

世界钢铁协会政策文件

气候变化 与钢铁生产

钢铁行业完全支持
《巴黎协定》设定的
气候目标。
钢铁行业承诺
建设低碳未来。

钢铁在生活中无处不在，钢铁是建设可持续发展未来的基石。

无论是未来能源和交通系统，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，钢铁都是实施低碳解决方案和减轻气候变化影响的核心要素。

什么是低碳钢？

世界钢铁协会对低碳钢的定义为通过科学技术和实践经验生产，相比传统生产方式温室气体排放量显著降低的钢材。¹

什么是低碳能源？

世界钢铁协会采用国际能源署的分类办法²，其中包括可再生能源、核能以及采用碳捕集、利用和封存(CCUS)等减排技术的化石燃料。



钢铁引领转型

碳在炼钢过程中发挥了两个关键作用：一是作为还原剂，去除铁矿石中的氧气和其他杂质，从而生产出铁；二是作为钢的组成部分，铁与碳以及少量其他元素结合形成钢。³

由于碳在炼钢过程中发挥着关键作用，因此钢铁生产仍属于一项碳密集型和能源密集型生产活动。尽管如此，钢铁行业仍致力于不断降低行业运营过程中产生的碳足迹，⁴并全力支持《巴黎协定》设定的气候目标。

钢一旦生产出来，即可以百分百无限期循环利用，而不会影响任何材料特性。

钢铁行业在推动工业和社会转型过程中发挥至关重要的作用，主要包括：



降低行业 碳排放

我们致力于降低行业碳排放，承担钢铁行业肩负的环境责任。

我们努力提高工序效率，最大限度地利用废钢，不断努力开发和部署创新型低碳生产技术。

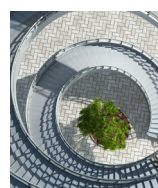
钢铁行业存在多种脱碳路径。各家公司的转型战略都取决于本地化因素，例如资源和能源的可用性、成本、政策支持以及融资方案等。



开发先进 钢铁产品

我们正在开发和制造先进钢铁产品，通过零能耗建筑、低碳能源基础设施、先进车身设计、⁵电气化等促进社会的转型和适应能力。⁶

由于其强度、耐用性和多功能性，钢铁在适应气候变化方面也发挥着至关重要的作用，通过建设保护社区的基础设施，增强气候适应能力。



提高材料 效率和完善 循环经济

作为一种永久性材料，钢铁是循环经济的基础。它提高了设计效率、再利用率、再制造率和回收利用率，这都是循环经济的关键要素。⁷

所有循环经济模式都有望延长钢材的使用寿命。现代钢铁比以往更加坚固、轻便、耐用。从设计到产品报废阶段，钢铁行业与客户密切合作，通过共享知识，确保钢铁在每种应用中都能得到最高效的利用。

本文重点讨论减少钢铁生产过程中的排放量。文中概述了钢铁行业未来面临的挑战，以及消除障碍和加速脱碳所需采取的措施。

我们呼吁钢铁行业及其价值链、政府部门以及学术界共同采取行动。

本文使用以下图标突出显示相关内容：



钢铁行业



政府部门



价值链



学术界

追踪钢铁行业的减排进展

2024年,平均每生产1吨钢排放2.18吨二氧化碳当量(范围1, 2和3)。2024年,钢铁总产量为18.86亿吨,⁸钢铁行业的总排放量约为41亿吨二氧化碳当量(其中75%为直接排放),占全球人为温室气体排放量的7%–8%。⁹

铁矿石炼钢是以铁矿石为原料生产铁,工艺生产路线包括:在高炉中以煤炭为能源冶炼;或在直接还原铁炉中冶炼,大多数情况下以天然气为能源,从而降低了碳足迹。然后,将生成的铁放入碱性氧气转炉中精炼成钢,或在电炉中加入废钢后精炼成钢。

废钢炼钢利用电力在电炉中熔化废钢,通常还会添加生铁或直接还原铁。

铁矿石炼钢和废钢炼钢的排放特征差异显著,其中大部分排放量都来自于以铁矿石为原料生产铁环节。

迈向更加协调统一的标准体系

钢铁生产和钢铁产品存在多种温室气体核算方法,¹⁰这些标准的不统一给实际操作中的精准决策和脱碳工作带来了阻碍。

为此,世界钢铁协会同其他国际组织和倡议一直保持密切合作,制定并推出钢铁标准原则(SSP),¹¹这是协调温室气体核算方法的一项国际性合作协议。

行动内容 »»



促进协调温室气体核算方法和报告标准,推进公平竞争。



增强报告对全价值链影响的覆盖范围和透明度。



扩大覆盖范围和提升透明度

每年，世界钢铁协会的二氧化碳数据收集项目¹²收集超过200个生产厂区的相关信息。因此，世界钢铁协会能够报告全球钢铁生产过程中的二氧化碳，以及最常见生产路线的二氧化碳强度。该项目启动以来，世界钢铁协会的碳排放报告已发展成为行业标准及国际标准的基础。¹³

我们正不断采取措施，确保该方法系始终具有实际意义，并与当前的相关预期保持一致。其中包括：

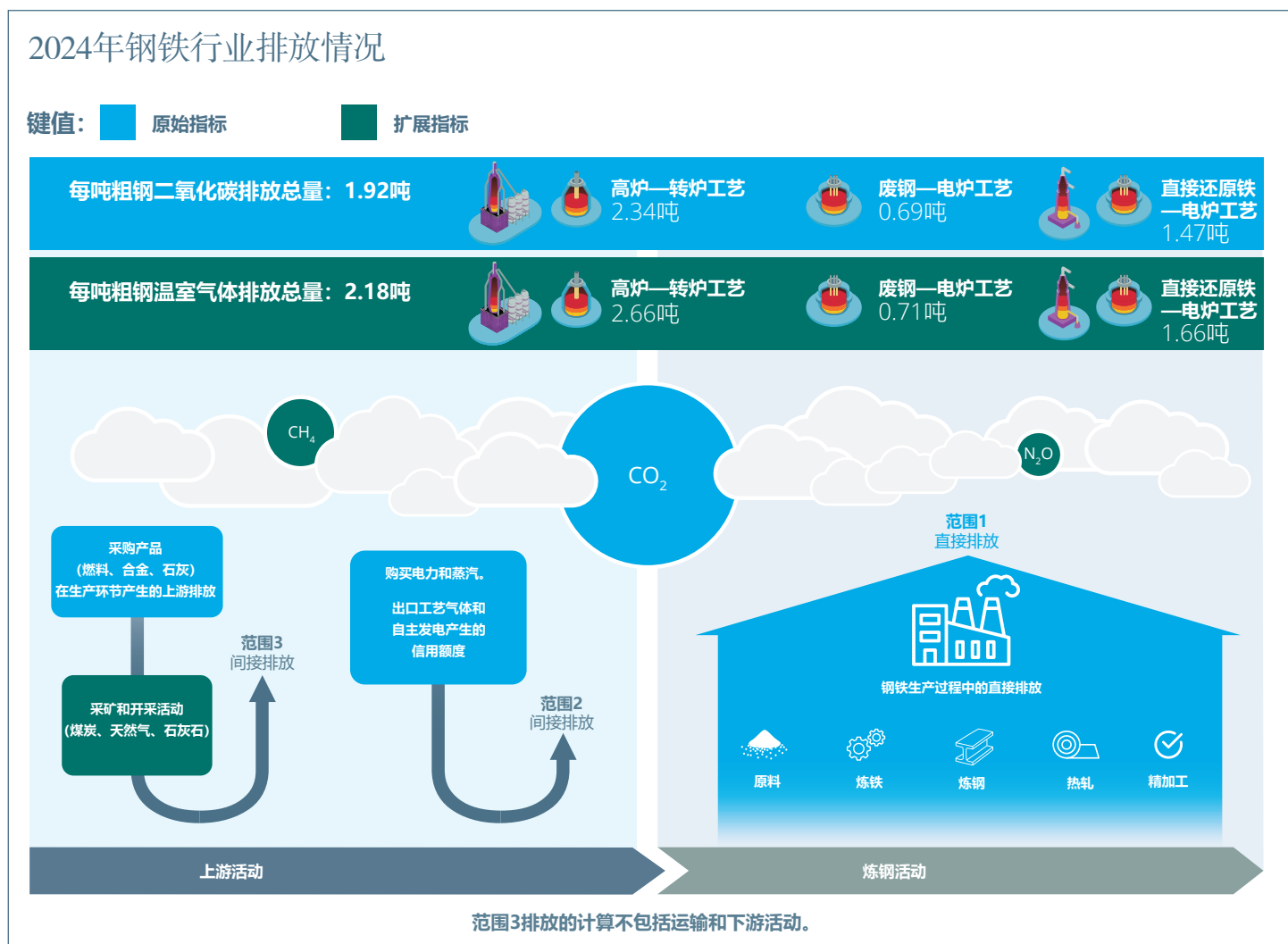
- 扩大该方法系的范围，纳入甲烷（CH₄）和一氧化二氮（N₂O）排放量，并新增二氧化碳当量强度指标的计算。
- 增加上游采矿作业的范围3排放，从而涵盖更多排放源。包括冶金煤开采产生的甲烷以及钢铁公司对低碳原材料采购的选择，从而提升行业环境影响的透明度。

尽管钢铁行业的排放量仍然保持稳定，但核算范围的扩大会导致报告的排放量有所上升。

并非所有钢铁产品都完全相同。

根据合金元素的种类和数量、品质要求以及加工工序的不同，钢铁产品的碳足迹可能存在很大差异。

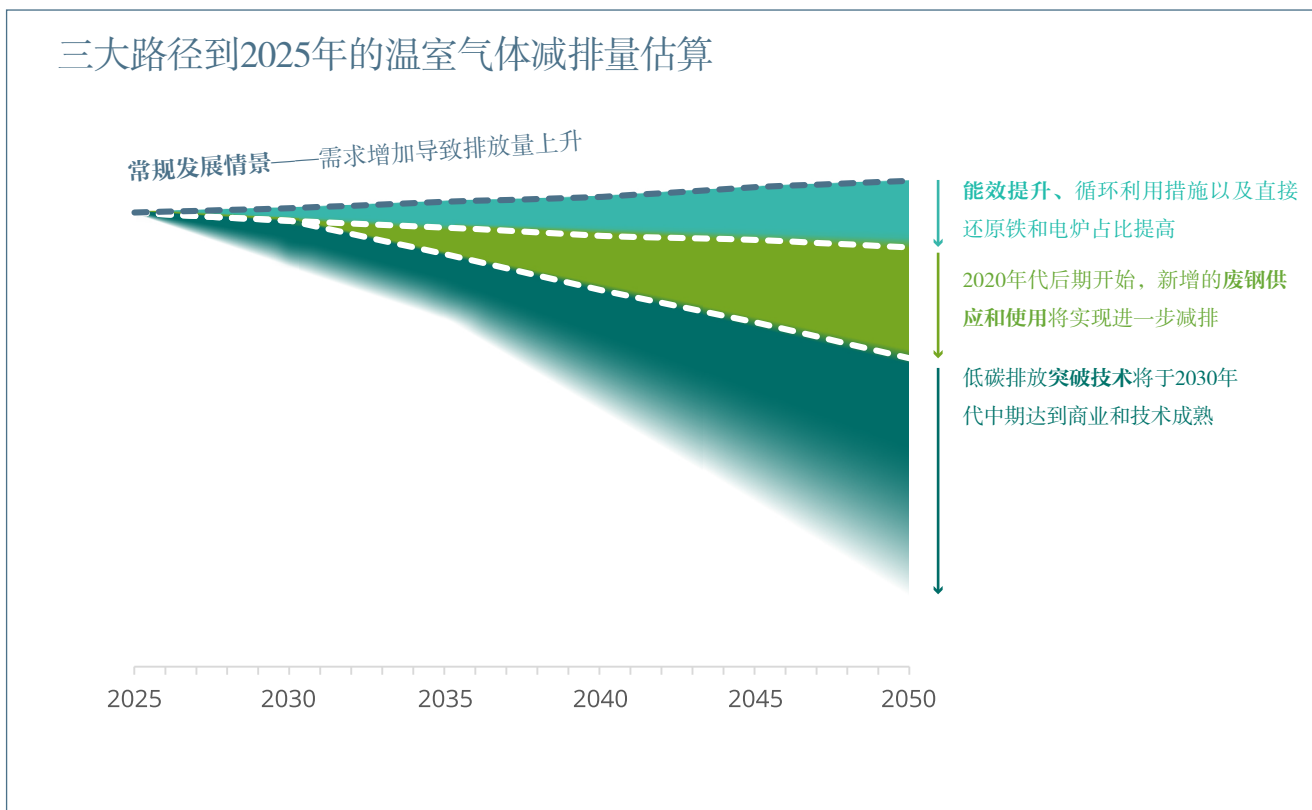
世界钢铁协会生命周期清单数据收集项目¹⁴从会员企业收集产品层面的数据，随后以生态档案¹⁵和完整生命周期清单数据集的形式，报告钢铁产品的全球变暖潜能值及其他环境影响相关信息，供生命周期评价从业者使用。



我们的目标是采用一致且透明的方法系监测温室气体排放，涵盖所有重要排放来源，从而明确了解钢铁行业（自身）产生的影响。

采取行动减少排放：三大主要路径

预测脱碳具有不确定性，但三大趋势将显著影响并加速未来几十年的钢铁行业减排。



三大路径的详细说明

路径1:

提高效率

钢铁行业属于资源和资本密集型行业，需要保持效率的持续性。

世界钢铁协会会员企业粗钢产量占全球粗钢总产量的85%，这些企业正投资并应用效率日益提升的技术，如数字化和人工智能等工具，从而降低能源消耗和温室气体排放¹⁶。

扩大以天然气为能源的直接还原铁工艺和电弧炉工艺的应用比例，再结合突破性技术将显著减少温室气体排放。然而，能源消耗仍将维持在较高水平，促使传统技术达到一定效率水平仍需时间。



行动内容 »



提高全球钢铁行业的能源利用效率和温室气体减排效率，并搭建竞争性前知识共享平台。

路径2:

最大限度提高废钢的供应量和利用率

钢可以无限次回收且不会影响品质，而废钢则是炼钢过程中至关重要的原料。

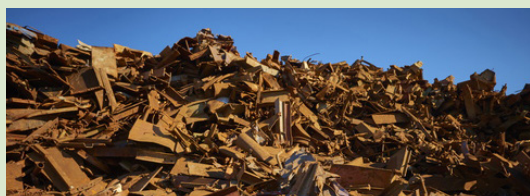
钢具有磁性，易于从废物流中回收。因此，钢是世界上回收利用率最高的材料。

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120千克石灰石消耗。¹⁷

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，电炉和高炉的废钢比最高分别可达100%和30%。

部分国家已建立完善的废钢供应链，通过使用废钢就能满足本国大部分钢铁需求。然而，在钢铁产量持续增长的国家，废钢供应仍然有限，供应链需要进一步完善。预计未来几十年，这些国家到达使用寿命的钢材供应量将大幅增长。尽管预计废钢供应量有所增加，但随着全球钢铁需求的持续增长，即使到2050年，仍有大约一半的钢产量依赖铁矿石。

随着世界各国政府努力实现气候目标，部分政府正考虑采取措施将废钢保留在国内使用，因此各国政策出现分歧的可能性将会增加。在此背景下，重要的是政策框架应以“最大限度发挥废钢对全球脱碳的贡献”为导向，为废钢的利用提供支持。



关于废钢供应预测的更多详情，请访问世界钢铁协会网站 worldsteel.org。

行动内容



开发高效回收利用技术，高效回收利用所有收集的废钢，实现废钢价值最大化。



采用生命周期方法，加强废钢收集，改善报废阶段废钢的分类，支持循环经济。



确保废钢政策加速推进而不是破坏全球脱碳进程。

路径3:

突破性减排技术

低碳炼钢没有单一的解决方案。利用天然气直接还原铁和电炉等现有技术扩大生产规模，将是向前迈出的重要一步。然而，要实现深度脱碳，还需要一系列广泛的新技术方案。根据当地实际情况，这些技术方案或单独或组合部署。钢铁行业在全球范围内引领研究、开发和部署工作。

高炉目前仍是还原铁矿石的主流技术，预计未来数年里，它仍将是全球钢铁行业的关键组成部分。虽然现代高炉的运行效率已接近理论极限，但我们仍在不断对技术优化。目前钢铁行业正在开发创新工艺，以大幅降低高炉的碳足迹。

新一代高炉



1. 炉顶煤气回收利用
2. 低碳和循环还原剂
3. 直接和间接利用氢气
4. 电气化
5. 等离子喷吹
6. 氧燃料喷吹
7. 数字化

无论是单独部署还是组合部署，这些技术都能推动高炉向更高效的技术方向发展，助力低碳炼钢进程。

然而，要实现大幅度减排，需要采取全新的变革性技术路径，目前已有多种极具前景的技术处于开发和初级应用阶段。

这些技术分为三类：¹⁸



采用碳作为还原剂，防止来自化石燃料的二氧化碳的排放



采用氢替代碳作为还原剂，反应生成水而不是二氧化碳



电解法，利用低碳电能



关于新一代高炉和突破性技术的更多详情，请访问世界钢铁协会网站 worldsteel.org。

行动内容



与学术界和创新网络合作，加速与突破性炼钢技术相适应的应用研究和人才发展。



承认多样化脱碳技术的必要性，减少实施这些技术的监管障碍。

关键性赋能因素：资源、基础设施和人才

随着新兴钢铁生产技术日趋成熟，加速这些技术广泛应用，现在必须采取哪些措施？

能源和成本

预计低碳钢的生产成本将显著高于传统生产方式。无论是在新建设施的建设阶段，还是在确保运营成本维持在可行水平的过程中，获取资金支持和采用现代融资方案都是必不可少的。大多数低碳炼钢技术都直接或间接地依赖于充足、稳定的低碳能源供应。在许多情况下，这种能源将转化为氢气，氢气在新型技术中（例如氢还原技术）主要作为还原剂，在某些情况下，也可替代现有工艺中化石燃料。确保此类能源供应的稳定性与经济性至关重要。

世界钢铁协会估计，这一转型过程将需要资本支出：

1.2万亿美元

用于新建设和
现有设施的改造




+

2.5-4万亿美元

用于上下游工艺流程，
例如能源和基础设施



行动内容






-  与政府部门合作，明确低碳资源和融资需求。
-  通过可持续性融资框架等，为转型提供融资渠道。
-  与钢铁制造商合作，通过长期协议降低低碳排放技术投资风险。

基础设施

基础设施是保证低碳能源持续供应以及碳捕获、利用和封存（CCUS）网络发展的关键。这其中包括安全高效地储存、运输和转化氢及其衍生物的基础设施。即便如此，相关项目仍然面临重大障碍，例如复杂的监管环境。因此，技术推广需要多年的时间，可能要等到2030年代中期甚至更久才能看到成果。在这一充满挑战的背景下，钢铁制造商和氢气生产商越来越多地探索长期承购协议或垂直整合可再生能源发电等策略，保证能源供应和价格稳定。



行动内容

-  开发商业模式和风险分担机制，提升低碳钢的投资吸引力。
-   与CCUS行业建立合作，提供必要的碳捕集基础设施。
-  确保可负担的低碳资源（包括氢气）供应充足。
-  采用创新性监管方式规范低碳流程和产品，例如CCU。

矿石品质

要实现高效的低碳钢铁生产，原材料中较高的铁含量至关重要。当前的DRI工艺和早期氢基直接还原工艺都需要高品位铁矿石（铁含量至少达到64%），而高品位铁矿石仅在全球供应量中的占比不足20%。

随着DRI工艺规模的扩大，这将增加对高品位铁矿石的需求，从而使成本上升。通过投资熔分炉（ESF）等技术，可以在DRI工艺中使用高炉级铁矿石。



行动内容 »



与原料供应商合作，确保随着技术的不断发展，进料品质范围可以不断扩大。



人才

这场转型不仅仅涉及技术或经济层面的变革，更意味着劳动力、社区及组织层面的深刻变革。它对于技术培训、技能再培训、劳动力流动以及整个价值链的系统知识转移产生了迫切需求。

公正转型——即确保公平待遇、包容性对话和共享机遇——需要行业、政府、社区和劳工代表之间积极主动的协作。



行动内容 »



钢铁行业必须发挥主导作用，推动公正和可持续的转型。



建立激励再培训的社会框架。

市场需求

无论是新建产能还是替换现有产能，强劲的需求侧信号和明确的政策对于大规模部署低碳排放技术至关重要。

政府和私营部门的支持性需求侧举措能够加速并巩固市场需求，填补低碳钢材供应量与市场吸纳准备度之间的差距。这些举措包括：

- **提高透明度：**通过统一或可互操作的标准、明确的认证体系，以及钢铁生产和用钢行业隐含碳排放的标识方案，提高碳排放信息披露的透明度。
- **需求侧政策：**需求侧政策包括与碳强度挂钩的税收优惠、差价合约以及优先采购低碳钢材产品的公共采购方案。
- **有效的碳定价机制：**为低碳生产提供长期激励。政策制定需兼顾脱碳目标和产业增长，同时考虑不同的转型路径及资金需求。
- **钢铁买家的举措：**例如，承诺采购一定比例的低碳钢及签订承购协议。

钢铁行业温室气体 减排证书

温室气体监管链方法有助于满足市场对低碳钢材产品的需求。

世界钢铁协会联合其会员企业制定了一套原则和指南，帮助钢铁行业在应用监管链方法过程中确保透明度和清晰度。¹⁹

随后，这些核算方法将用于生成减排证书；该证书可连同钢材产品及其碳足迹一起出售。

对于选择采用此类方法的钢铁生产企业，我们鼓励其遵循上述指南开展相关工作。



行动内容》》



与客户合作，为低碳钢创造市场吸引力，包括共同制定标准、采购模式和产品认证。



采取奖励积极行动的政策，但不会给已经投资高效炼钢的企业带来经济损失。



使国内政策与国际政策保持一致，促进自由、公平的贸易，避免意外的保护主义壁垒。



以国际认可的、可互操作的标准为依据，实现可比性和公平竞争。

脱碳进程各不相同

钢铁制造业是一个真正的全球性产业：世界各地的钢铁生产条件多种多样。每个地区或国家面临脱碳挑战的起点各不相同，资源供应和政策支持也各不相同。

这些地区差异受到许多因素的影响，现有钢铁产能便是其中之一。

低碳技术的可行性和部署时间取决于现有资产的类型、性能和使用年限。

产能扩张计划和目标实施日期也将影响实际可选择的技术方案。

其他方面，如能源和原料的可用性、创新能力、融资渠道以及政策和监管环境等，将极大地改变各个地方的产业转型路径。

如今，钢铁生产通常在同一厂区进行，但未来模式可能并非如此。低碳铁可以在有铁矿石资源丰富且能获得廉价低碳能源的地区生产，然后运往其他地方生产钢。

从全球化成本到本地化成本

随着钢铁行业从全球贸易煤炭转向本地定价电力，区域成本差异将会扩大。

电力的经济性对于全球竞争力至关重要。



行动内容 »



制定适合当地情况的政策，同时与全球脱碳目标保持一致。

加入对话

世界钢铁协会提供了两个交流平台，可以与整个钢铁制造生态系统的利益相关者交流与行业脱碳和低碳发展技术相关的政策问题。

请通过扫描二维码订阅邮件列表。



低碳钢铁技术发展大会



钢铁行业低碳发展开放式论坛

参考文献

1. worldsteel.org: What we mean when we talk about low-carbon steel
2. iea.org: Low-emissions sources of electricity: Net Zero Emissions Guide (2023)
3. worldsteel.org: The steelmaking process
4. worldsteel.org: Member companies' CO₂ reduction commitments
5. worldautosteel.org: LCA case studies for high strength steel applications in vehicle design
6. worldsteel opt-in programmes: constructsteel, focused on solutions for construction applications, WorldAutoSteel, focused on the automotive sector and worldstainless focusing on the promotion of stainless steel.
7. worldsteel.org: Circular economy case studies
8. worldsteel.org: World Steel in Figures 2025
9. Hannah Ritchie, Pablo Rosado, and Max Roser (2023), "CO₂ and Greenhouse Gas Emissions", published online at OurWorldInData.org. Retrieved from [\[Online Resource\]](#)
10. worldsteel.org: GHG methodology mapping
11. [Steel Standards Principles](#)
12. worldsteel.org: Climate Action Data Collection
13. ISO 14404-series
14. worldsteel.org: Life cycle thinking
15. worldsteel.org: Life cycle inventory and eco-profiles
16. In 2019, the worldsteel launched 'Step Up', an industry-wide efficiency review process based on leading practices that focus on the key efficiency levers
17. worldsteel calculation
18. worldsteel.org: Breakthrough technologies
19. worldsteel.org: Chain of custody approaches in the steel industry

世界钢铁协会

Avenue de Tervuren 270
1150 Brussels
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

