转炉炼钢已达到高峰

过去五年里，通过电弧炉（EAF）线生产钢材迅速升温，特别是在中国。这导致氧气顶吹转炉（BOF）线在炼钢业中所占的比例首次下降，因此具有重要的里程碑意义。导致这一转变的驱动因素是气候变化、电弧炉工艺效率的提高和废料的可用性。

作者: David J Price 博士
Millennium Steel

年	粗钢 百万吨	EAF 百万吨	EAF %	BOF 百万吨	BOF %
2013	1650	420	25.4	1210	73.3
2014	1669	433	25.9	1227	73.5
2015	1620	404	25.0	1205	74.4
2016	1627	415	25.5	1202	73.9
2017	1730	472	27.9	1207	71.4
2018	1808	520	28.8	1280	70.8

表 1 按年及方法划分的钢铁产量[数据参考编号 1]

年	粗钢 百万吨	EAF 百万吨	EAF %	BOF 百万吨	BOF %
2013	822	48.4	5.9	765	93.0
2014	822	54.3	6.6	768	93.4
2015	804	47.5	5.9	756	94.1
2016	808	50.9	6.3	757	93.7
2017	832	77.5	9.3	754	90.7
2018	928	107.6	11.6	821	88.4

表 2 按年及方法划分的中国钢铁产量[数据参考编号 1]

由表 1 可以看出，世界范围内 EAF 炼钢的占例从 2013 年的 25.4% 上升到 2018 年的 28.8%；而 BOF 的占比则相应地从 73.3% 下降到 70.8%。这是自 BOF 炼钢工艺发明以来，其使用比例首次大幅下降。

中方在此贡献突出。中国 EAF 炼钢的年产量从 2013 年的 48.4 百万吨增加到 2018 年的 107.6 百万吨，增幅惊人（见表 2）。相当于这两年的市场份额分别为 5.9% 和 11.6%。与全球三大钢铁生产国相比，11.6% 仍处于较低水平；印度的 EAF 占比为 53.3%，日本为 25.0%，美国为 68.0%，但中国钢铁工业规模如此之大，因此这一增幅非常显著。注意：中国目前的 EAF 钢产量超过上述三个国家的总和。

许多作者都曾指出（例如参考[2]），BOF 吨位将会减少，但这种情况在 2025 年左右之前不会发生。上面的数据仍然显示 BOF 钢产量的吨数在增加，但占比较低，所以按照这个定义，BOF 似乎已达到峰值!

EAF 产量在世界范围内升高的驱动因素包括:

- 气候变化——要求减少二氧化碳以及每吨钢铁的能源消耗
- 其他环境污染气体，例如氮氧化物、硫氧化物和粉尘
- 可再生电力的可用性提高，成本降低
- 废品可用性增加。特别是在中国，随着消费品、交通运输和一些工业化早期生产的基础设施的回收利用，可回收废品的数量将继续增加。
- EAF 成本不断增长，工艺竞争性不断提高（请注意，从历史上看，钢铁产量的提高仅限于 BOF 线:
  - -通过更好的废料选择和效益，更好的除铜工艺，以及在需要时使用 DRI 或 HBI，铜的水平现在能够很容易控制。
  - -氮水平现在可以更好地控制，即使对于低碳钢也是如此。
- 小型钢铁厂的崛起，它们的资本足迹更小，灵活性（即开-停）和转换成本更低
- 优质焦煤和铁矿石的成本和可用性受到制约，BF – BOF 线日益受到不利影响。

2018 年仍有 12.8 亿吨钢铁通过 BF-BOF 线生

产。BF 仍然是一个非常有效的铁矿石液铁转化器，并在两个多世纪的时间里击败了来自其他炼铁方法的竞争。然而，BF-BOF 线的碳足迹确实很高（通常每生产一吨钢材产生 1.8 吨二氧化碳），相比之下，废钢投入型 EAF 约为 0.25 吨，DRI 投入型 EAF 约为 0.50 吨。全球有许多研究项目和试点/示范项目正在进行或计划中，旨在减少炼钢生产线的碳足迹。这包括熔融还原炼铁的差异、高炉顶部气体回收、氢基炼铁以及二氧化碳的捕获和储存。氢基 Energiron 工艺数据，例如[3]，表明 90% 的煤基还原剂可用氢代替，然而，要想在商业上可行，可再生电力需要低至 0.03 美元/千瓦时，并降低资本成本。Hybrit 项目[4]（包含 Energiron）分为三个阶段

- 2016-2017 – 调查所有条件的可行性研究
- 2018-2024 – 在试点工厂进行试验
- 2025-2035 – 在示范工厂进行试验

其目标是到 2035 年实现炼钢工艺完全无化石燃料。

另一个重要的项目，希萨纳炼铁工艺[5]，将 BF 分成两部分，一个用于矿石熔化和预还原的回旋转炉，以及一个熔融还原装置。减少 35% 的二氧化碳，再加上氮氧化物、硫氧化物和粉尘排放更低，在 65ktpa 的试点工厂进行的试验被认为是成功的。

结论

随着时间的推移，废料利用率的增加，资本密集型的焦炭、熔渣、球团矿和高炉设备达到使用年限（磨损或无法达到所需的环境标准），BOF 将继续减少，并被日趋增加的 EAF 工厂取代。一些行业预测表明，到 2050 年左右，BOF 与 EAF 的产量分成比例将稳定在 50:50 左右。其他仍发挥重要作用的高炉（或它们的工艺等效替代品）的碳足迹将比目前的变化体更低。MS

David Price 是英国伦敦 Millennium Steel 出版社的编辑。

参考文献

[1] 世界钢铁协会统计数据库 https://www.worldsteel.org
[2] R. Waugh, 高炉时代的终结？冶铁和炼钢，43, no.4 p258-263
[3] P. Duarte, 氢基炼钢，‘Millennium Steel’ 2018 p18-22
[4] HYBRIT 氢突破性炼铁技术 http://www.hybritdevelopment.com/hybrit-research-project-1
[5] 为可持续发展的欧洲钢铁工业开发低二氧化碳及炼钢生产线 https://cordis.europa.eu/project/rcn/194922/factsheet/en