

资料概览

通过技术转移和研究应对气候变化



众多钢铁厂商参与了许多技术与最佳实践转让活动，借此改进或取代现有的工艺或减少工艺环节。一些钢铁制造商正在研究和投入能够大幅减少环境影响的低碳技术。

在过去10年里，钢铁业采取了一些行之有效的措施改善能源使用方式和提高能源效率，从而减少二氧化碳排放，站在应对气候变化最前沿阵地，钢铁业也认识到要进一步控制二氧化碳排放量以达到《巴黎协定》通过的全球平均气温较工业化前水平升高控制在2摄氏度之内的目标，亟需找到突破性的技术。

按照热力学原理，大多数现代化钢厂已经达到能源效率和能源密集度的极限。先进技术的应用带来了能源效率的最大化，并且使二氧化碳排放量减至最低。钢铁业产生的二氧化碳主要来自于高炉里的煤和焦炭（碳）以及铁矿石之间的化学反应。这个被称为矿石还原的过程产生铁水之后再转化成钢。目前还没有大规模的市售替代物来取代炼铁和炼钢中所有的碳。

现代长流程钢铁厂将它们所产生的所有煤气回收用于生产中的发电和供热，以此增加碳效率，减少外部能源需求，并最大限度减少温室气体排放。

世界上有越来越多的国家正在采取经济手段降低二氧化碳的排放，诸如通过碳排放交易体制（如，欧盟和韩国）、碳税和能源效率行动措施以减少二氧化碳排放。

技术和最佳实践转让

世界钢铁协会的会员企业认为，技术和最佳实践的转让是其中的部分解决办法——能够在最短时间内，将所有重点炼钢企业提升到业界最佳水平。这样做的目的是传播最佳实践，同时又不损害竞争力。

世界钢铁协会的会员经常就安全与健康、创新、技术、环境、低品位原料改善以及保持产品可持续性问题，通过项目、研讨会以及专家组和委员会会议等形式定期交流。会员可以利用在线对标工具，推进优化安全与健康、能源强度、排放强度、可靠性、工艺收得率以及可持续发展绩效。会员可以使用这些工具进行内部对标或与同行企业或工厂进行比照。这种方式强有力地推进了业界知识和最佳实现的分享。¹ 对标系统的数据可用于查看会员企业最佳绩效与同行之间对标的情况，推动公司间通过协议转让知识和最佳实践。

世界钢铁协会定期就涉及钢铁行业的主要问题制作技术报告。这些报告旨在提高钢铁行业的经济和环境绩效，以及为建设内部在线对标系统打下基础。例如，最近发布的技术报告主题包括钢铁行

业的工艺收得率、副产品、低品位原料利用、能耗、维护性和可靠性、空气污染控制以及用水管理。世界钢铁协会还是公认的生命周期评价方面的全球领导者，利用钢铁企业提供的数据，判断钢铁产品在炼钢期间的综合环境影响，并且评价其对使用阶段最终产品的影响。

二氧化碳减量排放计划

现代钢铁厂在非常接近热力学定律的极限状况下运作，已经实现了最重大的能源节约，使用目前的技术不可能实现更进一步的大规模减排。各国政府和国际机构呼吁进一步减排需要发明和实施新的生产技术。

世界钢铁协会推动建立全球技术创新论坛，并且利用会员组建专家组。在最初阶段，有七个国家和地区级突破性技术项目相互交流了项目信息，分享了改进成果，辨识了科研差距和重叠内容。这种交流早在2000年初已经确立。表1所示为相关项目概要。各地区级项目需要钢铁生产企业、能源生产企业、工厂设计企业以及设备制造企业提供行业专门技能。同时，这些项目也因为全球科研实验室、大学和学校研究机构提供的科技能力而受益。

该计划支持钢铁冶炼工艺对于大量削减二氧化碳排放的承诺。他们在不同规模的基础上探索可行性，从单一的实验室工作到小型试验设备开发和最终商业化实施或者运用现有设备测试改进情况。在项目竞争前阶段，参与者们保持彼此之间的信息更新，以促进相互学习和避免不必要的重复。

项目研究范围不设限制，计划要实现的研究成果是开发能够减少温室气体排放强度至少达到50%，使钢铁生产方式发生革命性变化的突破性技术。每个区域行动计划寻求找到最适合当地制约条件、能源及原料获取来源的解决方案。

正在验证中的四种可能发展方向：

- **碳一**将继续用作还原剂，但应当捕获和保存生成的二氧化碳。这种做法类似于电力行业减少化石燃料电厂的排放物。不过，炼钢解决方案对应的是大量采用废钢、推广最佳实践的应用及二氧化碳捕获与储存，这有别于富氧燃烧以及燃烧前或燃烧后捕获。在该背景下，炼钢解决方案包括安装碳捕获和封存设备（CCS）的高炉（HIsarna 项目，一种重新设计的熔炼还原工艺，预计每吨钢可降低20%的二氧化碳排放）

- 氢—由于氢反应时仅产生水蒸气，因此可用作替代碳的还原剂。无论是作为纯氢还是通过甲烷或天然气重整形成的合成气体，氢既可用于传统的直接还原反应器，也可用于更加面向未来的闪蒸反应器（Flash Reactor）。氢的生成需要使用不含碳的水能、核能或可再生的新工艺能源，例如，电解水或天然气重整。该工艺将需要高压蒸汽或无碳电力；否则，如果能源需求量比直接在炼钢工序中的使用量还高。氢还原工艺的能耗比使用碳更高，主要是因为冷却或需要比当前所需的能源多出4-5倍，这些能源需要从无碳的渠道获取，以避免将二氧化碳排放转移到其他地方
- 生物质能—可以用于生产还原剂（碳），既可以从木炭也可以从合成气获得。在这样的方案中，生物质能需要有效地生长在使用地附近而且要有足够的量使其经济可用和重复可得。巴西、澳大利亚、加拿大和欧洲对生物质能有强烈的兴趣。生物质能可以作为木炭添加进高炉，加入焦炉，在炼钢反应器里作为燃料燃烧，或者作为合成气用于直接还原等。发展生物质所需的土地面积及该地区对钢铁的需求量之间的平衡问题需要列入考虑
- CCS（碳捕获与封存技术）—碳捕获与封存技术是捕获碳以安全存储的方式或用作其他用途来取代直接向大气中排放二氧化碳的关键技术。二氧化碳可以通过地质封存方式封存在深层盐质含水层、枯竭的油气田、煤矿中或者变回碳酸盐

（矿物学储存）。从钢铁生产中产生的工艺废气在二氧化碳含量（通常更高）、粉尘含量、少量气体组合物（CO₂, CO等）、温度和压力等方面不同于其他工业废气。因此，具体研究正在各种行动计划里积极展开。欧盟、日本、中国和美国已经制定了详细计划。二氧化碳的许多用途也已经开发出来，比如气体渗碳剂用于替代珊瑚礁或建造防水层。阿联酋的首长钢铁公司目前正在参与一项雄心勃勃的创新计划：每年从其钢铁厂捕获、重新利用和储存80万吨二氧化碳，其目标是通过捕获钢铁生产过程中产生的二氧化碳在提高石油采收率的同时实现二氧化碳存储，以此降低炼钢过程对大气的二氧化碳排放，该项目计划在2016年完成²

各种突破性方案已经认可了40多种技术，其中7个方案很有潜力。与二氧化碳减排相关的更具雄心的计划现正经历从实验室到试验设备的各阶段。它们的潜力和技术局限性正在评估中。

最有可能成功的方案仍然是基于碳的炼钢技术+碳捕获和封存（CCS）。生物能解决方案很可能出现在中期未来。基于氢的炼钢解决方案虽然即将到来，但是无碳能源是个问题。在过去10年来，现实经济冲击了大部分地区，导致相关项目在短期内难以融资，七个项目中只有四个还在主动继续（参见表1），科研项目或测试设备被延后几年而不是几个月。为实现将气温升高控制在2摄氏度范围内的目标，我们需要融资尽快推动创新。

表1:突破性项目（过去开展或延迟的项目用淡蓝色标注）

计划	参与公司	目的	最好结果
中国宝武的项目	中国宝武（中国）	目标是减少燃烧产生的碳排放。	(1) 光伏电池 (2) 转炉煤气制乙醇（Lanza技术）。
中国钢铁股份公司（CSC）	台湾碳捕获与储存协调联盟	该联盟重点研究两项主要技术：富氧燃烧器技术，旨在通过无氮燃烧和化学吸附试验设备净化二氧化碳，寻求进一步降低单位二氧化碳捕捉的能耗。另外是在CSC开展的学术合作项目，包括转炉渣碳酸化和微藻固碳。	(1) 二氧化碳净化；(2) 减少能耗；(3) 转炉渣碳酸化和微藻固碳。
日本的COURSE50（创新的炼铁工艺技术开发项目）	日本铁钢联盟（JISF），经济产业省	目标是研发创新技术帮助解决全球环境问题。包括研发项目、公共关系活动和促进行业/协会合作。	(1) 减缓全球温室效应的方案制定；(2) 二氧化碳的分离、捕捉和封存；(3) 通过设备和有效利用固定二氧化碳；(4) 氢还原，经试验得到了有趣的效果，但是也发现了一些局限性。
浦项制铁的二氧化碳突破减排框架	浦项钢铁公司，浦项产业研究院，浦项实验室，浦项工程技术大学	目标是利用炼钢副产品找到钢铁行业二氧化碳减排和适应气候变化的新方案。该框架由6个项目组成： (1) 热烧结的预减少和热回收 (2) 使用氨溶液吸收二氧化碳 (3) 利用生物炉渣恢复海洋环境 (4) 使用焦炉煤气和废料制氢 (5) 使用富含氢气的合成气还原铁矿石 (6) 低碳排放的FINEX工艺。	(1) 使用氨溶液吸收二氧化碳；(2) 低碳排放的FINEX工艺。
HIsarna 炼铁工艺	安赛乐米塔尔、塔塔钢铁、蒂森克虏伯和奥钢联	一种熔融还原技术。HIsarna炼铁工艺已经达到了规模化试点的阶段。	每吨钢可大约降低20%的二氧化碳排放。
ULCOS—超低碳炼钢（欧盟）	欧盟所有主要钢铁公司、能源和工程合作伙伴、研究院和大学。同时也获得欧盟委员会的支持	合作研发大幅减少钢铁生产的二氧化碳排放包括工艺科学、工程、经济学和气候变化预见性研究。	(1) 高炉炉顶煤气回收利用CO ₂ 捕获和存储；(2) HIsarna熔融还原工艺与碳捕获与封存；(3) 先进的直接还原工艺；(4) 铁矿电解工艺。
AISI（美国钢铁协会）—技术路线图计划	AISI（美国钢铁协会）和DOE（美国能源部）工业技术办公室的公-私合伙关系	DOE/AISI合作计划旨在：(1) 提供能源效率 (2) 增强北美钢铁业的竞争力 (3) 改善环境。该计划不同于其他，因为钢铁计划需要偿还联邦费用分摊。	(1) 悬浮氢还原氧化铁精矿；(2) 熔融氧化物电解。
澳大利亚的项目	博思格钢铁与一钢公司及澳大利亚联邦科学与工业研究组织协作（澳大利亚）	在澳大利亚，澳大利亚联邦科学与工业研究组织正与博思格钢铁和一钢公司合作开展两个旨在减少二氧化碳排放的项目：生物质能—在钢材生产中获取可再生碳；热回收—通过干法造粒的熔融炉渣回收热量，捕捉炉渣冷却释放的废热，从而减少二氧化碳的排放。这些计划已经获得澳大利亚政府的大力支持。更多详情请查看本刊物介绍碳的部分。	(1) 通过使用生物质能和副产品削减二氧化碳排放。

就更长远来看，可能会出现新的研究途径。这些新途径包括炼钢与新能源储存技术以及新一代核电站相融合，这类方案目前尚未成为正在开展的计划之列，但是可能会在不久的将来增加进去。

世界钢铁协会在2013年完成了能耗强度对标项目。该项目包括一项当前钢铁行业使用的能效技术的全球调查。有些技术已经成熟且广泛使用中，而有些仍然处于研发之中。在已备案的190项技术中，大约30%的技术已经被广泛采用。当这些技术被充分利用后，钢铁生产企业就能达到尽可能低的能耗水平。增加额外的技术不会创造额外的能源节约，事实上，还可能造成能源浪费的问题。

原料的重要性

原料质量对能耗随后产生的排放具有影响。在经济层面上看，对高品质炼钢原料的需求是实现高效生产必要的条件。高品质铁矿石的含铁量为63—68%，并且杂质含量低。在矿场进行选矿最为有效，可以大幅降低资本密集度，还可以经济地供应较高品质的原料。煤炭的质量也同样重要，并且也可以通过类似的矿场选矿方式保证质量。

煤矿和铁矿的矿场选矿，可以实现原料生产的能源效益，不仅将无用材料返回矿场，而且尽量减少了材料运输。这种供应链的改进能够大幅降低炼钢工厂的煤炭和能源使用量，以及副产品生成量⁴。

钢铁：循环经济中的永久性材料⁵

钢铁业通过推广减量化、重复利用、再制造及回收利用的4R理念支持循环经济的发展。钢铁是100%可回收材料，并且可以无限重复使用。这种可回收性对于钢铁可持续发展具有重要意义，因为它可以显著减少对未开发资源的需求。另外，循环利用的钢材只需要消耗较少能源——利用废钢生产钢材所需的能量只有利用铁矿石生产钢材的三分之一，从而降低了二氧化碳及温室气体的总体排放量。

由于钢产品的生命周期长和对钢材的需求大，目前没有足够的回收废钢来生产所有钢材。收集、回收及循环利用材料的经济意义通常受制于原料的相对价格，如果铁矿石价格降低，其用量就上升，如果废钢供应充足，使用废钢可以降低成本。钢铁业必须在能源优化利用及铁矿石、煤炭及废钢的成本取得平衡以生产高质量满足用户需求。

脚注：

1. 官网技术项目页面，www.worldsteel.org/steel-by-topic/technology.html。
2. 二氧化碳捕获项目：<https://www.emiratessteel.com/index.php/en/corporateresponsibility/environmental/co2-capture-project>
3. 2014/2015年《钢铁行业的能耗报告》，世界钢铁协会。
4. 2013年《低品位原料利用报告》，世界钢铁协会。
5. 2016年《钢铁-循环经济中的永久性材料》，世界钢铁协会。

最新更新：2018年2月