

钢铁业积极管理能源的利用。钢铁生产中的节能降耗对于确保行业竞争力和尽量减少对环境的影响（如温室气体排放）起着至关重要的作用。因其具有100%的可回收利用性、耐用性和轻量化潜力等特性，钢铁在其多轮生命周期中节约能源消耗。

2020年，全球粗钢产量达到18.60亿吨。未来几年预计钢铁消费量将持续稳步增长，以满足人口日益增长的需要。

### 炼钢能耗

钢铁生产过程是高能耗的，然而，成熟的能源管理体系确保炼钢全过程尽可能地高效利用和回收再利用能源。自1960年以来，在大多数先进的钢铁生产国，能源利用效率的提高已经带来了每生产一吨粗钢能耗降低大约60%的效果。如图1所示<sup>1</sup>。

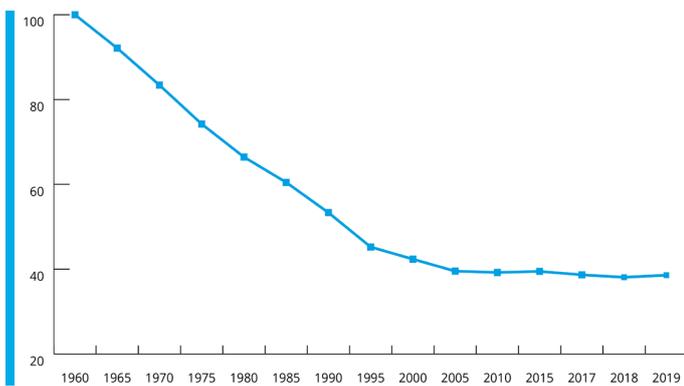


图1：全球每吨粗钢能耗指标

世界钢铁协会在其会员的支持下制定了一套全面的和针对具体工艺的能耗对标系统，仅向会员开放。它储存在安全的数据系统中，会员企业可以提交数据，与各工艺的参考水平相对比，判定其工艺中哪一部分偏离了参考水平。

世界钢铁协会还制定了全球和地区生命周期清单数据库（LCI），包括17种钢铁产品“从摇篮到大门”的环境投入和产出，跟踪资

源利用（原料、能源和水）情况和向空气、水域和陆地排放的情况。生命周期清单数据可通过世界钢铁协会的网站申请获取。

### 能源投入和相关成本

- 能源在钢铁生产成本中占相当大的份额，某些国家占到20%至40%<sup>2,3</sup>。因此，提高能源效率就会带来生产成本的降低以及竞争力的提升
- 钢铁厂的能源利用效率千差万别，它取决于生产工艺、所用的铁矿石和煤炭的类型和质量、钢材的品种结构、操作控制技术以及材料效率
- 原材料的开采、洗选和原料运输也间接消耗能源。对高炉-转炉流程而言，这些间接能源消耗约占钢铁生产总能耗（含原料和钢铁生产）的9%，而对电炉流程而言，间接能源消耗占总能耗的6%<sup>4</sup>（有关钢铁生产工艺的详情请见图2）
- 高炉-转炉流程生产工艺的能源投入有大约89%来自煤，7%来自电，5%来自天然气，1%来自其他气体。电弧炉生产工艺的能源投入，其中11%来自煤，50%来自电，38%来自天然气以及1%来自其他气体<sup>5</sup>

### 能源作为还原剂

- 和以废钢为原料的再生钢相比，以矿石为原料的原生钢的生产过程更加耗费能源（见图2），这是因为它需要化学能源用还原剂将铁矿石还原成铁。因为还原反应不会在室温下发生，煤炭、焦炭和天然气等还原剂还为化学反应提供所需的热量

- 焦炭由煤通过渗碳反应制成（即在无氧状态下进行高温加热），是铁矿石的主要还原剂，还有其他燃料用于替代一部分焦炭
- 在长流程冶炼设施中，煤的能量多达75%消耗在高炉里，它以焦炭的形式承担多项功能，包括化学还原剂、高炉炉料骨架和作为燃料。剩余部分则为烧结和焦化设备供热，在各种后续生产阶段以共生产品煤气的形式作为能源源取代其他燃料<sup>5</sup>

表1显示了钢铁生产所需的能源种类和作为热源和还原剂的具体应用。

能源投入	作为能源	作为能源和还原剂
煤	高炉、烧结厂和焦炭厂	焦炭生产，高炉喷吹煤
电	高炉，烧结矿和焦炭厂	-
天然气	炉，发电机	高炉喷吹，直接还原铁的生产
油	蒸汽生产	高炉喷吹

表1: 钢铁生产中能源的应用

### 共生产品煤气

- 产自焦炉、高炉和转炉的共生产品煤气可以充分再利用，从而节约额外的化石燃料资源。它们通常贡献60%钢厂60%以上的能源总消耗，既可以用作直接燃料替代品，也可用于内部发电<sup>5</sup>。或者，这些煤气还可以用于外部电厂发电或厂外输出。仅在没有其他选择时，它们才被燃烧
- 运用创新科技现在可以回收二氧化碳并将其转售。比如，一个炼钢厂正向其临近的一家气体工厂每年供应5万吨二氧化碳

### 未来的能源效率提升

- 当今可用的最佳钢铁生产工艺已使能源利用达到最优
- 中期内，钢铁行业能源效率的提升有望通过在全球范围内向落后钢厂转让或者推广最佳可用技术而实现
- 当这些新技术具备商业化和成熟度时，突破性技术有望带来钢铁生产方式的重大变革。

### 钢铁生产基础知识

钢铁生产主要通过**两种工艺**：高炉-转炉工艺和电弧炉工艺，如图2所示。另外，还有一些这两种工艺路线的变通和结合的方法。

高炉-转炉工艺生产钢铁使用的原料有铁矿石、煤、石灰石和废

钢。大约75%的钢铁使用高炉-转炉的工艺生产出来。首先，铁矿石被还原成铁，也称铁水或生铁。然后铁在转炉里转化成钢。再通过铸造和轧制或/和涂覆，钢被做成卷材、板材、型材或棒材。

电弧炉炼钢使用电能熔化回收的废钢。根据设备配置和废钢的资源供应情况，还可以使用其它金属料，例如直接还原铁（DRI）或液态铁水。添加剂被用来调整钢的化学成分至期望的水平。可以用氧气注入电弧炉作为电能的补充。下游加工阶段如铸造、再加热和轧制类似于高炉-转炉工艺。大约25%的钢是通过电弧炉工艺生产出来的。

大多数钢铁产品可以持续使用几十年甚至几百年，直到其功能退化后再被重新回收利用或再制造。因此，没回收的废钢不足以满足日益增长的钢铁生产需求。这种需求只能通过高炉-转炉和电炉两种生产流程相结合的方式满足。这两种生产流程都把回收的废钢作为原料之一，因此，所有新生产出来的钢铁产品都含有一定比例的废钢。

### 钢铁在产品生命周期里的节能

虽然钢铁产品需要能源进行生产，但是他们也能够产品的生命周期里节约能源，有时节约的能源比其在生产过程中所用的能源还要多。

比如，在20年的生命周期里，一个三兆瓦风力涡轮机可以提供的能量，相当于生产和维护涡轮机材料所需能量的80倍<sup>6</sup>。

### 钢铁在循环经济中的应用

钢材还能减少产品生命周期能源使用和其它方面的排放，包括通过产品设计、回收和再利用、再制造和再循环，实现资源的最大价值。更多有关此主题的详情，请登录worldsteel.org网站参阅循环经济部分内容。

2021年4月

#### 脚注

1. 世界钢铁协会计算。
2. 2005年《每吨节约一桶油（SOBOT）》，美国钢铁协会。
3. 2010年第二版《最新炼钢清洁技术手册》，亚太清洁发展和气候伙伴计划，asiapacificpartnershop.org.
4. 通过2018年世界钢铁协会生命周期清单数据计算获得。
5. 2014年《钢铁行业能耗报告》，世界钢铁协会。
6. 丹麦风电行业协会，windpower.org.