

钢铁碳中和②：低碳冶金，“氢”来了



行业评级	看好 中性 看淡 (维持)
国家/地区	中国
行业	钢铁行业
报告发布日期	2021年04月26日

行业表现



资料来源：WIND、东方证券研究所

证券分析师 刘洋
021-63325888*6084
liuyang3@orientsec.com.cn
执业证书编号：S0860520010002

联系人 李一冉
021-63325888*6117
liyiran@orientsec.com.cn

我们在2021年3月4日发布的《钢铁碳中和：必要性及去产量可能路径探讨》指出，钢铁行业尽快实现“碳达峰”、“碳中和”或不可避免，“氢气炼钢”也因只排水不排碳，有望成为钢铁行业绿色化转型的重要途径之一，并成为各国政府和行业重点关注的领域。但在追求美好愿景的同时，也需结合相关产业实际的发展阶段，才能推动钢铁行业低碳高效的发展。在此背景下，本报告推演了氢气炼钢未来可能的发展路径。

核心观点

- 氢气炼钢即以氢代替炭作为还原剂，将还原反应中的碳排放转为水排放。由于钢铁行业的碳排放主要集中在炼铁环节，而炼铁的碳排放主要来自碳还原反应，若氢还原能完全替代碳还原，理论上可降低高炉+转炉的长流程和DRI+电弧炉短流程的碳排放约34-62%、49%，减排潜力较大。
- 氢气炼钢当前的发展思路还是以提升氢气在还原反应中的占比为主。100%氢气代碳存在客观障碍，也存在技术和经济上的挑战，暂无法实现。现阶段主要发展方向应在高炉富氢和气基竖炉富氢，其中高炉富氢减排潜力较为有限，一般在10%-20%，而气基竖炉富氢更适宜推广氢气炼钢，国外已试验了90%的氢气占比是可行的。
- 国内氢气炼钢短期内应仍以灰氢+高炉富氢工艺为主，具备电价、煤炭资源优势的地区和钢企可先行发展气基竖炉还原工艺。由于国内暂不具备大规模发展气基竖炉的条件，短期内国内钢铁行业将仍以长流程占主导，节能减排技术也应基于高炉+转炉的设备之上，研究和实践表明灰氢+高炉富氢工艺是较为经济的减排方式。气基竖炉富氢工艺未来将随着废钢可用性增加、电弧炉占比的提升、电价和氢气变得更加低廉而迎来较大发展空间，在此趋势来临之前，对具备电力、煤炭资源优势的之前可先行发展气基竖炉工艺，为未来国内大规模推广积累技术、人才等经验。

投资建议与投资标的

- “碳达峰”、“碳中和”下钢铁企业将面临减产和退出压力，能耗和排放将在很大程度上决定钢铁企业的生存和去留问题。一方面，在氢冶金等低碳技术和工艺上已有储备和发展规划的钢企将具有先发优势，建议关注宝武集团系上市公司宝钢股份(600019, 未评级)、八一钢铁(600581, 未评级)，河钢集团系上市公司河钢股份(000709, 未评级)等。另一方面，氢气炼钢短期内在国内将仍以高炉为基础，在行业整体工艺未发生较大变化的前提下，本身吨钢碳排放强度、吨能耗较低的上市公司面临的环保压力较小，建议关注宝钢股份(600019, 未评级)、方大特钢(600507, 未评级)、新钢股份(600782, 未评级)等。

风险提示

- 政策出台进度及方式不达预期。
- 国内及海外新冠疫情反复的风险。

相关报告

钢铁碳中和：必要性及去产量可能路径探讨 2021-03-04

东方证券股份有限公司经相关主管机关核准具备证券投资咨询业务资格，据此开展发布证券研究报告业务。

东方证券股份有限公司及其关联机构在法律许可的范围内正在或将要与本研究报告所分析的企业发展业务关系。因此，投资者应当考虑到本公司可能存在对报告的客观性产生影响的利益冲突，不应视本证券研究报告为作出投资决策的唯一因素。

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责声明。

目 录

1 前言：低碳冶金，“氢”来了	4
2 氢气炼钢能实现多少减排：理论上长流程碳排放可降低 34-62%.....	6
2.1 传统工艺碳排放：长流程、DRI 短流程、废钢短流程分别为吨钢 2、0.9 和 0.3 吨.....	6
2.2 氢气炼钢的减排原理：还原反应的碳排放被水排放取代	10
2.3 氢气炼钢的难点：规模化用氢和经济化制氢	11
3 现阶段氢气炼钢发展方向：高炉富氢和气基竖炉富氢工艺	13
3.1 高炉富氢工艺：减排效果一般在 10%-20%	13
3.2 气基竖炉富氢工艺：试验证明氢气占比最高可提升至 90%.....	14
3.3 国内氢气炼钢推进路线：短期应以高炉富氢为主，未来逐步推进气基竖炉富氢	16
4 国内氢气炼钢实践：大型钢铁集团开始积极布局	17
4.1 高炉富氢：实施主体和设计规模以“小”为主，八一钢铁项目将起示范作用.....	17
4.2 气基竖炉富氢：主要由具备煤资源优势的地方钢企和综合实力强的钢铁集团发起.....	17
5 投资建议：建议关注在氢冶金已有布局和吨钢碳排放较低的钢企.....	19
6 风险提示	20

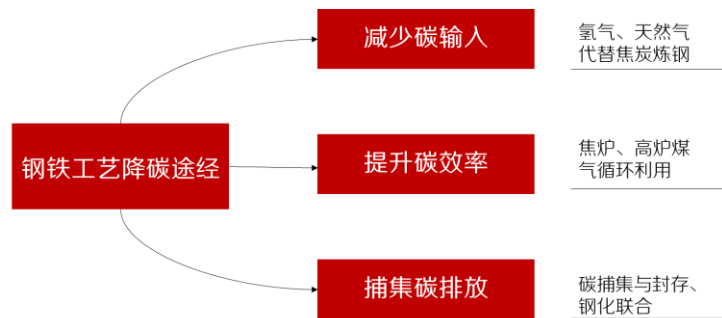
图表目录

图 1：钢铁工艺降碳途径示意图.....	4
图 2：2019 年按全球钢铁产量占比按工艺分类.....	6
图 3：2019 年 DRI 产量来源占比（单位：%）.....	6
图 4：高炉炼铁和直接还原炼铁工艺对比.....	7
图 5：长流程碳排放示意图.....	8
图 6：三个工艺各环节碳排放.....	9
图 7：安塞乐米塔尔汉堡公司的 DRI-电弧炉短流程生产流程和CO2排放量.....	9
图 8：喷吹焦炉煤气的减排效果有限.....	14
图 9：焦炉煤气喷吹量（横轴，单位：立方米）达到 50 以上时经济效益（竖轴，单位：万元）开始降低.....	14
表 1：氢气炼钢已成为各国鼓励发展方向.....	4
表 2：近期开展的氢气炼钢项目.....	5
表 3：长流程指标参数.....	7
表 4：三个工艺碳排放对比.....	10
表 5：绿氢和焦炭还原成本和碳排放量对比.....	11
表 6：储氢技术对比.....	12
表 7：不同喷吹量下，高炉喷吹氢气的减排效果.....	13
表 8：高炉富氢实际案例.....	13
表 9：气基竖炉还原主流工艺 MIDREX 和 HYL 的典型参数.....	15
表 10：气基竖炉喷吹不同氢气比例的理论碳排放效果.....	15
表 11：国内的氢气炼钢实践.....	18

1 前言：低碳冶金，“氢”来了

我们在 2021 年 3 月 4 日发布的《钢铁碳中和：必要性及去产量可能路径探讨》指出，钢铁行业尽快实现“碳达峰”、“碳中和”或不可避免，“去产量”是中短期内实现“碳达峰”见效最快的方式，能耗和排放将在很大程度上决定钢铁企业的生存和去留问题，也将倒逼钢铁企业发展低碳技术和工艺。我们认为钢铁在生产流程中要降低碳排放，无非从三处着手：前端减少碳输入、中段提升碳效率和末端捕集碳排放。

图 1：钢铁工艺降碳途径示意图



资料来源：东方证券研究所

“氢气炼钢”就是减少碳输入，以氢还原代替碳还原，还原反应的碳排放也随之被“水排放”而替代，有望成为钢铁产业低碳绿色化转型升级的有效途径之一。在碳中和不断升温的背景下，逐渐成为各国重点关注和鼓励发展的方向。

表 1：氢气炼钢已成为各国鼓励发展方向

国家	时间	规定/会议名称	具体内容
中国	2017-10-18	《产业关键共性技术发展指南（2017 年）》	将氢气竖炉直接还原清洁冶炼技术列为了重点，主要技术内容包括：直接还原工艺与先进节能的煤炭制气技术；焦炉煤气制气技术；蓄热式管式加热炉技术；蓄热式燃气熔融冶炼技术等。
中国	2020-12-31	《关于推动钢铁工业高质量发展的指导意见（征求意见稿）》	在技术创新方面：促进各类创新要素向企业集聚，加快推进产学研用协同创新，促进科技创新成果转化应用。氢冶金、非高炉炼铁、洁净钢冶炼、无头轧制等前沿技术取得突破进展。
中国	2021-02-25	《2021 年钢铁行业重点工作专题会》	支持行业围绕低碳冶金、氢冶金等新技术加大创新资源投入，实现技术突破和引领。
欧洲	2020-03-10	《新工业战略》	用新的工业流程和更多清洁技术，降低成本和污染物排放，实现工业脱碳。具体措施包括支持清洁钢铁的突破性技术，以实现零碳炼钢工艺。
美国	2019-11-06	《美国氢能经济路线图》	理想情况下，2030 年美国 6% 的钢厂将以富氢气体作为原料，2050 年将由 14% 的钢厂使用富氢气体，意味着每年钢厂将使用 140 万吨氢气。

资料来源：公开资料整理、东方证券研究所

氢冶金在国内上属新兴领域，尽管在减排压力下，业内已有不少氢冶金项目铺开，但也是在近几年才开始启动，尚处于早期阶段。随着碳达峰、碳中和的落实，未来将会有越来越多的钢铁企业加入氢冶金阵营。但从焦炭冶金到氢气冶金的跨越绝不是一朝一夕可以实现的，在推进氢气炼钢这一新兴领域发展的同时，还需要立足当下思考对策。在此背景下，本篇报告想尝试回答关于氢冶金几个问题：**氢气炼钢能实现多少减排？现阶段氢气炼钢的发展方向在哪？国内氢气炼钢发展到什么阶段了？**

表 2：近期开展的氢气炼钢项目

公司	时间	项目内容	具体内容
赛斯普科技有限公司 (建龙集团)	2019/08- 2020/10	30 万吨/年熔融还原法高纯 铸造生铁中试项目	本项目采用赛斯普熔融还原工艺生产高纯铸造生铁，运用富氢熔融还原新工艺，强化对焦炉煤气的综合利用。
酒钢集团	2019/09	成立冶金研究院	氢冶金研究院的成立基于酒钢技术团队在煤基氢冶金及干磨干选研究方面获得的一系列重大科学发现。酒钢将以自主知识产权技术为核心申报国家级“酒钢制铁短流程”示范项目，全面建成国家级“酒钢煤基氢冶金+干磨干选制铁短流程”示范基地，并建成以煤基氢冶金及干磨干选技术为核心的酒钢“成果研发+工程咨询”新的产业板块
河钢集团	2019/11	与 Tenova 就 120 万吨规模 的氢冶金项目签署谅解备忘 录	该项目将从分布式绿色能源、低成本制氢、焦炉煤气净化、气体自重整、二氧化碳脱出等全流程进行创新研发，探索出一条世界钢铁工业发展低碳、甚至“零碳”经济的最佳途径。
宝武-中核-清华	2019/01	《核能-制氢-冶金耦合技术 战略合作框架协议》	结合中国宝武钢铁产业的发展需求，将核能技术与钢铁冶炼和煤化工工艺耦合，实现二氧化碳的超低排放，起到行业示范作用。
东北大学与辽宁华信 钢铁集团公司	2018/04	就筹建年产 1 万吨 DRI 和 10 万吨精品钢的煤制气-富 氢气基竖炉-电炉短流程示 范工程项目签署合作协议	利用东北地区储量丰富、廉价的低阶褐煤，通过流化床法煤制气装置制备合成气，经净化处理生成含氢 65%-85%的还原气，利用自主设计的富氢煤气加热炉加热至 930℃；再通过具有自主知识产权的气基竖炉，生产纯净的 DRI，连续热装入新型电炉冶炼，生产高纯净钢，用于高端精品钢生产和重大装备制造。
京华日钢控股集团有 限公司与中国钢研	2020/05	年产 50 万吨氢冶金及高端 钢材制造项目合作协议	氢冶金全新工艺-装备-品种-用户应用为目标，进行系统性、全链条的创新开发，通过现代化工、冶金联产循环经济的方式，建设具有我国自主知识产权的首台套年产 50 万吨氢冶金及高端钢材制造产线。

资料来源：公开资料整理、东方证券研究所

2 氢气炼钢能实现多少减排：理论上长流程碳排放可降低 34-62%

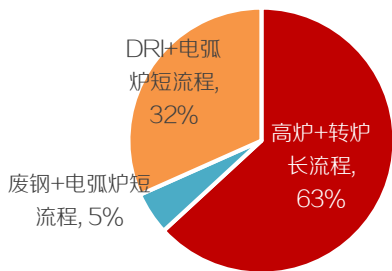
2.1 传统工艺碳排放：长流程、DRI 短流程、废钢短流程分别为吨钢 2、0.9 和 0.3 吨

2.1.1 目前钢铁主流工艺可分为长流程、还原铁-电弧炉短流程和废钢-电弧炉短流程

钢铁行业的碳排放机理较为复杂，但大体可以分为三类：一是焦炭作为生产原料，参与化学反应所产生的碳排放，如烧结、炼焦、石灰焙烧、钢铁冶炼和钢材酸洗，其中碳排放主要是炼铁工序中还还原反应所产生；二是化石能源作为燃料，燃烧所产生的碳排放，如炼钢焦炉、高炉和转炉中的燃料燃烧；三是化石能源作为发电来源，钢铁生产中电力消耗所引起的间接碳排放。

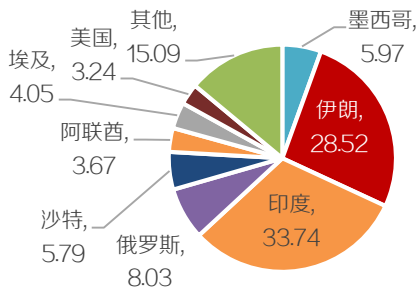
不同的工艺路线对应的碳排放量级不一，目前世界上主要的工艺路线有三种：①采用高炉、转炉和焦炉的长流程，②废钢和电弧炉的短流程，③直接还原铁（DRI）和电弧炉流程。长流程是最常见的工艺，也是国内主流生产路线，根据Mysteel数据显示，2019年长流程路线占全球钢铁产量比例约63%，剩余37%全球钢铁产量是通过电弧炉生产。电弧炉的原料可为废钢，也可为DRI，实际生产中一般是DRI和废钢的混合物。

图 2：2019 年按全球钢铁产量占比按工艺分类



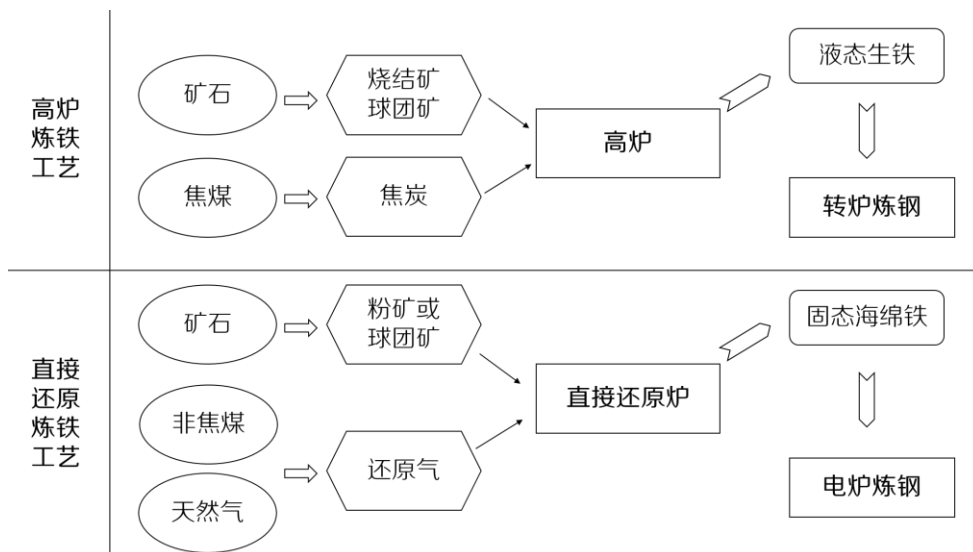
资料来源：Mysteel、东方证券研究所

图 3：2019 年 DRI 产量来源占比（单位：%）



资料来源：Midrex 官网、东方证券研究所

由于目前我国是长流程和废钢+电弧炉的短流程为主导，直接还原炼铁工艺由于在国内应用有限，不太为人熟知，在此进行简单介绍。直接还原炼铁工艺是以非焦煤为原料，在低于矿石熔化温度以下进行还原，获得固态金属铁的工艺，所得的产品称为直接还原铁（Direct Reduction Iron，简称DRI，也称海绵铁）。直接还原铁是短流程的重要原料，可以替代废钢，解决废钢资源不足的问题，一般采用气基竖炉，还原气体主要来源于天然气。如上图所示，气基竖炉直接还原铁工艺主要在伊朗、印度、俄罗斯、沙特、阿联酋等中东国家，除了印度，大部分为富气国家和地区。

图 4：高炉炼铁和直接还原炼铁工艺对比


资料来源：东方证券研究所

2.1.2 钢铁行业碳排放主要来自炼铁，炼铁碳排放主要来自碳还原

采用高炉、转炉的长流程（100%生铁，无废钢）单吨碳排放约2.05吨。根据Alisha Giglio等在美国《钢铁技术》于2021年3月期刊发表的《Recent Sustainability Developments in the Iron and Steel Industry》，三条工艺路线每吨热轧卷板(HRC)的二氧化碳排放量，传统的高炉和转炉的长流程路线，100%直接还原铁和100%废钢冶炼的电弧炉短流程路线。其在计算长流程二氧化碳排放量时，对长流程的原材料、成材率、技术指标做如下假设：

表 3：长流程指标参数假设

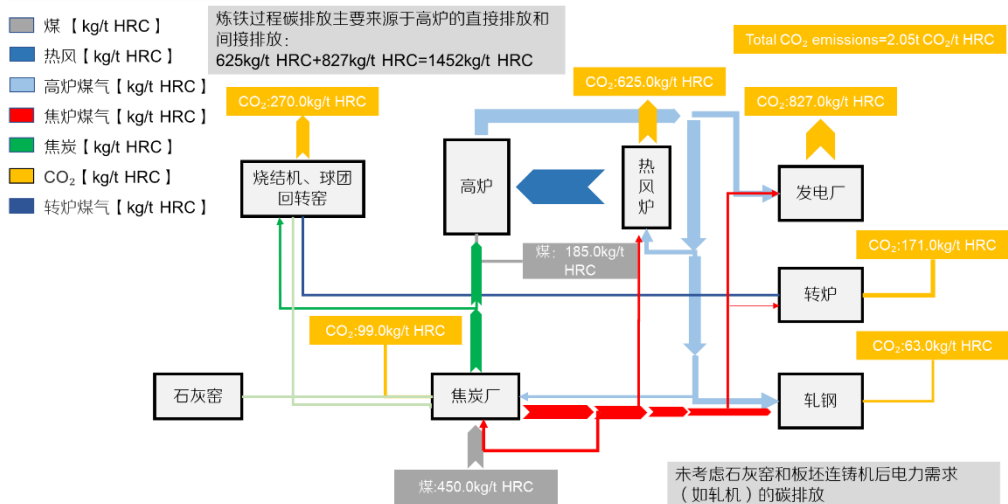
技术指标	烧结矿/球团比	吨铁水耗矿量	吨铁水耗焦炭量	吨钢耗铁水	热轧卷板成材率
西欧钢铁行业前10%先进水平	90%/10%	1600 千克	325 千克	1.1 吨	98%

资料来源：Alisha Giglio 等在美国《钢铁技术》于 2021 年 3 月期刊发表的《Recent Sustainability Developments in the Iron and Steel Industry》、东方证券研究所

基于以上假设，长流程碳排放约为2.05吨CO₂/吨HRC，其中炼铁排放包含热风炉和发电厂1.45吨，占长流程整体碳排放量的71%。

图 5：长流程碳排放示意图

典型高炉-转炉钢厂流程图

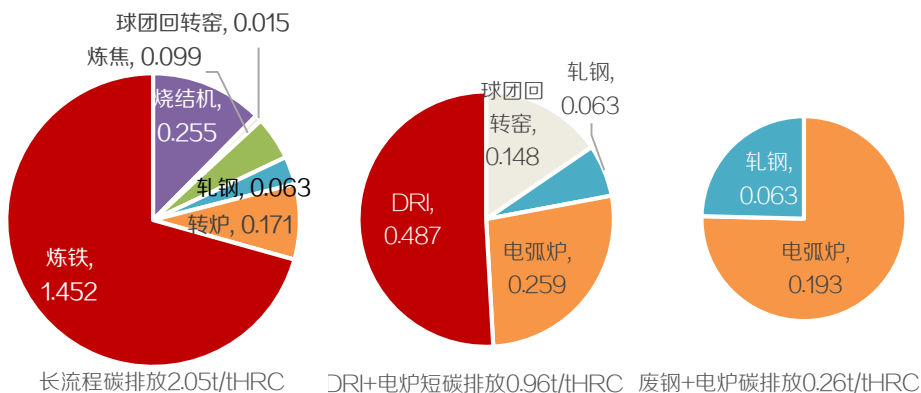


资料来源：Alisha Giglio 等在美国《钢铁技术》于 2021 年 3 月期刊发表的《Recent Sustainability Developments in the Iron and Steel Industry》、东方证券研究所

废钢+EAF吨钢碳排放约0.26吨。电弧炉炼钢需要大量电力，计算出的每吨热轧带卷HRC排放量取决于电弧炉运行的地区(及其各自的电网电力排放系数)。在法国，电网电力排放因子低至0.08kgCO₂/kWh，日本国家电网0.47kgCO₂/kWh，而在中国和印度，电网电力排放因子均大于1.0kgCO₂/kWh。Hatch采用日本国家电网0.47kgCO₂/kWh的电力排放因子，则100%废钢吨钢的二氧化碳排放量为0.26吨。

DRI+EAF吨钢碳排放约0.96吨。目前气基竖炉主要是以天然气为还原剂生产DRI，同样采用日本国家电网0.47kgCO₂/kWh的电力排放因子，则生产一吨HRC二氧化碳排放量约0.96吨，其中炼铁环节排放为0.49吨，电弧炉、烧结和轧钢环节碳排放分别为0.26、0.15和0.063吨。下图总结了上述三个工艺中各环节的碳排放：

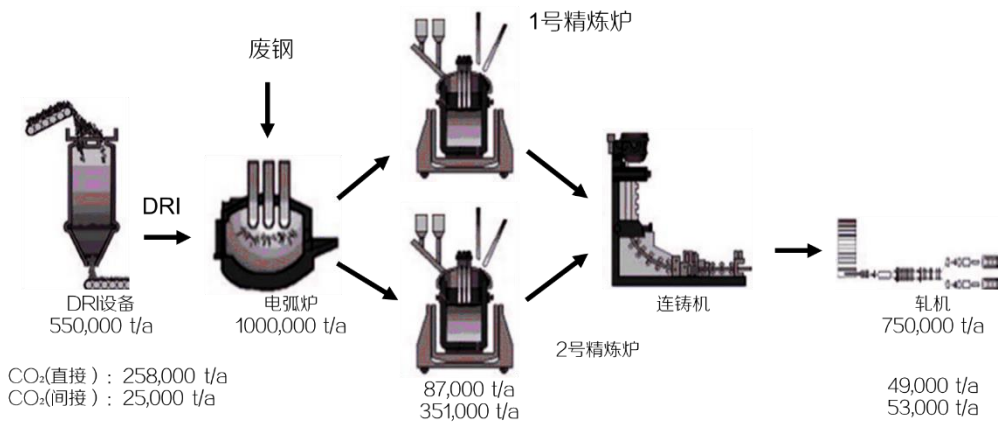
图 6：三个工艺各环节碳排放



资料来源：Alisha Giglio 等在美国《钢铁技术》于 2021 年 3 月期刊发表的《Recent Sustainability Developments in the Iron and Steel Industry》、东方证券研究所

典型的电炉既使用DRI，也使用部分废钢，其排放值介于100%DRI和100%废钢路线之间。比如安塞乐米塔尔汉堡有限公司的短流程工艺装置中，DRI和废钢入料比为55%/45%，CO₂总排放量为82.3万吨/年，年产量约为100万吨小方坯，相当于吨钢的二氧化碳排放量为0.82吨。下图显示出汉堡公司的生产过程和每个步骤中CO₂直接及间接排放量。

图 7：安塞乐米塔尔汉堡公司的 DRI-电炉短流程生产流程和CO₂排放量



资料来源：公司官网、东方证券研究所

可以看出，电炉炼钢工艺，特别是使用废钢情况下，其排放明显低于传统高炉和转炉长流程工艺。这主要是由于相对于长流程，短流程可以部分或全部取消高炉、烧结、焦化这三个工序，而全部采用废钢的短流程更是在此之上又取消了炼铁环节，因此碳排放最低。按照上述测算，长流程和的100%DRI短流程的碳排放分别为100%废钢碳排放的8倍和4倍。

表 4：三个工艺碳排放对比

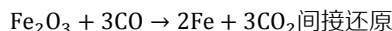
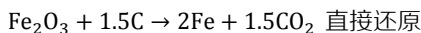
碳排放量	长流程	100%废钢短流程	100%DRI短流程
整体（吨/吨 HRC）	2.05	0.26	0.96
炼铁环节（吨/吨 HRC）	1.45	0	0.47
炼铁环节占比	71%	0%	49%

注：100%废钢的短流程碳排放 0.26，相当于炼钢环节的碳排放为 0.26，则 100%DRI 的短流程中炼铁环节碳排放即为扣减炼钢的碳排放后所得数值。

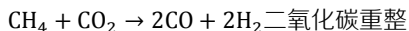
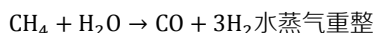
资料来源：Alisha Giglio 等在美国《钢铁技术》于 2021 年 3 月期刊发表的《Recent Sustainability Developments in the Iron and Steel Industry》、东方证券研究所

2.2 氢气炼钢的减排原理：还原反应的碳排放被水排放取代

氢气炼钢通过以氢还原代替碳还原，可以取缔还原反应的碳排放。前面揭示了炼铁工艺的碳排放是炼钢最主要的碳排放环节，而炼铁产生的碳排放主要是碳还原的化学反应产生，氢气炼钢是以氢代替碳作为还原剂，从而降低碳还原的碳排放，针对的是钢铁生产流程中的炼铁工艺，即长流程中的高炉炼铁和短流程中的直接还原炼铁环节，全部采用废钢的短流程由于取消了炼铁环节，不涉及氢冶金。对于长流程，除了消除还原反应的碳排放，还可以省去煤炭焦化环节产生的碳排放。根据碳还原铁反应的化学式，还原 1mol 铁需要的还原剂碳为 1.5-3mol（取决于直接还原和间接还原参与比例），按照 56：12：44 的铁、碳和二氧化碳摩尔质量比例，则生产 1 吨铁的碳还原反应产生的二氧化碳排放量为 0.59 吨（ $44/56*1.5/2$ ）-1.18 吨（ $44/56*1.5$ ），加上前述典型长流程中的焦碳排放 0.1 吨，相当于长流程理论上可降低约 0.69-1.28 吨碳排放，降幅达 34-62%。



对于以天然气为气基的 DRI 生产工艺同理，由于天然气本身含氢元素，参与还原反应的碳比高炉少，约为 0.47 吨（ $44/56*1.5*1/2.5$ ），将该部分也已氢还原替代，则 DRI 短流程的碳排放可降至约 0.49 吨，降幅达 49%。

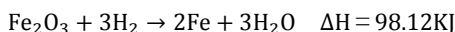


通过上述测算，可以发现理论上氢气炼钢的减排潜力确实很大，但实现需要诸多前提。比如制氢来源和过程本身是否存在碳排放，如果是火力发电再电解制氢，碳单耗反而比传统长流程工艺更多；再比如氢完全代替碳，则没有碳燃烧作为热能释放来源，而氢还原铁本身是吸热反应，热量补充从何而来，若还是通过化石燃料燃烧发热则减排效果将大打折扣。可见，如果氢气炼钢只着眼于单一环节，那也不过是拆东墙补西墙，反而有违氢气炼钢的初衷。从焦炭炼钢到氢能炼钢，表面上只是还原方法的不同，但要实现降低碳排放的目标，需要整个流程系统性的规划和配套产业链的发展，做到绿色制氢、绿色用氢，而这也是目前发展氢气炼钢遇到的主要瓶颈。

2.3 氢气炼钢的难点：规模化用氢和经济化制氢

2.3.1 难点1：规模化用氢

氢气对碳基还原剂的替代是存在极限值的，尤其是高炉炼铁工艺。对于长流程高炉炼铁，碳除了作为还原剂，还起到多种关键作用：①作为燃料，提供高炉冶炼所需热量，高炉热量一般由焦炭、喷吹燃料的燃烧及外部通入的热风提供，其中高炉内焦炭燃烧供热占比高达75%-80%；②作为骨架，支撑炉料；③作为生铁渗碳的碳源，一般生铁中碳含量4%，全部来源于焦炭。氢的密度和元素构成显然无法替代碳的支撑和渗碳作用，炭的使用难以避免，而且氢气还原是吸热反应，氢气比例达到一定程度后，需要额外供热来实现热量互补，如果这部分热能来源还是通过碳燃烧，那碳排放只是有增无减。



对于气基竖炉还原炼铁工艺，同样存在渗碳来源、热量互补问题，而且如果是纯氢气作为还原剂需要对纯氢气进行加压和加热，根据唐珏等于2020年11月在《河北冶金》发表的《我国氢冶金发展现状及未来趋势》一文，氢气理论上加压到1MPa以上，加热到1000摄氏度以上，可以达到设计指标，但竖炉如果长期在如此高温、高压极限条件下工作，不符合安全目标。

因此在上述问题解决之前，氢气对碳基还原剂的替代是存在极限值的，尤其是高炉炼铁工艺，对温度的要求更高，用氢受限程度也因此更大。

2.3.2 难点2：经济化制氢

除了规模化用氢，如何实现经济地制氢也是一个难点。目前已有较为成熟的制氢工艺，按制取原材料分类，氢气可划分为灰氢、蓝氢和绿氢，分别指化石燃料制氢、工业副产氢和可再生能源电解制氢，只有绿氢才是真正零排放制氢方式。按照化学反应式和原子摩尔质量比，可以测算出还原吨铁耗氢气53.6kg，耗碳约321千克。参考目前焦炭的价格约2000元/吨，制氢成本参考宝丰能源于2021年4月19日披露《宁夏宝丰能源集团股份有限公司关于拟对外投资设立子公司的公告》，其200MWp光伏发电及20000标方/小时电解水制氢示范项目在试生产过程中的氢气综合成本，即1.34元/标方。考虑碳元素在焦炭比例约85%，则还原吨铁的碳、氢气成本约为756、804元/吨，可见若不考虑还原剂变化带来的其他成本变动，氢气作为还原剂的经济性尚不及碳。据测算，氢气成本需降至1.26元/标方，或者对吨碳排放征收碳税25元，才能达到氢碳还原平价。宝丰能源披露远期氢气综合成本可降至0.7元/标方，届时吨铁氢还原成本或降至420元/吨，若能实现，将大大增强氢还原的经济性。

表 5：绿氢和焦炭还原成本和碳排放量对比

	单位	碳还原	绿氢还原	绿氢还原
能源单价	元/吨	2000（焦炭）	15,008 （氢气 1.34 元/标方）	7,840 （氢气 0.7 元/标方）
炭（氢气）耗量	千克/吨铁	321	54	54
吨铁还原剂成本	元/吨铁	756	804	420
还原反应碳排放	吨/吨铁	1.2	0	0

资料来源：宝丰能源公告、东方证券研究所

除经济地“脱碳”制氢外，其大规模储运至今仍是工业上的难题。由于氢气特殊的物理化学性质——密度不足空气的1/15，且易燃易爆，因此储运需要极其特殊的条件，目前储氢方法主要分为气态、液态和固体储氢三种。如下表所示，低温液态储氢由于价格昂贵，目前主要在航天领域应用，有机液态和固体储氢尚处于示范阶段，还未成熟，而高压气态储氢尽管已得到广泛应用，但由于体积比容量较低，不适用于大规模用氢场景，目前主要在燃料电池车应用。氢气的运输同样是个问题，由于氢能产业尚未成熟，氢气运输成本和前期建设较高，而运力较低，经济性有待提升。

表 6：储氢技术对比

	发展阶段	优点	缺点
气态储存	广泛应用	成本低、充放氢速度快，容器结构简单	耐高压储氢瓶贵、容量小
低温液态储存	主要用于储氢航天领域	密度高，密度可达70.6kg/立方米	一次性投资较大，液化过程中能耗较高，储存过程中有一定蒸发损失
有机液态储存	示范阶段	加氢后形成的液体有机氢化反应温度较高、脱氢效率较低、催化剂易物性能稳定，安全性高	被中间产物毒化
固体储存	示范阶段	储氢密度高、储氢压力低、安3.8wt%，重量储氢率大于7wt%的轻质储氢材料还需解决吸放氢温度偏高、循环性较差等问题	主流金属储氢材料重量储氢率仍低于

资料来源：《中国氢能及燃料电池产业白皮书（2019版）》、东方证券研究所

尽管在当前的技术水平和产业发展程度下，要彻底地实现氢气炼钢尚存诸多难题，通过氢气炼钢来经济地大幅降低钢铁行业碳排放恐难以实现。但正视当下困难的同时，也要看到氢气炼钢的发展潜力，富氢工艺是现阶段氢气炼钢可着眼的发展方向。

3 现阶段氢气炼钢发展方向：高炉富氢和气基竖炉富氢工艺

3.1 高炉富氢工艺：减排效果一般在 10%-20%

富氢工艺在高炉炼铁和气基竖炉还原炼铁装置都可以应用。高炉富氢即向高炉喷吹含氧量更高的物质，比如纯氢气和天然气、焦炉煤气等富氢气体，来替代部分碳还原，减少碳排放。目前已有大量研究和实际案例验证了高炉富氢的减排效果。根据 Can Yilmaz 等在 2017 年于 Journal of Cleaner Production 发布的《Modeling and simulation of hydrogen injection into a blast furnace to reduce carbon dioxide emissions》进行的数值模拟实验，当分别对高炉分别喷吹 10、20 和 30kg/tHM 温度为 1200 摄氏度的氢气时，焦比分别降低 9%、16% 和 24%，高炉碳排放分别降低 10%、23% 和 21%。模拟实验显示，氢气最佳喷入量为 27.5kg/tHM，在此之上碳排放反而随氢气喷入量的增加而增加。

表 7：不同喷吹量下，高炉喷吹氢气的减排效果

喷吹量 (kg/tHM)	10	20	30
喷吹氢气占炉顶气体比例	7%	15%	22%
焦比降低	9%	16%	24%
碳排放降低	10%	23%	21%

资料来源：Can Yilmaz 等在 2017 年于 Journal of Cleaner Production 发布的《Modeling and simulation of hydrogen injection into a blast furnace to reduce carbon dioxide emissions》、东方证券研究所

实际案例中，高炉富氢主要来源于灰氢。日本新日铁住金君津厂、瑞典LKAB和德国蒂森克虏伯也进行了高炉富氢工艺的试验，除德国蒂森克虏伯未披露氢气来源，其他几家的氢气来源均是焦炉煤气或炉顶循环煤气，也即灰氢，结果显示高炉富氢确实可以达到减排效果。比如新日铁住金君津厂碳排放降低9.4%，基本实现预定的碳减排目；瑞典LKAB的试验高炉喷吹循环煤气，碳排放最高可降低27%。

表 8：高炉富氢实际案例

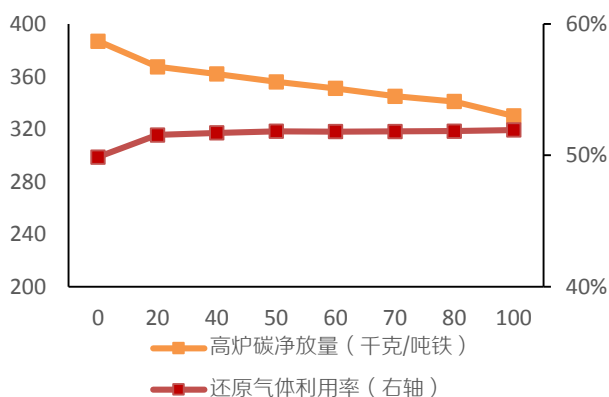
项目时间	试验名称	内容	氢气来源	效果
2016 年 4 月	日本在新日铁住金君津厂高炉有三种类型：炉缸风口、炉身下炉 (12m ³) 焦炉煤气喷吹及炉部风口和炉身上部风，平衡还原速率和炉料温度问题	顶煤气循环工艺试验	灰氢 (焦炉煤气、炉顶循环煤气)	碳直接还原度从 31% 降低至 21%，减排结果为 9.4%，达到预期目标
2007-2010	瑞典 LKAB 试验高炉炉顶煤气在高炉喷吹试验多种炉顶循环煤气循环喷吹的工业试验	喷吹温度、喷吹量下的结果	灰氢 (炉顶循环煤气)	减排结果可高达 27%
2013 年	瑞典 LKAB 试验高炉焦炉煤气喷吹的工业试验	改质焦炉煤气喷吹量应控制在 200 m ³ /tHM 以上，同时喷吹煤气的比例达到 20% 以上	灰氢 (焦炉煤气)	由于焦炉煤气产能有限，喷吹量较低，试验减排结果仅为 3%
2019 年 11 月	德国蒂森克虏伯高炉“以氢代煤”高炉炼铁项目	H ₂ 被喷吹入 9 号高炉的一个风口， “以氢代煤”高炉炼铁项目 来计划扩展到该高炉的全部 28 个风口。	未披露，通过卡车运输	未披露

资料来源：各公司官网、东方证券研究所

高炉富氢能起到增产作用，是较为经济的钢铁降碳工艺。模拟实验和实际案例中都验证了高炉富氢减排的积极结果，除了降碳，氢气还能加速还原反应，缩短炉料停留时间，起到增产的作用，从而提升富氢工艺的经济性。梅钢与东北大学合作研发了基于梅钢原燃料条件的高炉风口喷吹焦炉煤气技术，根据毕传光等于 2018 年 2 月在《钢铁期刊》上发布的《梅钢 2 号高炉喷吹焦炉煤气数值模拟》一文，与未喷吹焦炉煤气相比，还原速度加快，焦比降 14.43%，碳排放减少 8.61%。当原燃料价格为焦炭 2100 元/t、焦炉煤气 0.7749 元/m³，加工成本为 0.2 元/m³，梅钢 2#高炉喷吹焦炉煤气 50m³/tHM 时，吨铁成本可降低 32.67 元，每年因喷吹焦炉煤气节约的焦炭量为 7.79 万吨，产生直接经济效益 5575 万元。

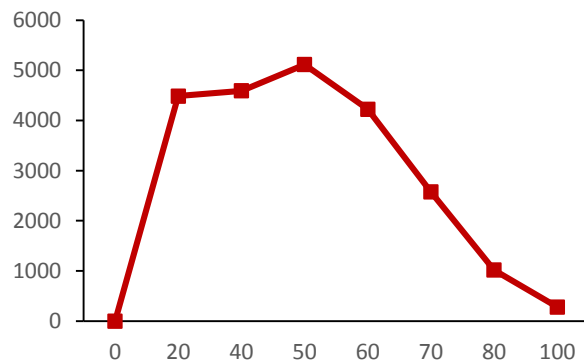
高炉富氢受制于氢气利用率，减排潜力有限。从上文我们可以看出，无论是模拟试验还是实际案例，高炉富氢还原的减排幅度大部分在 10%-20%区间，喷吹的氢气含量也较为有限。这主要是由于当氢气浓度增加到一定程度，高炉内氢气利用率反而会降低，因此提升氢气比例的进一步减排空间受限，而且性价比也随之降低。

图 8：喷吹焦炉煤气的减排效果有限



资料来源：毕传光等于 2018 年 2 月在《钢铁期刊》上发布的《梅钢 2 号高炉喷吹焦炉煤气数值模拟》、东方证券研究所

图 9：焦炉煤气喷吹量（横轴，单位：立方米）达到 50 以上时经济效益（竖轴，单位：万元）开始降低



资料来源：毕传光等于 2018 年 2 月在《钢铁期刊》上发布的《梅钢 2 号高炉喷吹焦炉煤气数值模拟》、东方证券研究所

3.2 气基竖炉富氢工艺：试验证明氢气占比最高可提升至 90%

气基竖炉富氢即在气基中提升氢气在还原气中的占比。气基竖炉直接还原炼铁目前是 Midrex 和 HYL 两种工艺占主导，根据中晋太行矿业有限公司的《30 万吨焦炉煤气制还原铁项目可行性研究报告(回转窑球团)》，这两种工艺区别主要在于还原气中 H₂/CO 比例的高低。MIDREX、HYL 的 H₂/CO 比例一般分别为 1.57、4.5 左右，由于 HYL 氢气占比更高，需要在高温高压环境下工作，而 MIDREX 工艺采用常压操作，工艺更加成熟。

表 9：气基竖炉还原主流工艺 MIDREX 和 HYL 的典型参数

	MIDREX 工艺	HYL 工艺
还原温度（摄氏度）	825~900	935~960
操作压力（MPa）	0.23	0.55
H ₂ /CO	1.57	4.5
还原气体（H ₂ + CO）占比	90%	86%

资料来源：中晋太行矿业有限公司《30万吨焦炉煤气制还原铁项目可行性研究报告(回转窑球团)》、东方证券研究所

气基中氢气比例越高，减排效果越好，并且减排幅度随氢气比例的提升呈非线性上升。根据王兆才于 2013 年发布的博士论文《煤制气-气基竖炉直接还原工艺的基础研究》，在还原气体中 H₂/CO 比分别为 1.5、3、5，还原反应消耗的 H₂/CO 比例分别为 1.9、5.2、15.8，相当于实际消耗的氢气比例都有所提升，但并非简单的线性提升，还原气中浓度越大，消耗的氢气比例增幅会更大。由于氢气消耗比例比输入比例高，可将尾气中未利用的 CO 收集净化，通过加氢将 H₂/CO 提升至原来水平后再循环使用。根据 H₂、CO 消耗量可推算出吨铁还原产生的碳排放量为如下：

表 10：气基竖炉喷吹不同氢气比例的理论碳排放效果

	试验 1	试验 2	试验 3
纯煤气 H ₂ /CO 比例	5	3	1.5
还原气体（H ₂ + CO）占比	92%	92%	92%
还原温度（摄氏度）	980	900	850
吨铁耗 CO（立方米）	31	85	181
吨铁耗 H ₂ （立方米）	492	439	342
还原消耗 H ₂ /CO 比例	15.8	5.2	1.9
还原吨铁碳排放（千克）	20	54	356

资料来源：王兆才于 2013 年发布的博士论文《煤制气-气基竖炉直接还原工艺的基础研究》、东方证券研究所

还原气体按来源可分为天然气基和煤基，我国 DRI 工艺以煤基为主。天然气可通过催化裂化反应制成还原气，Midrex 典型工艺的裂化剂为炉顶煤气，HY 典型工艺的裂化剂为水蒸气，所以后者的 H₂/CO 比例更高。MIDREX 也在不断提升氢气比例的工艺，比如工业化项目委内瑞拉 FMO MIDREX 厂的 H₂/CO 比例在 3.3-3.8。煤基的还原剂可分为煤制气和焦炉煤气/炉顶煤气循环，参考制氢的分类，可以理解为分别是“蓝气基”、“灰气基”。目前已成功工业化的 MIDREX 煤基竖炉 H₂/CO 比例在 0.47-0.56。我国 DRI 工艺大部分采用的是煤基竖炉，比如陕西恒迪 20 万吨海绵铁项目采用的是煤制气，山西晋中的 30 万吨焦炉煤气制还原铁项目采用的焦炉煤气，其焦炉煤气改质后 H₂/CO 为 1.7，略高于 MIDREX 典型工艺。

气基竖炉还原炼铁减排潜力更大，Midrex 试验氢气占比 90% 的竖炉工艺可行，但国内发展气基竖炉还原需要付出较大的工艺转换成本。直接还原炼铁 2019 年全球产量约 1 亿吨，其中约 60% 采用 MIDREX 气基竖炉还原工艺，为主流路线。其目前成功工业化的项目 H₂/CO 比例最高可达 3.8，相当于氢气浓度高达 79%，已处于较高水平。MIDREX 公司试验氢气含量 90% 的气基竖炉还原工艺，认为该工艺可行，将随着技术的成熟进一步推广。可见氢在气基竖炉还原工艺的潜力更大，相对于

高炉炼铁，能更大程度地实现减排。但国内采用直接还原炼铁的工艺较少，这与我国“贫矿多、组分杂”的铁矿资源特点和“多煤少气”的能源结构有关，具备天然气资源禀赋的国家主要发展气基竖炉还原工艺，而国内如果发展煤制气-气基竖炉还原工艺，再加上配套的电弧炉的炼钢流程，成本与高炉+转炉的长流程相比不具备竞争优势，因此气基竖炉工艺目前在国内市场占比较小。这意味着，国内钢铁行业若想通过发展气基竖炉还原工艺以突破高炉炼铁工艺的减排瓶颈，在技术、设备、操作流程等方面可能都得从头开始，需要付出比较大的工艺转换成本。

3.3 国内氢气炼钢推进路线：短期应以高炉富氢为主，未来逐步推进气基竖炉富氢

灰氢+高炉富氢工艺能提升高炉氢含量，是国内现阶段应推广的氢气炼钢工艺。目前国内仍是高炉炼铁的长流程占主导，而气基竖炉还原工艺，如前所述，尽管氢气炼钢减排潜力更大，但需要付出较大的工艺转换成本。因此，短期内国内氢气炼钢的发展应仍以高炉富氢工艺为主，收集并循环利用焦炉煤气、高炉炉顶煤气，不仅可以实现减排效果，提升碳利用效率，还能在一定程度上提升产量带来经济效益，是现阶段较为经济性地减排手段。

气基竖炉直接还原炼铁工艺更适宜氢气炼钢，在国内占比将逐步提升。尽管气基竖炉工艺在国内尚不具备大规模发展条件，但我们认为以下趋势将在未来为其创造发展条件：**①随着国内废钢可用性增加**，国内电弧炉占比将提升，直接还原铁在电弧炉中既可以和废钢搭配使用，以突破纯废钢生产的产品限制，改善生产率和成本，还可以完全替代废钢作为电弧炉的主要原料；**②电价的不断下降**，新能源的普及将带来电价不断下降，这将提升电弧炉的经济性，也能降低通过电解制还原铁的生产成本；**③气基竖炉的富氢工艺不断成熟**。未来随着新能源电力的规模化，其边际发电成本几乎可以忽略不计，绿氢成本也将随之显著下降，甚至低于天然气或煤炭的开采成本，这将显著提升高氢气基竖炉还原工艺的经济性，国内气基竖炉有望跳过煤气-气基竖炉工艺，直接发展氢气-气基竖炉工艺。但在新能源和氢能产业链成熟之前，国内钢铁行业还应先在气基竖炉还原工艺有所积累，由于该工艺主要应用在国外，所以相关技术目前也需从国外引入，设备的国产化也比较有限，若等氢能产业链成熟后才开始发展将使国内钢铁行业陷入非常被动地境地。

具备电价、煤炭资源优势的地区和钢企可先行发展气基竖炉还原工艺。由于目前绿氢成本还较高，现阶段国内直接还原工艺中的还原气体主要来自煤，因此在电价较低、具备廉价煤炭资源的地区直接还原铁和电弧炉产钢的成本较低，有条件发展煤气基竖炉还原炼铁+电弧炉的短流程，可以作为试点地区优先发展气基竖炉还原工艺。

总而言之，国内钢铁行业未来一段时间仍将以长流程工艺为主，节能减排也应该立足于高炉+转炉的设备基础之上，灰氢+高炉富氢应是国内现阶段应推广的氢能炼钢工艺。随着未来条件成熟，富氢气基竖炉直接还原工艺将迎来较大发展空间，在此之前可在具备电价、煤炭资源优势的地区和钢企先行推广，为之后国内大规模发展积累技术、人才等经验。

4 国内氢气炼钢实践：大型钢铁集团开始积极布局

4.1 高炉富氢：实施主体和设计规模以“小”为主，八一钢铁项目将起示范作用

早在20世纪60年代国内就对高炉富氢工艺进行了尝试，本钢的高炉喷吹焦炉煤气试验结果显示高炉产量提高了10.8%，焦比降低了3%~10%，炉况顺行程度好转。1964年12月，鞍钢炼铁厂结合本钢高炉喷吹焦炉煤气的经验，在9号高炉进行了焦炉煤气喷吹试验，每喷吹1立方米焦炉煤气，可节约焦炭0.6-0.7kg，高炉冶炼过程得到了改善，促进了炉况顺行。

目前已有企业就高炉富氢工艺对现有高炉进行改造或计划改造，比如：

邢台钢铁启动于2017年的碳富氢炼铁技术改造项目，富氢气体来源于邢钢自产焦炉煤气，吨铁焦炉煤气喷吹量350立方米；

八一钢铁2020年启动3.9亿投资的氧气高炉富氢还原低碳炼铁项目，将在原380立方米高炉基础上进行改造，富氢气体来源于高炉炉顶循环煤气，预计2021年7月完工，目标是实现5%以上的减排目标；

晋南钢铁计划实施2000立方米级高炉规模化喷吹氢气项目，于2020年与江苏钢铁研究总院签署技术开发合同。

4.2 气基竖炉富氢：主要由具备煤资源优势的地方钢企和综合实力强的钢铁集团发起

部分位处富煤地区的钢企已进行气基还原工厂建厂或前期准备工作，比如：

山西中晋太行矿业公司2013年开始筹备30万吨焦炉煤气竖炉直接还原生产工厂，已于2020年11月底全部建成、进入到联动负荷试车阶段，其气基来源于焦炉煤气；

位于内蒙的明拓集团计划采用Midrex的气基竖炉技术，以合成煤气为还原气，建设年产能力110万吨的还原铁厂，供应下游电炉生产不锈钢产品，中国钢研新冶集团2019年对其该项目进行了论证，并形成了《“年产110万吨气基竖炉直接还原铁项目”专家论证报告》；

酒钢集团也于2019年9月成立冶金研究院，计划就煤基氢冶金进行进一步研究并申报示范项目；

辽宁华信钢铁集团于2018年与东北大学就筹建年产1万吨DRI和10万吨精品钢的煤制气-富氢气基竖炉-电炉短流程示范工程项目签署合作协议。

除此之外，宝钢和河钢也计划推进气基竖炉富氢还原工艺，由于在煤资源优势并不显著，但集团整体资金和科研实力雄厚，在富氢工艺的路线选择上步子迈的更大：

河钢集团于2020年11月与特诺恩双方签订合同，建设高科技的氢能源开发和利用工程，其中包括一座年产60万吨的ENERGIRON直接还原工厂（ENERGIRON属于HYL工艺）。河钢集团的60万吨直接还原工厂将使用含氧量约70%的补充气源，吨直接还原铁仅产生250KgCO₂，将成为全球最绿色的直接还原工厂之一。

宝钢氢气炼钢的计划路线更加系统化和低碳化：第一阶段为低碳冶金，即以高温堆制氢+高炉富氢冶炼+核电取代燃煤自备电站，实现低碳冶金；第二阶段为零碳排放冶金，即以高温堆制氢+高炉富氢冶炼+核电+冶金气加氢制化工原料，在第一阶段技术基础上，结合煤化工技术，将其转化为化工原料，从而实现零碳排放冶金；第三阶段为无碳冶金，即以高温堆制氢+纯氢还原气基竖炉炼铁+核电+电炉炼钢，实现无碳炼钢、冶金行业的产业升级，摆脱对化石燃料的依赖。目前正围绕实现第一阶段目标开展研发，同时也在开展第二、第三阶段的预研究。合作伙伴为清华大学和中核集团，于2019年和合作伙伴签订《核能-制氢-冶金耦合技术战略合作框架协议》，计划核电高温堆制氢，将核能技术与钢铁冶炼和煤化工工艺耦合，实现二氧化碳的超低排放，起到行业示范作用。

表 11：国内的氢气炼钢实践

钢企	项目名称	启动时间	进度	氢源	亮点
八一钢铁	氧气高炉富氢还原低碳炼铁项目	2017	2021 下半年建成	焦炉煤气	已披露氢冶金实践的首个上市公司
高炉富氢 邢台钢铁	碳富氢炼铁技术改造项目	2020	未披露	炉顶煤气循环	
晋南钢铁	2000 立方米级高炉规模化喷吹氢气项目	2020	签署技术开发合同	未披露	规模大，高炉 2000 立方米
山西中晋太行	年产 30 万吨焦炉煤气竖炉直接还原铁项目	2013	试车阶段	焦炉煤气	较早的项目
明拓集团	年产 110 万吨气基竖炉直接还原铁项目	2019	已论证	煤制气	规模大，110 万吨产能
酒钢集团	酒钢煤基氢冶金	2019	成立冶金研究院	煤制气	煤资源优势
气基竖炉富氢 辽宁华信钢铁集团	1 万吨 DRI 和 10 万吨精品钢的煤制气-富氢气基竖炉-电炉短流程示范工程项目	2018	筹建	煤制气	煤资源优势
河钢集团	年产 60 万吨的 ENERGIIRON 直接还原铁项目	2020	筹建	焦炉煤气等	氢气含量高，70%
宝武集团	核能-制氢-冶金耦合技术战略合作框架协议	2019	签订合作框架协议	核能高温堆制氢	核能制氢，系统性规划

资料来源：公司公告、东方证券研究所

综合来看，目前国内钢企在氢气炼钢的实践较早，但呈现规模小、试验性强的特点，早期工业化推广高炉富氢或气基竖炉还原工艺的钢企由于体量较小，信息披露有限，所以项目投产建成后的实际效果也暂不得知，目前仅八一钢铁是已披露氢气炼钢项目钢企中进度最快的上市公司，但推行规模并不是特别大，此次项目是对 380 立方米容量的高炉进行改造，若投产后效益和减排效果比较积极，有望对整个钢铁行业起到示范效应，值得关注。气基竖炉氢气炼钢在近日相对于高炉富氢更为活跃，但所处阶段也较为早期，除了山西晋中项目启动较早，其余项目大部分处于筹建或签署合作意向阶段，但亮点在于大型钢企如宝钢和河钢集团在氢气炼钢路线上也计划加入气基竖炉阵营，并且选择的技术路线都更为先进，规划更为全面系统，这为后续钢铁企业在低碳转型方向上起到了指引作用。

5 投资建议：建议关注在氢冶金已有布局 and 吨钢碳排放较低的钢企

根据前述分析，碳达峰”、“碳中和”下钢铁企业将面临减产和退出压力，能耗和排放将在很大程度上决定钢铁企业的生存和去留问题。一方面，在氢冶金等低碳技术和工艺上已有储备和发展规划的钢企将具有先发优势，建议关注宝武集团系上市公司宝钢股份(600019, 未评级)、八一钢铁(600581, 未评级)，河钢集团系上市公司河钢股份(000709, 未评级)等。另一方面，氢气炼钢短期内在国内将仍以高炉为基础，在行业整体工艺未发生较大变化的前提下，本身吨钢碳排放强度、吨能耗较低的上市公司面临的环保压力较小，建议关注宝钢股份(600019, 未评级)、方大特钢(600507, 未评级)、新钢股份(600782, 未评级)等。

6 风险提示

政策出台进度及方式不达预期。若钢铁行业“碳达峰”、“碳中和”政策出台进度和方式不达预期，则存在钢铁板块表现不及预期的风险。

国内及海外新冠疫情反复的风险。若国内及海外新冠疫情反复，则存在铁矿石供给不及预期、矿价大幅上涨而钢价涨幅不及预期的风险。

分析师申明

每位负责撰写本研究报告全部或部分内容的研究分析师在此作以下声明：

分析师在本报告中对所提及的证券或发行人发表的任何建议和观点均准确地反映了其个人对该证券或发行人的看法和判断；分析师薪酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来，均与其在本研究报告中所表述的具体建议或观点无任何直接或间接的关系。

投资评级和相关定义

报告发布日后的 12 个月内的公司的涨跌幅相对同期的上证指数/深证成指的涨跌幅为基准；

公司投资评级的量化标准

买入：相对强于市场基准指数收益率 15%以上；

增持：相对强于市场基准指数收益率 5% ~ 15%；

中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；

减持：相对弱于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级 —— 由于在报告发出之时该股票不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该股票的研究状况，未给予投资评级相关信息。

暂停评级 —— 根据监管制度及本公司相关规定，研究报告发布之时该投资对象可能与本公司存在潜在的利益冲突情形；亦或是研究报告发布当时该股票的价值和价格分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确投资评级；分析师在上述情况下暂停对该股票给予投资评级等信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该股票的投资评级、盈利预测及目标价格等信息不再有效。

行业投资评级的量化标准：

看好：相对强于市场基准指数收益率 5%以上；

中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；

看淡：相对于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级：由于在报告发出之时该行业不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该行业的研究状况，未给予投资评级等相关信息。

暂停评级：由于研究报告发布当时该行业的投资价值分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确行业投资评级；分析师在上述情况下暂停对该行业给予投资评级信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该行业的投资评级信息不再有效。

免责声明

本证券研究报告（以下简称“本报告”）由东方证券股份有限公司（以下简称“本公司”）制作及发布。

本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。本报告的全体接收人应当采取必要措施防止本报告被转发给他人。

本报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的证券研究报告。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的证券研究报告之外，绝大多数证券研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。

本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。过去的表现并不代表未来的表现，未来的回报也无法保证，投资者可能会损失本金。外汇汇率波动有可能对某些投资的价值或价格或来自这一投资的收入产生不良影响。那些涉及期货、期权及其它衍生工具的交易，因其包括重大的市场风险，因此并不适合所有投资者。

在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面协议授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容。不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

经本公司事先书面协议授权刊载或转发的，被授权机构承担相关刊载或者转发责任。不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

提示客户及公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司证券研究报告，慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

东方证券研究所

地址：上海市中山南路 318 号东方国际金融广场 26 楼

电话：021-63325888

传真：021-63326786

网址：www.dfzq.com.cn