

世界钢铁协会立场文件

# 气候变化 与钢铁生产

钢铁在生活中无处不在，  
它是未来社会  
可持续发展的基石。

**worldsteel**  
ASSOCIATION

无论是未来能源和交通系统的发展，自然灾害的预防措施，适应气候变化的基础设施、建筑和住宅，还是低碳制造业和农业，钢铁都是解决之道的核心要素。

循环经济的发展正不断延长钢材的使用寿命。钢铁可以完美地再制造、再利用和无限循环，是循环经济不可或缺的一环。

## 钢铁生产的转型

铁是通过去除铁矿石中的氧和其他杂质生产出来的。当铁与碳、回收废钢以及少量其他元素结合时，就变成了钢。一旦生产出来，钢铁就成为一种永久性资源：钢铁可以百分百无限期循环利用，而且不会影响任何材料特性。

钢铁行业属于真正的全球性产业，原材料（例如铁矿石和废钢）和钢铁产品的全球贸易规模庞大。今天，全球70%以上的钢铁生产集中在亚洲<sup>1</sup>。

**钢铁行业仍属于一个碳排放和能源消耗密集型行业。尽管如此，钢铁行业正致力于不断降低其生产经营和产品使用的碳足迹。**

**钢铁行业全力支持《巴黎协定》设定的气候目标。**

**然而并没有单一的解决方案可以大幅降低钢铁行业的碳排放，推动行业和社会转型的主要要素包括：**



### 减少钢铁行业自身影响

我们通过减少钢铁生产过程中的碳排放量，承担起钢铁行业肩负的环境责任。我们努力提高工序效率，充分利用废钢。我们不断努力开发和部署突破性低碳排放的钢铁生产技术。



### 提升效率与循环经济

我们推动提高产品的再利用、再制造以及循环回收，这些都是实现循环经济的关键要素。

与过去相比，现代钢材强度更高、重量更轻、耐久性更好。从产品设计到产品寿命结束，钢铁行业与客户展开密切地合作，通过分享材料知识，确保钢材在任何特定的应用中都尽可能得到高效利用。通过这种方式，我们在各个阶段都实现了循环经济，并且提升材料效率。



### 开发先进钢铁产品推动社会转型

我们正在开发和生产先进钢铁产品，助力全社会实现转型发展，以及通过零能源建筑、可再生能源基础设施以及电气化等，实现碳中和。

我们通过使用钢铁材料和开发新颖的先进钢铁产品，协助客户推出创新型解决方案。

## 《巴黎协定》

《巴黎协定》于2015年通过。协定的核心目标是确保与工业化之前水平相比，全球温升幅度显著低于2摄氏度，并且努力将温升幅度限制在1.5摄氏度以内。协定旨在本世界下半叶，实现人类活动的温室气体排放与自然吸收之间的平衡。

虽然每一项要素都将在温室气体减排方面发挥重要作用，但本文件重点关注第一项要素—减少钢铁生产过程中的排放量。

## 报告重点



推动行业和社会转型的关键要素：减少行业自身影响、开发先进产品以及以循环经济为中心。

01 step<sup>up</sup> 02 03

减少环境影响的三个环节：能效升级、充分利用废钢以及开发突破性减排技术

减少行业自身排放量

建立伙伴关系，推进转型

保持透明

## 承担责任——减少钢铁行业自身影响

- 2020年，平均每生产1吨钢排放1.85<sup>1</sup>吨二氧化碳。2020年，全球共生产18.6亿吨钢<sup>2</sup>，钢铁行业的直接碳排放总量约为26亿吨<sup>3</sup>，占全球人类活动碳排放总量的7%至9%。
- 2020年，国际能源署发布了一份路线图<sup>3</sup>，旨在探索钢铁生产所需的潜在技术和战略，寻求一条符合国际能源署宏伟愿景的道路，从而提高能源行业的可持续发展能力。

### 国际能源署钢铁技术路线图

2020年10月，国际能源署发布了钢铁技术路线图。该文件分析了不同减排技术选择所带来的影响和利弊，以及针对本行业制定的、符合《巴黎协定》的政策目标。

在国际能源署的可持续发展情景下，2050年钢铁行业直接排放总量比2019年降低50%以上。按照相同的路径，粗钢生产的排放强度必须降低58%。

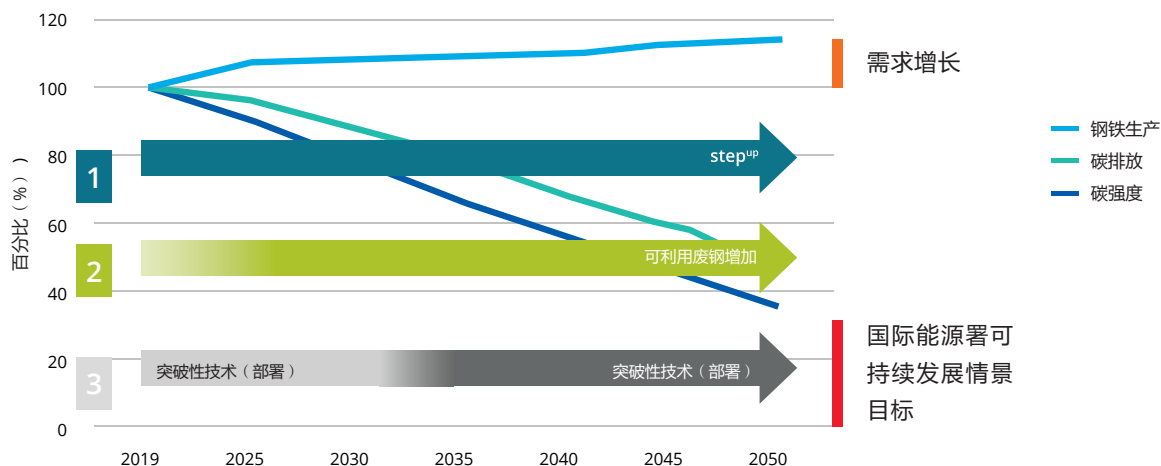
国际能源署认为钢铁对现代经济至关重要，但指出，在支撑钢铁需求量预期增长的同时减少排放，这将带来巨大挑战。虽然提高材料使用效率的措施有助于行业的减排，钢铁行业仍需进一步开发和部署一系列突破性技术方案和配套的基础设施，以实现长期、深度减排。

另外，国际能源署还指出，各国政府必须发挥关键性作用，确保本行业的可持续转型。最后，国际能源署呼吁各国政府、钢铁行业、科研机构和非政府组织群体以及其他利益相关方采取行动。



## 减少钢铁行业自身影响

国际能源署可持续发展情景下的2019-2050年钢铁生产、碳排放和碳强度



### 1. “能效升级”

世界钢铁协会会员粗钢产量占全球粗钢总产量的80%以上，会员企业正不断寻求提升能源和原料利用效率，投资节能环保技术的各种方法。在部署突破性技术的道路上，中短期工序效率的提升将大大减少碳排放。

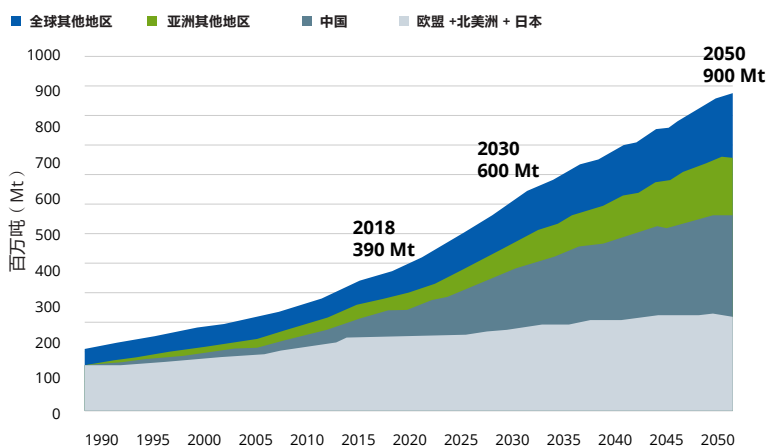
2019年，世界钢铁协会理事会会议批准启动了“能效升级”项目。这是一项基于优秀实践的效率评估流程，重点关注原料质量、能源效率、工序收得率以及工艺设备可靠性主要杠杆因素。

随着“能效升级”方案的成功实施，在利用铁矿石炼钢的厂区，平均直接和间接减排量最多达到20%；而在利用废钢炼钢的厂区，平均减排量甚至接近50%<sup>4</sup>。

我们鼓励世界钢铁协会全体会员参与“能效升级”项目，随着“能效升级”方案在全行业的广泛采用，所有厂区的绩效水平都将提升至世界优秀绩效厂区的水平。因此，这将是钢铁行业减少环境影响的一个重要举措。

### 2. 充分利用废钢

可利用的废钢<sup>5</sup>



每座钢厂也是一座再循环工厂，所有钢铁生产过程都使用到废钢，电炉和高炉的废钢使用率最高分别可达100%和30%。所有收集的废钢都被回收利用，整体而言今天的再利用率约为85%。如此高的循环利用率意味着可提升的空间有限。

在减少行业排放和资源消耗方面，废钢发挥着重要作用。在钢铁生产过程中，每使用1吨废钢，可减少1.5吨二氧化碳排放，1.4吨铁矿石、740千克煤炭和120千克石灰石<sup>6</sup>消耗。

未来以废钢为基础的钢铁生产能否扩大，将取决于高质量废钢的供应情况。铁矿石的供应可以随着需求变化而灵活调整，而全球废钢的供应量取决于钢铁需求和含钢产品在其使用寿命结束时产生的折旧废钢。从21世纪初开始，全球钢铁产能经历过一段爆炸性增长，主要来自中国新的产能投资。由于钢铁产品的平均寿命为40年<sup>7</sup>，这些钢材将在下个十年进入废钢市场，有助于钢铁行业排放的大幅削减。

### 3. 突破性技术

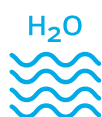
目前，利用铁矿石炼钢，唯一在技术上和商业上可行的办法<sup>8</sup>是使用化石燃料作为还原剂。

今天，利用高炉还原铁矿石是主流炼铁技术，现代化高炉还在不断地开发和完善，目前已接近还原工艺的效率极限。

因此，要实现大幅度温室气体减排，需要采用一种全新的、革命性的生产工艺，目前多个具有发展前景的项目正在世界各地开展。具体可分为三类：



1. 使用碳作为还原剂，同时利用碳捕获、利用和封存（CCUS）技术，以及可持续的生物质等技术，防止来自化石燃料的二氧化碳的排放。



2. 采用氢<sup>9</sup>替代碳作为还原气体来还原铁矿石，由此产生排放的是水而不是二氧化碳。



3. 电解法，利用电力还原铁矿石。

由于对化石燃料的依赖，过去，钢铁行业是温室气体排放大户；今天，我们承诺建设一个低碳未来。

### 技术组合

低碳炼钢没有单一的解决方案，需要多种技术的组合，可以单独部署，也可以根据当地的情况组合部署。钢铁行业在全球范围内开展了大量研究、开发及部署工作，探索各种解决方案。

无论在任何地方，突破性技术方案的部署均取决于可利用的资源及地方政策的支持。

举例：

- 在低碳能源丰富的地区，人们可能期望部署水电解和氢还原技术。
- 在二氧化碳存储技术获取方便的地区，例如，阿联酋、美国或荷兰等地，最佳选择可能是CCS技术或蓝氢<sup>9</sup>还原技术。
- 在生物质资源获取方便的地区，例如，澳大利亚或巴西等地，可以使用可持续的生物质和生物炭替代现有炼钢工艺中使用的煤炭。

碳捕获和利用技术（CCU）利用可再生能源与富含碳的废气相结合，生成合成燃料以及可用作化工原料的丙酮、异丙醇等化学物质。

什么是低碳钢？

世界钢铁协会对低碳钢的定义为通过利用科学技术和实践经验生产，相比传统生产方式二氧化碳排放量显著降低的钢材<sup>10</sup>。



## 案例分析

### 碳捕获和封存（CCS）技术

位于阿联酋的酋长国钢铁公司，每年从炼铁工厂产生的二氧化碳富集煤气中捕获80万吨二氧化碳。这部分气体经过50千米的管线压缩、脱水后再输送，被注入成熟的油田进行永久封存。



### 氢技术

河钢集团正在中国兴建一座120万吨产能的富氢直接还原示范工厂。该项目将使用绿氢和蓝氢技术，为钢铁生产工艺探索一条零碳排放路线。预计将于2021年底之前投产。



### 碳捕获、利用与封存（CCUS）技术

安赛乐米塔尔公司正在比利时根特市兴建一处大型装置，它将废气转化为乙醇，转化后的乙醇用途广泛，可用于生产合成燃料等。该工厂的年产能将达到8000万升乙醇。

2018年，中国首钢集团也开始运营一处类似的商业性设施，第一年就生产出3000万升可用于销售的乙醇。



### 可再生能源技术

耶弗拉兹集团设在美国科罗拉多州的洛基山钢铁公司正从煤炭转向太阳能。2021年投产后，它将成为该国规模最大的就地配套的太阳能发电厂，专门为单一客户服务。



国际能源署的路线图预计，突破性技术的大范围应用，将在2030至2050年期间加速。不过，从2025年左右开始，我们将看到先驱企业率先尝试和实施一些项目，用于增加市场上低碳钢的供应数量。等到本世纪中叶，从这些创新项目中获得的经验教训将会为全行业范围的推广应用提供支持。

## 成本影响

每家企业选择投资哪种突破性技术，将在很大程度上取决于可利用的资源和现有的政策支持。然而，即使投资条件再好，毫无疑问的是低碳钢的生产成本将大大高于目前生产的钢材。

生产成本增加的原因包含以下因素：

- 运营支出增加：需要使用绿氢或低碳电等更加昂贵的低碳资源；CCS设备的运行和存储二氧化碳需要增加额外能源
- 资本支出增加：需要使用氢基DRI设备替代碳基高炉设备，使用电炉设备替代

转炉设备；将现有设备替换成使用氢或其他燃料的设备；需要改造CCS或CCUS基础设施

- 资本损失：原本可以长期使用的**钢铁生产设备**可能需要提前退役或销账

国际能源署估计，与目前成本相比，生产成本的上升幅度将在10%至50%之间<sup>11</sup>，成本增幅显著超出生产毛利率。

尽管如此，钢铁行业将继续通过提高运营效率和推广智能化制造技术来削减成本，部分抵消新增成本。

钢铁行业的转型是一个长期渐进的过程，部分企业、国家、地区的推进速度大大超前，因此在一段时期内，在同一个市场上，采用低碳技术生产的钢与采用传统技术生产的钢材（以及其他材料）将形成竞争。这将给先驱企业造成不利影响，因此需要政策扶持。

## 政府与钢铁业之间的合作是未来可持续发展的基础

政府可利用的手段、钢铁行业的特点、以及低碳技术的经济适用性和获取便利性，各个国家和地区之间有所不同。有了《巴黎协定》，我们相信各国完全能够评估和实施符合各国特定情况的政策和技术策略。

尽管如此，为了克服相关技术和经济的挑战，为钢铁行业向低碳炼钢的转型创造必要的市场条件，各国政府、钢铁行业以及其他利益相关方都需要密切协作。



在实践中，这意味着：

### 钢铁行业需要：

#### 减少行业自身排放

- 在全球行业范围内，加快提高能源效率和碳效率，与合作伙伴和相关行业展开合作并形成合力
- 通过提高研发能力，开发一系列突破性技术组合
- 通过技术开发，充分利用所有回收废钢的价值，确保所有已回收的废钢循环再利用为新的钢铁产品

#### 建立伙伴关系，推进转型

- 与政府部门展开合作，明确突破性技术的大规模应用所需的低碳资源和融资

#### 保持透明

- 继续测算和公布钢铁行业的碳排放情况

### 各国政府需要提供扶持性和推进性的框架体系：

- 政府不应应对任何可利用的技术产生偏向，应当对不同技术的使用给予认可
- 通过提高低碳材料的需求量，以及创建低碳钢市场，减轻先驱企业所面临的不利因素，需要注意的是，目前低碳钢的生产成本比传统钢材高50%<sup>12</sup>。与此同时，相关政策应该确保企业的主动行为有所回报，不能让投资高效炼钢技术的企业在市场上处于不利地位
- 方便企业获得过渡融资，比如通过可持续性融资框架
- 确保低碳资源的可利用性和经济适用性，包括一定数量的CCS基础设施和氢等
- 采用生命周期评价方法，支持循环经济，包括对产品使用寿命终点阶段的废钢进行收集和清理
- 采取创新型手段管理低碳工艺和低碳产品，如利用CCU工艺生产的产品

### 利益相关方和钢铁下游用户也能发挥一定作用，他们应当：

- 形成低碳钢需求，并认识到低碳钢产生的额外成本
- 考虑产品的全生命周期，产品设计中应考虑适用于再制造、再利用和再循环的产品

#### 脚注及参考文献：

- 1.世界钢铁协会数据：包括范围1、范围2以及（工艺关键性）范围3的排放数据，加权平均值既包括利用铁矿石的钢铁生产，也包括利用废钢的钢铁生产。使用的计算方法符合ISO 14404系列标准。
- 2.世界钢铁协会，新闻稿，<https://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2021/Global-crude-steel-output-decreases-by-0.9-in-2020.html>
- 3.国际能源署钢铁技术路线图，2020年10月（<https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap>）
- 4.排放削减潜能值涉及关键性炼钢运营活动的范围1、范围2和范围3排放（即使这些运营活动外包，也计算在内）。来源：世界钢铁协会2020年碳数据摘要报告
- 5.世界钢铁协会2019年预估废钢的可利用
- 6.世界钢铁协会，生命周期清单数据
- 7.世界钢铁协会估算
- 8.铁矿石是一种富含氧化铁的物质。为生成金属铁，需要还原或破坏铁原子与氧原子之间的强键，这需要大量能量，这是制造精炼钢的第一步。
- 9.不含碳的氢可以分为“绿氢”（利用不含碳的电，通过水电解工艺生产的氢）或“蓝氢”（在配备CCS设施的工厂内，利用天然气衍生的氢）
- 10.世界钢铁协会，博客《我们谈论的术语“低碳钢”指的是什么》<https://www.worldsteel.org/media-centre/blog/2021/blog-low-carbon-steel-meaning.html>
- 11.国际能源署钢铁技术路线图，2020年10月<https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap>
- 12.国际能源署钢铁技术路线图，2020年10月<https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap>

WorldSteelAssociation

AvenuedeTervueren 270  
1150Brussels  
Belgium

T:+32 (0) 2 702 89 00  
F:+32 (0) 2 702 88 99  
E:steel@worldsteel.org

北京市朝阳区亮马桥路50号  
燕莎中心写字楼C413室  
100125

T:+86 10 6464 6733  
F:+86 10 6468 0728  
E:china@worldsteel.org

[worldsteel.org](http://worldsteel.org)



Printed on FSC certified paper