢材在生产过程中可减少 98% 的二氧化碳排放。

通用霍顿集团旗下子公司格奥尔格斯马里恩胡特有限公司 (Georgsmarienhütte GmbH) 正与大众汽车集团 (Volkswagen AG) 深化合作，共同推进脱碳进程。自2025年起，大众汽车将采用格奥尔格斯马里恩胡特公司生产的“绿色动力优质钢” (Green Power Premium Steel)——一种突破性的低碳钢，用于其自主生产变速箱部件。

这种高品质特种钢采用完全由可再生能源驱动的电弧炉生产，并辅以经认证的生物质煤。与传统高炉炼钢相比，这种优质钢材可减少高达 98% 的二氧化碳排放（范围 1 和范围 2）。即使考虑范围 3 的排放，“绿色能源优质钢材”也能显著减少高达 78% 的二氧化碳排放。自2021年以来，大众汽车和格奥尔格斯马里恩胡特钢铁公司一直是循环经济领域的先行者。通过创新的闭环材料循环系统，大众汽车各工厂产生的废钢被送回格奥尔格斯马里恩胡特钢铁公司的电炉炼钢厂，在那里被重新加工成高质量的新钢。这一闭环系统不仅节约了资源，也展示了可持续价值创造的实际运作方式。

日本JFE棒材及型材公司推出新型绿色钢材产品品牌

日本钢铁制造商JFE 钢铁株式会社的子公司 JFE Bars& Shapes Corporation宣布推出新的环保钢材品牌 ECO-L®，这是该公司持续推进脱碳战略的一部分。

推广可再生能源和循环炼钢

ECO-L® 品牌产品完全由 100% 废钢制成，这些废钢在电弧炉 (EAF) 中熔化，而电弧炉则由 100% 非化石电力驱动，这些电力要么通过购电协议 (PPA) 提供，要么通过内部可再生能源发电提供。

这种方法消除了电力使用过程中的碳排放，并将整体制造业排放量减少到传统高炉生产排放量的四分之一到十五分之一。

- 扩大可再生能源和非化石能源的使用，以及为国内和出口市场开发碳中和钢材。

通过 ECO-L® 计划，JFE Bars & Shapes 旨在加强日本钢铁行业内可再生能源的扩张和脱碳价值链。公司将继续提高能源效率，减少对化石燃料的依赖

日本JFE棒材及型材公司推出新型绿色钢材产品品牌

瑞典钢铁生产商SSAB与能源公司Vattenfall签署协议，将向其供应120吨不使用化石燃料生产的钢材，用于建造世界上第一座也是最大的水坝闸门。该闸门在生产过程中几乎不产生二氧化碳排放。SSAB在一份新闻稿中宣布了这一消息。

该闸门将于 2028 年安装在瑞典北部的斯托诺尔福斯水电站。

据 SSAB 公司称，这座宽 21 米、高 11 米的钢结构将清晰地展示该公司不含化石燃料的钢材如何在大型基础设施项目中得到应用。

“Vattenfall 和 SSAB 正在无化石燃料价值链和组件的开发方面迈出重要一步。Vattenfall 正努力在 2040 年前实现整个价值链的零排放，” Vattenfall 北部水电业务首席执行官 Lovisa Frikott Norén 表示。

她表示，该项目在延长无化石燃料水力发电设施未来 100 年的使用寿命方面也发挥着关键作用。

斯托诺尔福斯水电站是该国最大的水力发电厂，自 1958 年以来一直在运营。新的无化石燃料大坝闸门将采用 SSAB 公司位于吕勒奥的 Hybrit 试验工厂生产的海绵铁制成。

SSAB 已从瑞典能源署的“工业发展计划” (Industriklivet) 中获得 3.14 亿瑞典克朗 (2880 万欧元) 的资金，用于对其位于吕勒奥的工厂进行现代化改造。该资金将用于开发技术解决方案，以提高工厂板材精加工工艺的电气化和能源效率。



Meranti Green Steel 将加速亚太地区绿色钢铁的推广应用

总部位于爱尔兰的建筑材料公司 Kingspan Group 宣布与总部位于新加坡的钢铁制造商 Meranti Green Steel (MGS) 签署谅解备忘录，以加速亚太地区绿色钢铁的采用和供应。

根据新协议，Meranti Green Steel 将向 Kingspan 亚太地区业务供应生钢原料，原料来自其位于泰国东海岸新建的电弧炉炼钢厂。该炼钢厂预计将于 2026 年底开工建设，并于 2029 年底投入运营。通过此次合作，Meranti Green Steel 计划每年通过其位于泰国和阿曼的战略枢纽供应 700 万至 800 万吨生钢，未来还有可能拓展至印度尼西亚、西澳大利亚以及亚太其他地区。

低碳生产路径

这种绿色钢材将由废钢和热压铁制成，热压铁则由 MGS 位于阿曼的工厂使用绿色氢气和天然气的混合燃料制成。之后，这些材料将在泰国的电弧炉中熔化和加工，从而形成一条完全可追溯的低排放供应链。

到 2045 年，梅兰蒂绿色钢铁公司计划将钢铁行业的碳排放强度降低 90%。这一减排目标符合国际气候目标，并加强了该地区的循环绿色经济模式。



绿色钢铁世界

Green Steel World

