

未来十年投资上万亿，关注低碳技术提供者

钢铁行业碳中和深度研究报告

分析师：杨宇

执业证书编号：S0890515060001

电话：021-20321299

邮箱：yangyu@cnhbstock.com

研究助理：张锦

电话：021-20321304

邮箱：zhangjin@cnhbstock.com

研究助理：缪海超

电话：021-20321391

邮箱：miaohaichao@cnhbstock.com

销售服务电话：

021-20515355

相关研究报告

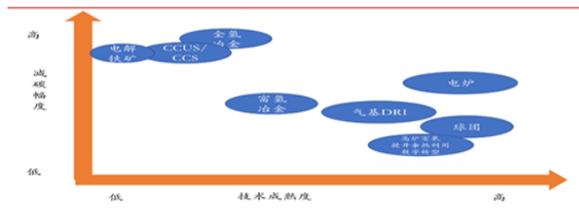
◎ 投资要点：

◆钢铁行业十四五期间面临提前达峰的压力，目前部分特大型央企陆续发布碳达峰、碳中和推进计划，2025年之前实现碳达峰，2030年左右降碳30%成为重要的时间节点。

◆在目前工艺技术中，电炉炼钢、球团制造、DRI、能效提升等成熟度高、实用性强的低碳冶金技术具备降碳潜力。

	吨钢碳排放强度减少幅度
电炉炼钢（含DRI-电炉、纯度钢电炉）	34%-80%
球团替代烧结	3.20%
提高余热余能，行业高炉、焦化平均工序能耗达到最低水平	8%
上游电力结构变化	1.5-2%

◆十四五粗钢产量进入平台区，同时伴随部分成熟度高、实用性强的低碳冶金技术运用，将更好地促进行业从总量上实现碳达峰。在达峰的基础上，行业进一步推广电炉炼钢、增加球团比、DRI等成熟度高的实用性低碳冶金技术，带动钢铁制造流程工艺的优化，同时各工序能效提升，减少化石燃料消耗，降低碳排放强度，能够较好低实现减碳30%的目标。最终实现深度减碳、实现碳中和还需要全氢冶金、CCUS/CCS等技术实现突破。



◆从技术成熟度和减碳幅度来看，高效电炉炼钢、球团制造、直接还原铁竖炉、富氢冶炼、钢厂能效提升是未来十年实现深度减碳的重要举措，带来的投资规模将达到近万亿元级别。

	投资范围	预计投资规模（亿元）
电炉炼钢	高效电炉-轧制工厂投资，气基DRI-电炉-轧制投资	3000
球团制造	带式焙烧机投资	1800
能效提升	高炉富氧改造、钢厂智能化改造、钢厂节能投资	>2000
DRI还原铁	焦炉煤气处理，直接还原铁竖炉、煤气再回收	700-1000
高炉富氢	焦炉煤气处理、高炉喷吹系统改造	2000
	合计	9500-9800

◆投资建议：关注钢铁行业低碳技术提供者--具备服务钢厂低碳技术投资建设的相关企业。详细名单请见报告。

◆风险提示：国内钢铁需求下降幅度大于预期，钢企盈利下滑，行业碳排放放在供给下降的带动下，自然减少；钢企对实用性低碳技术投资大幅缩减。

内容目录

1. 钢铁工业碳排放现状	4
2. 化石燃料燃烧是钢铁行业的主要碳排放来源	5
3. 推进碳达峰、碳中和，钢铁行业减碳路径分析	9
3.1. 十四五粗钢产量进入平台区，将更好地促进行业从总量上实现碳达峰	10
3.2. 成熟度高、实用性技术的进一步推广有助于从吨钢碳排放强度上实现减碳 30%目标	11
3.3. 行业深度减碳、实现碳中和还需要氢冶金、CCUS/CCS 等技术实现突破	18
3.4. 结论：成熟度高、实用性强的低碳冶金技术将在未来十年迎来大规模推广	23
4. 未来十年钢铁行业需要增加万亿规模级别的低碳工艺技术投资	24
5. 投资建议	30
6. 风险提示	30

图表目录

图 1: 粗钢产量及同比	4
图 2: 铁水产量及同比	4
图 3: 能源消费总量：黑色金属冶炼及压延加工业	5
图 4: 能源消耗、粗钢产量、铁水同比	5
图 5: 黑色金属冶炼压延加工业碳排放量及占比	5
图 6: 粗钢产量、碳排放量同比	5
图 7: 钢铁生产企业温室气体排放及核算边界	6
图 8: 钢铁行业碳排放分类占比	7
图 9: 煤炭消费量：黑色金属冶炼及压延加工业	7
图 10: 焦炭消费量：黑色金属冶炼及压延加工业	7
图 11: 原油、汽油消费量：黑色金属冶炼及压延加工业	7
图 12: 天然气消费量及占比：黑色金属冶炼及压延加工业	8
图 13: 钢铁行业燃料燃烧产生的碳排放占比	8
图 14: 高炉生铁与粗钢比值	8
图 15: 黑色金属冶炼及压延加工业电力消费量及占比	8
图 16: 重点钢企吨钢耗电量	8
图 17: 重点钢铁企业耗电占总能耗比重	8
图 18: 国内发电结构	9
图 19: 粗钢表观消费量及同比	10
图 20: 粗钢产量及同比	10
图 21: 亿元 GDP 耗钢量	11
图 22: 粗钢产量、碳排放总量同比	11
图 23: 电炉钢占比	12
图 24: 长/短流程能耗、电耗对比	12
图 25: 安赛乐米塔尔高炉流程和电炉流程吨钢碳排放	12
图 26: 不同钢铁流程吨钢碳排放	12
图 27: 钢铁积蓄量	13
图 28: 废钢产生量	13
图 29: 高炉入炉品味与焦比	14

图 30: 烧结和球团工序能耗	14
图 31: 全球直接还原铁产量及粗钢料耗比重	15
图 32: 全球不同工艺模式直接还原铁产量占比	15
图 33: 中国和美国工业天然气价格对比	16
图 34: 2020 年重点钢企炼铁供需能耗	17
图 35: 2020 年重点钢企焦化供需能耗	17
图 36: 电力装机容量占比	18
图 37: 总发电量占比	18
图 38: 全氢冶炼 DRI-电炉钢厂	20
图 39: 日本制铁 CCUS 工艺	21
图 40: 钢铁行业减碳工艺和技术可行性分布图	23
图 41: 废钢价格和铁水成本对比	25
图 42: 安米集团铁素原料结构	27
图 43: 重点钢企资产负债率	30
图 44: 重点钢企利润+折旧情况	30
表 1: 碳排放源识别表	6
表 2: 不同化石燃料二氧化碳碳排放系数	9
表 3: 部分特大型钢企碳达峰、碳中和时间节点	10
表 4: 国内涉及粗钢产能压减政策	11
表 5: 欧美部分钢厂球团应用情况	14
表 6: 烧结和球团工艺污染物、温室气体排放对比	14
表 7: 不同直接还原铁炉能耗情况	15
表 8: 气基直接还原铁竖炉 CO ₂ 排放情况	16
表 9: NUCOR 公司高炉和 DRI 生产成本对比	16
表 10: 全球部分钢企氢冶金项目情况	20
表 11: 海外钢企 CCUS/CCS 项目情况	21
表 12: 不同工艺优化对吨钢碳排放减少幅度测算	23
表 13: 成熟度高、实用性技术投资涵盖范围	24
表 14: 中国电炉产能	25
表 15: 电炉钢、转炉钢和废钢消耗平衡表	25
表 16: 部分电炉炼钢项目投资情况	25
表 17: 竖炉、链算机——回转窑球团、带式焙烧机对比	26
表 18: 高炉填加不同球团比例下的碳排放、成本对比	26
表 19: 2025 年、2030 年球团需求推算表	27
表 20: 部分带式焙烧项目投资情况	27
表 21: 海外气基直接还原铁竖炉投资情况	28
表 22: 中国氢冶炼项目直接还原铁竖炉情况	28
表 23: 2030 年 DRI 需求和投资规模测算	28
表 24: 包钢股份 CCPP 项目投资情况	29
表 25: 成熟度高、实用性技术投资规模测算	29
表 26: 服务钢厂低碳技术投资建设的相关企业	30

钢铁行业十四五期间面临提前达峰的压力，目前部分特大型央企陆续发布碳达峰、碳中和推进计划，2025年之前实现碳达峰，2030年左右降碳30%成为重要的时间节点。

在目前工艺技术中，电炉炼钢、球团制造、DRI、能效提升等成熟度高、实用性强的低碳冶金技术具备降碳潜力。

十四五期间粗钢产量进入平台区，同时伴随部分成熟度高、实用性强的低碳冶金技术运用，将更好地促进行业从总量上实现碳达峰。在达峰的基础上，行业进一步推广电炉炼钢、增加球团比、DRI等成熟度高的实用性低碳冶金技术，带动钢铁制造流程工艺的优化，同时各工序能效提升，减少化石燃料消耗，降低碳排放强度，能够较好地实现减碳30%的目标。最终实现深度减碳、碳中和还需要全氢冶金、CCUS/CCS等技术的突破。

从技术成熟度和减碳幅度来看，高效电炉炼钢、球团制造、直接还原铁竖炉、富氢冶炼、钢厂能效提升是未来十年实现深度减碳的重要举措，带来的投资规模将达到近万亿元级别。

投资建议：关注具备服务钢厂低碳技术投资建设的相关企业。详细名单请见报告。

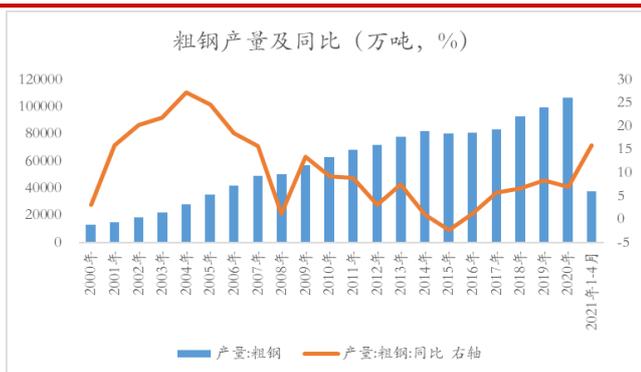
1. 钢铁工业碳排放现状

国内钢铁产量增速在2015年见底后持续回升。2020年国内粗钢产量10.65亿吨，同比7%；2021年1-4月，粗钢产量3.75亿吨，同比15.8%。2020年国内铁水产量8.88亿吨，同比4.3%；2021年1-4月，铁水产量3.07亿吨，同比8.7%。整体来看国内钢铁产量增速在2015年见底后，持续回升。

2015年以后钢铁行业能源消耗强度有下降趋势。2018年，黑色金属冶炼及压延加工业能源消耗总量62279万吨标煤，占国内总量的比重为13.2%。2015-2018年黑色金属冶炼及压延加工业能源消耗总量增速分别是-7.77%、-2.89%、-1.88%、2.21%；从粗钢产量增速、铁水增速、能源消耗总量增速来看，2015年以后钢铁行业能耗增速低于粗钢和铁水增速，意味着钢铁行业能源消耗强度有下降趋势。

2015年以后钢铁行业碳排放强度有下降趋势。2017年，黑色金属冶炼及压延加工业碳排放量达到167702万吨，占国民经济总体排放量的比重17.96%，2020年预计碳排放量占比约15%。行业碳排放量在2014年达到高点后持续下行；2015年-2017年，行业碳排放量同比分别是-6.24%、-0.38%、-0.41%。从粗钢产量和碳排放量同比增速对比来看，碳排放量增速整体低于粗钢产量增速，意味着钢铁行业碳排放强度有下降趋势。

图 1：粗钢产量及同比



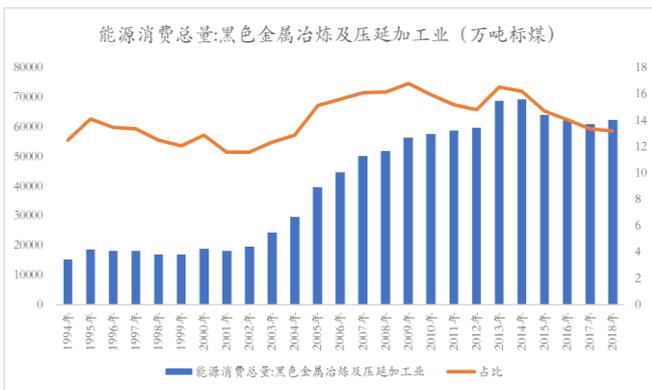
资料来源：Wind，华宝证券研究创新部

图 2：铁水产量及同比



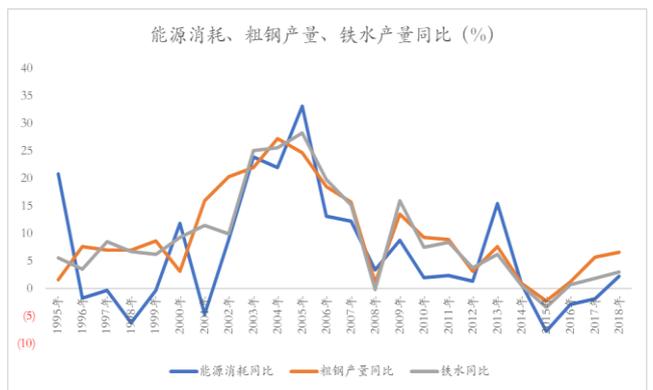
资料来源：Wind，华宝证券研究创新部

图 3：能源消费总量：黑色金属冶炼及压延加工业



资料来源：Wind，华宝证券研究创新部

图 4：能源消耗、粗钢产量、铁水同比



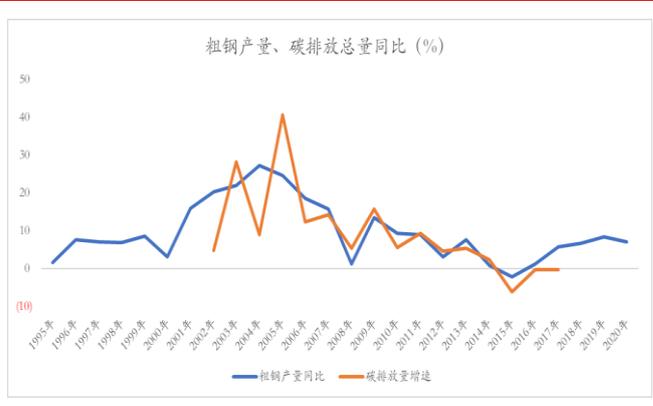
资料来源：Wind，华宝证券研究创新部

图 5：黑色金属冶炼压延加工业碳排放量及占比



资料来源：Wind，华宝证券研究创新部

图 6：粗钢产量、碳排放量同比



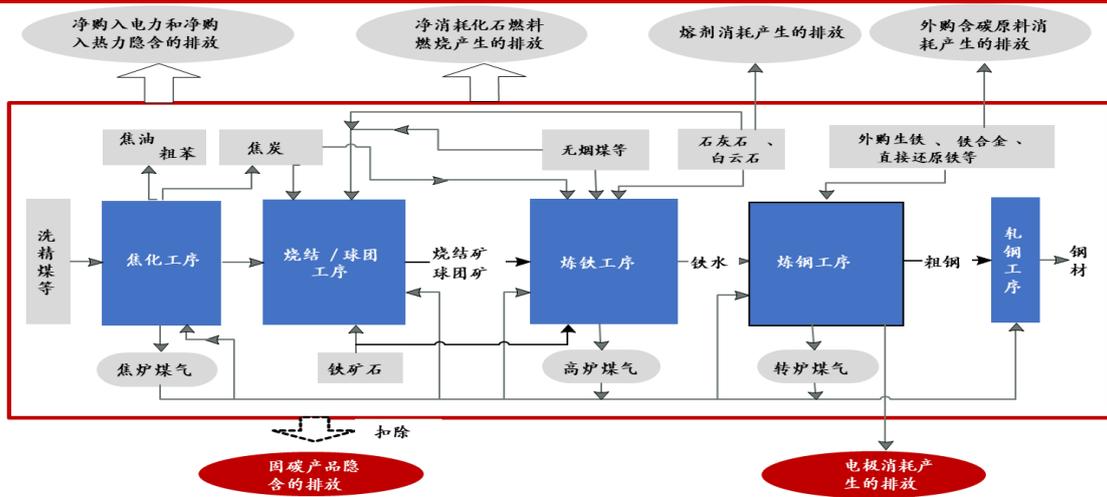
资料来源：Wind，华宝证券研究创新部

2. 化石燃料燃烧是钢铁行业的主要碳排放来源

根据《中国钢铁生产企业温室气体排放核算方法与报告指南》，钢铁生产过程中的碳排放主要有四大类来源：化石燃料燃烧排放、工业生产过程排放、净购入使用的电力、固碳产品隐含的碳排放。

根据文旭林等在《钢铁企业碳排放核算及减排研究》对长流程钢厂碳排放研究：燃料燃烧碳排放约占 94%；净购入电力碳排放占约 6%。在烧结、炼钢工序中，需消耗石灰石、白云石、电极、生铁、铁合金等含碳原料，以及生产熔剂过程的分解和氧化产生的 CO₂ 排放，约占总排放量的 6%。生产过程中部分碳固化在企业生产外销的粗钢、粗苯和焦油中，相应部分的二氧化碳排放应予扣除，约占总排放量的 4%。

图 7：钢铁生产企业温室气体排放及核算边界



资料来源：《中国钢铁生产企业温室气体排放核算方法与报告指南》（试行），华宝证券研究创新部

表 1：碳排放源识别表

碳排放分类	排放源/设施	排放设施位置	相应物料或能源种类
化石燃料燃烧排放	焦炉	焦化厂	洗精煤、高炉煤气、焦炉煤气
	烧结机、带式焙烧机、竖炉	烧结厂、球团厂	无烟煤、焦炭、焦炉煤气
	高炉、热风炉	炼铁厂	无烟煤、焦炭、烟煤、高炉煤气
	热电锅炉	电厂	自产焦炉煤气、高炉煤气、转炉煤气
工业生产过程排放	火车	运输部	汽油
	石灰窑	炼钢厂	白云石、石灰石
	转炉	炼钢厂	合金
	精炼炉	炼钢厂	电极
净购入电力产生的排放	电炉	炼钢厂	电极、合金
	所有用电设备、设施	公司内	电力
固碳产品隐含的排放	焦炉	焦化厂	粗苯、焦油、焦炉煤气
	转炉	炼钢厂	粗钢

资料来源：《钢铁企业碳排放核算及减排研究》，华宝证券研究创新部

化石燃料燃烧排放中，焦炭占据较大比重。钢铁生产过程中净消耗的化石燃烧产生的 CO₂ 排放，包括焦炉、烧结机、高炉等炉窑燃烧的洗精煤、无烟煤、烟煤、焦炭的排放，以及厂内用于生产运输的火车、汽车用汽柴油产生的排放。由于钢铁生产过程的实质是将铁从矿石中还原的过程，同时需要大量能源。我国钢铁行业燃料燃烧排放具有以下特点：

- 焦炭是钢铁行业直接消耗的第一大化石燃料。从统计局发布的数据来看，2018 年国内消费焦炭量 37152 万吨，消耗煤炭 29308 万吨，消耗原油 0 万吨，消耗汽油 3 万吨，消耗天然气 110 亿立方米。
- 焦炭消费比高与国内高炉工艺占比高有密切关系。焦炭作为高炉炼铁的主原料，既

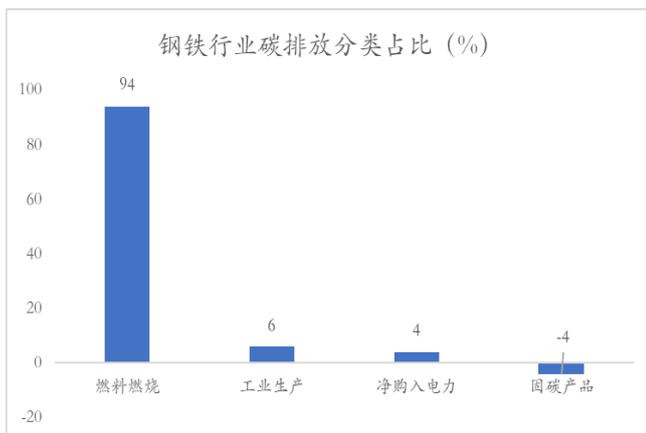
是燃料、又是还原剂，同时在高炉中还起到骨架、稳定炉料透气性。2020年国内高炉生铁产量88752万吨，高炉生铁与粗钢比为0.833，2019年比值为0.812，远高于同期的全球0.684的水平。较高的生铁占比导致国内钢铁行业对焦炭的消费依赖重。

- **化石燃料燃烧碳排放约64.7%来自于焦炭、33.9%来自煤炭。**根据易碳家给出的不同燃料燃烧释放的CO₂强度进行测算；2018年国内黑色金属冶炼及加工行业，燃料燃烧的碳排放有64.7%来自于焦炭燃烧，有33.9%来自于煤炭，1.4%来自于天然气。

外购电力碳排放受电力供给结构决定；电力系统深度脱碳直接降低钢铁行业外购电力碳排放量。

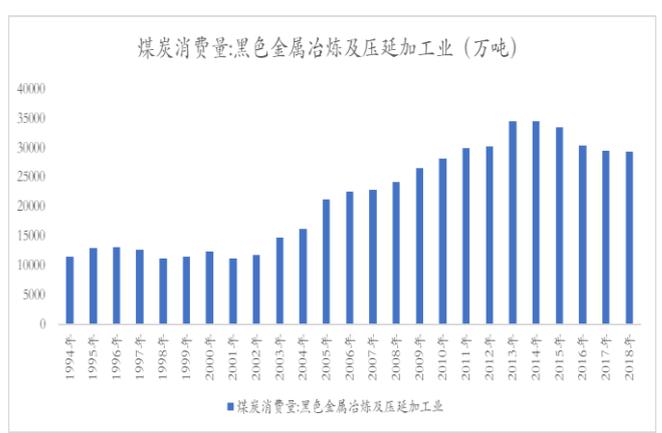
- **钢企外购电力占比低。**从统计局发布的数据来看，2018年黑色金属冶炼加工业电力消费6142亿千瓦时，占行业总能耗比重12.12%。从趋势来看，1995年以来行业电力消费比重持续上升，由6%上升到12.12%。从重点钢企的数据来看，2020年吨钢耗电量456.9千瓦/吨，相当于吨钢总能耗的8.4%。重点钢企的电力占总能耗的比重也在提升，由7.5%上升到8.4%。根据冶金规划院在《中国钢铁工业节能低碳发展报告(2020)》发布数据，国内钢企2019年自发电量比例为53%。测算钢企外购电力占总能耗的比重约5%-6%。
- **碳排放来自电力供应端。**2020年国内发电结构中，以煤炭、油气为主的火电发电占比71%，核电占比5%，水电占比16%，风、光伏、生物质发电占比8%。整体来看，上游电力供应端中化石能源占比超70%，这是外购电力碳排放的主要来源。
- **电力系统深度脱碳直接降低钢铁行业外购电力碳排放量。**未来随着风电、光伏等新能源装机容量的进一步提升，2030年国内实现一次能源中非化石占比25%，电力系统对化石能源消耗将进一步降低，电力系统的深度脱碳将直接带动钢铁行业外购电力碳排放量。

图8：钢铁行业碳排放分类占比



资料来源：《钢铁企业碳排放核算及减排研究》，华宝证券研究创新部

图9：煤炭消费量：黑色金属冶炼及压延加工业



资料来源：Wind，华宝证券研究创新部

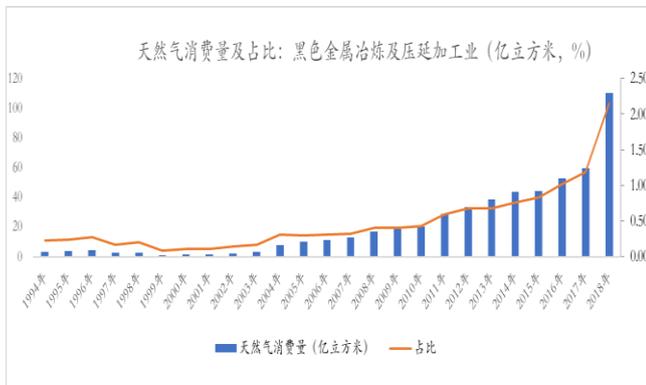
图10：焦炭消费量：黑色金属冶炼及压延加工业

图11：原油、汽油消费量：黑色金属冶炼及压延加工业



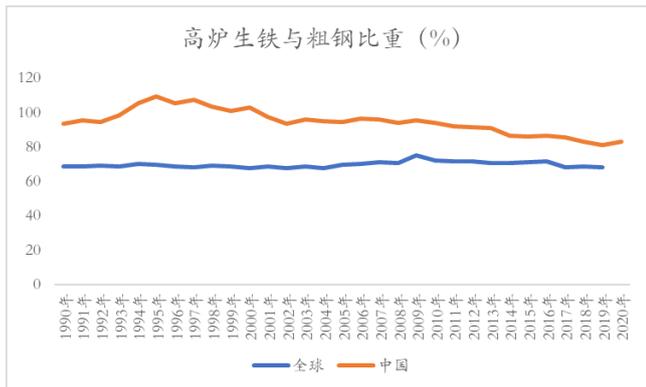
资料来源: Wind, 华宝证券研究创新部

图 12: 天然气消费量及占比: 黑色金属冶炼及压延加工业



资料来源: Wind, 华宝证券研究创新部

图 14: 高炉生铁与粗钢比值



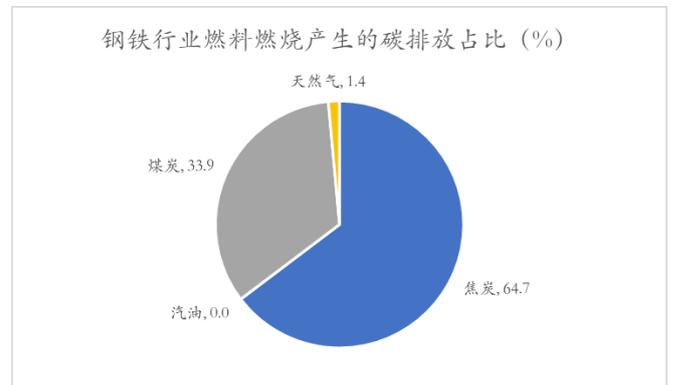
资料来源: Wind, 华宝证券研究创新部

图 16: 重点钢企吨钢耗电



资料来源: Wind, 华宝证券研究创新部

图 13: 钢铁行业燃料燃烧产生的碳排放占比



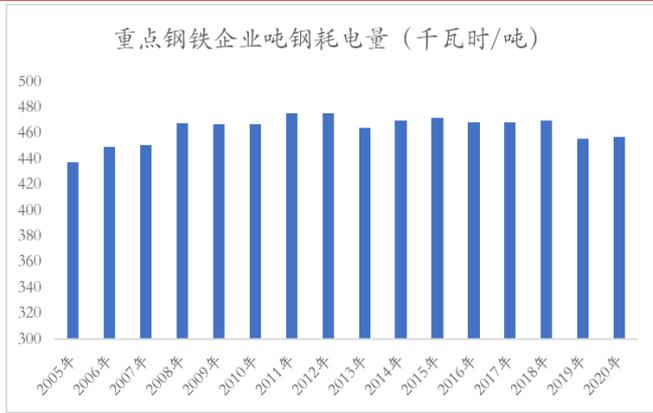
资料来源: Wind, 华宝证券研究创新部

图 15: 黑色金属冶炼及压延加工业电力消费量及占比

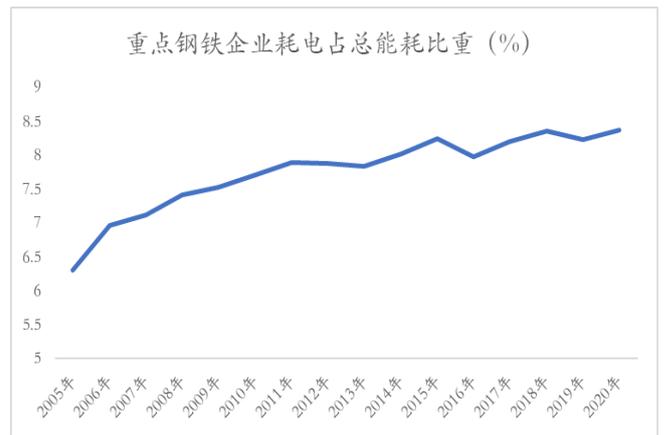


资料来源: Wind, 华宝证券研究创新部

图 17: 重点钢铁企业耗电占总能耗比重

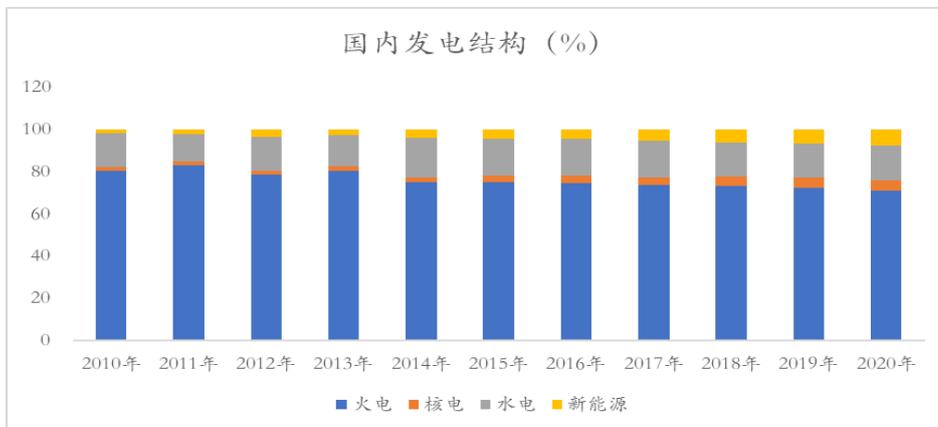


资料来源：中钢协，钢联终端，华宝证券研究创新部



资料来源：中钢协，钢联终端，华宝证券研究创新部

图 18：国内发电结构



资料来源：Wind，华宝证券研究创新部

表 2：不同化石燃料二氧化碳碳排放系数

	单位热值含碳量 (吨碳/TJ)	碳氧化率	二氧化碳排放系数 (kgCO2/kg)
原煤	26.37	0.94	1.9003
焦炭	29.5	0.93	2.8604
原油	20.1	0.98	3.0202
汽油	18.9	0.98	2.9251
油田天然气	15.3	0.99	2.1622 (kg/m3)

资料来源：易碳家，华宝证券研究创新部

3. 推进碳达峰、碳中和，钢铁行业减碳路径分析

2020 年年末工信部发布《关于推动钢铁工业高质量发展的指导意见》征求意见稿，明确提出到十四五末力争全行业实现碳达峰，能源消耗总量和强度均降低 5% 以上。钢铁行业面临十四五提前达峰的要求。

2021 年以来，中国宝武、河钢、鞍钢、包钢等特大型钢企陆续发布碳达峰、碳中和目标，其中碳达峰时间点基本控制在 2025 年之前，到 2030 年左右实现减碳 30%，2050 年实现碳

中和。

表 3：部分特大型钢企碳达峰、碳中和时间节点

国内部分钢企碳达峰、碳中和时间节点	
中国宝武	2023 年力争实现碳达峰，2025 年具备减碳 30% 工艺技术能力，2035 年力争减碳 30%，2050 年力争实现碳中和
河钢集团	2022 年实现碳达峰，2025 年碳排放量较峰值降 10% 以上，2030 年碳排放量较峰值降 30% 以上，2050 年实现碳中和。
鞍钢集团	2025 年前实现碳排放总量达峰；2030 年实现深度降碳工艺大规模推广应用，力争 2035 年碳排放总量较峰值降低 30%。
包钢集团	力争 2023 年实现碳达峰，2030 年具备减碳 30% 的工艺技术能力，力争 2042 年碳排放量较峰值降低 50%，力争 2050 年实现碳中和。

数据来源：新闻整理收集，华宝证券

3.1. 十四五粗钢产量进入平台区，将更好地促进行业从总量上实现碳达峰

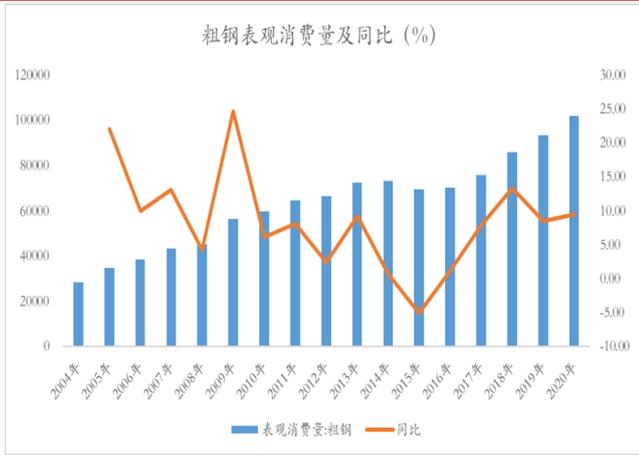
十四五期间粗钢产量进入平台区。2016 年以来粗钢表观消费量稳步增长，2020 年粗钢表观消费量 102230 万吨，同比 9.55%；在强劲内需的拉动下，国内粗钢产量持续创新高，2020 年粗钢产量 107500 万吨，同比 7%。测算 2020 年 GDP 耗钢系数达到 1150 吨/亿元。十四五中国经济进入内循环为主的发展格局，国内钢铁内需增长放缓，同时叠加政策驱动钢材出口回流，政策压实国内粗钢产能规模。整体来看，国内粗钢产量将进一步平台区。

- **十四五钢铁内需增长放缓。**国民经济体系投资链条上的建筑、机械设备制造等产业对金属产品消耗系数明显高于消费链条相关的产业。2016-2019 年，国内投资增速低于 GDP 和消费增速，GDP 实际耗钢系数进入平台区。2020 年投资反弹，带动耗钢系数回升。十四五中国经济进入内循环为主的发展格局，消费驱动力加码，耗钢系数将再次回调，中国钢铁表观消费需求增长将放缓。
- **政策驱动钢材出口回流。**自 2021 年 5 月 1 日起，国内取消大部分钢铁产品出口退税。共涉及 146 个商品代码产品，除部分高附加值产品维持 13% 的出口退税率，大部分常规性产品出口税率下调到 0%。受此政策的影响，大部分产品的出口优势将大幅降低，进一步驱动钢材出口回流。
- **政策压实了国内粗钢产能规模。**2021 年 5 月国家发改委和工信部先后发布《关于钢铁冶炼项目备案管理的意见》、《钢铁行业产能置换实施办法》，明确了严格实施减量置换、冶炼项目规范化备案的要求，从政策上进一步压实了国内粗钢产能规模，使得未来粗钢产量缺乏大幅增长的基础。

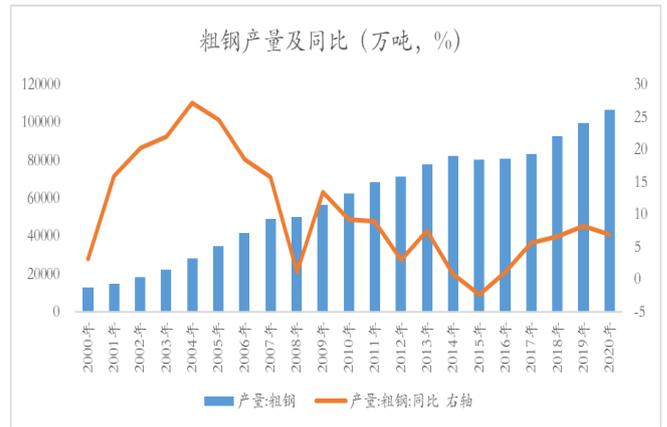
粗钢产量进入平台区，将更好推动行业从碳排放总量上实现达峰。2015-2018 年，钢铁行业碳排放总量同比整体低于行业粗钢产量增速，整体反映了吨钢碳排放强度有下降趋势。十四五粗钢产量进入平台区、增长趋弱，同时伴随部分成熟度高、实用性强的低碳冶金技术运用，将更好地推动行业从碳排放总量上实现达峰。

图 19：粗钢表观消费量及同比

图 20：粗钢产量及同比

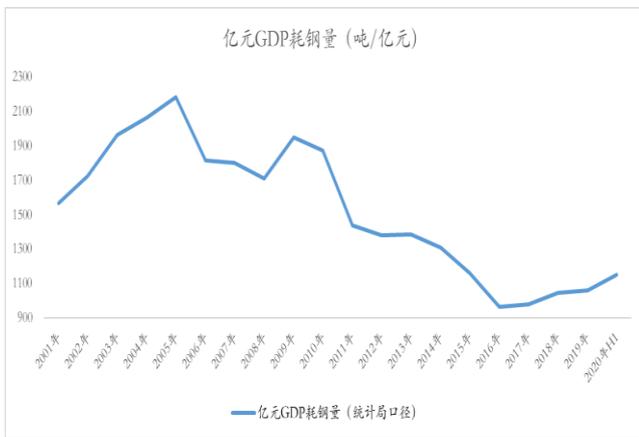


资料来源: Wind, 华宝证券研究创新部



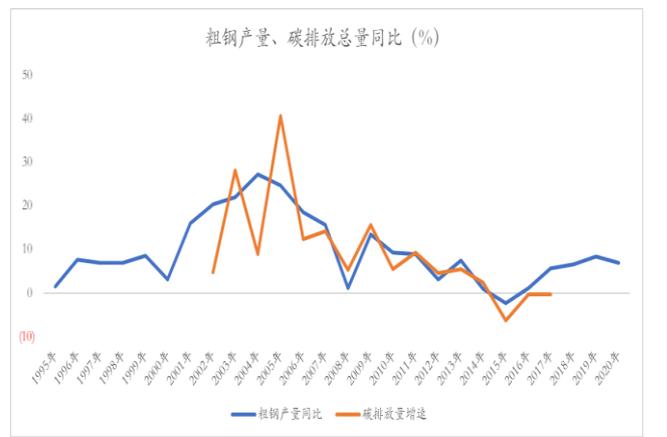
资料来源: Wind, 华宝证券研究创新部

图 21: 亿元 GDP 耗钢量



资料来源: Wind, 华宝证券研究创新部

图 22: 粗钢产量、碳排放总量同比



资料来源: Wind, 华宝证券研究创新部

表 4: 国内涉及粗钢产能压减政策

日期	相关政策
5月8日	工业和信息化部发布《钢铁行业产能置换实施办法》。修订后的《实施办法》明确大气污染防治重点区域严禁增加钢铁产能总量，明确“动设备、须置换”。未完成钢铁产能总量控制目标的省（区、市），不得接受其他地区出让的钢铁产能。长江经济带地区禁止在合规园区外新建、扩建钢铁冶炼项目。大气污染防治重点区域置换比例不低于1.5:1，其他地区置换比例不低于1.25:1。
5月6日	国家发展改革委发布了《关于钢铁冶炼项目备案管理的意见》（发改产业〔2021〕594号），并于今年6月1日正式执行。《意见》聚焦问题导向，突出实效性、可操作性，阐明了严格备案管理和规范建设冶炼项目的明确要求。

资料来源: 新闻收集整理, 华宝证券研究创新部

3.2. 成熟度高、实用性技术的进一步推广有助于从吨钢碳排放强度上实现减碳 30%目标

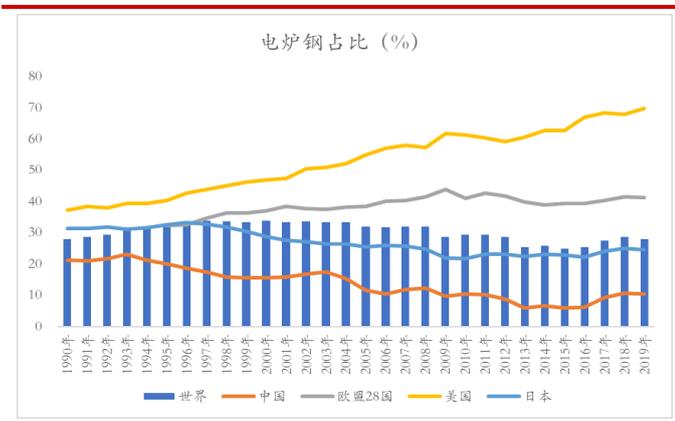
在碳达峰的基础上，我们认为电炉炼钢、增加球团比、DRI 等成熟度高、实用性技术的

进一步推广，带动钢铁制造流程工艺的优化，同时各工序能效提升，减少化石燃料消耗，降低吨钢碳排放强度，能够较好低实现减碳 30% 的目标。

1) 相比传统长流程，纯废钢的电炉短流程和 DRI—电炉流程均有大幅降碳空间相比高炉-转炉的长流程，电炉为主要的工艺流程在能耗、碳排放上具有较大优势。随着国内经济进入内循环周期，废钢资源加速释放为发展电炉钢提供了成本支撑。假设 2030 年前后国内粗钢产量相比 2025 年小幅下滑，维系在 10 亿吨左右。除去转炉消纳部分废钢外，电炉钢也将会有较大提升。低碳排放强度的工艺占比提升，将有效降低钢铁行业整体碳排放量；同时伴随着电力能源的清洁化，通过供给端导入新能源，能够进一步降低碳排放。

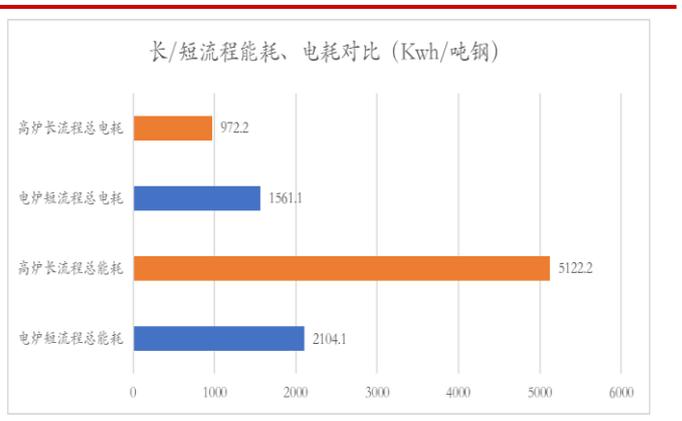
- 目前国内电炉钢厂产量占比偏低。2019 年国内电炉钢产量占比 10.4%，长流程转炉钢占比 89.6%。欧盟 28 国电炉钢占比 41.3%，美国占比 69.7%，日本占比 24.5%，世界平均水平 27.9%。整体来看，国内电炉钢厂产量占比偏低。
- 电炉短流程工艺能耗强度低。根据世界钢铁协会的研究，电炉短流程总能耗为 2104Kwh/吨钢，高炉长流程总能耗为 5122Kwh/吨钢；电炉短流程电耗为 1561Kwh/吨钢，高炉长流程电耗为 972Kwh/吨钢；整体来看电炉短流程工艺在能耗强度低。
- 气基 DRI-电炉工艺和纯废钢短流程工艺，碳排放强度均大幅低于长流程工艺。从世界钢协发布的研究数据来看，长流工艺吨钢碳排放 2.2 吨，气基 DRI-电炉流程的碳排放为 1.4 吨，纯废钢电炉短流程工艺碳排放在 0.3 吨左右。从安米集团发布的数据来看，该公司电炉流程的吨钢排放为 0.6 吨 CO₂/吨钢，只有同期高炉长流程的 26%；尽管该公司有部分电炉与 DRI 工艺衔接，但碳排放仍大幅低于长流程工艺。整体来看，无论气基 DRI-电炉流程，还是纯废钢短流程电炉工艺，碳排放强度均大幅低于长流程工艺，电炉工艺降碳幅度在 36%-84% 之间。
- 国内经济进入内循环周期，废钢资源持续释放为发展短流程电炉钢提供了成本支撑。根据废钢协会测算，2020 年国内废钢产量 2.6 亿吨。近二十年中国经济快速发展在城市建设和耐用品消费上积蓄了大量钢铁资源，在进入内循环为主的周期下，汽车、家电等耐用消费加块更新换代，废钢资源加速释放。根据测算 2030 年我国钢铁积蓄量将达到 135 亿吨，采用钢铁积蓄量折算法，测算 2030 年社会废钢产生量将达到 3.5 亿吨，废钢资源持续释放为发展短流程电炉钢提供了成本支撑。

图 23：电炉钢占比



资料来源：世界钢协，Wind，华宝证券研究创新部

图 24：长/短流程能耗、电耗对比



资料来源：世界钢协，华宝证券研究创新部

图 25：安赛乐米塔尔高炉流程和电炉流程吨钢碳排放

图 26：不同钢铁流程吨钢碳排放



资料来源：安米集团年度报告，华宝证券研究创新部

CO ₂ /t	高炉-转炉	基于天然气的直接还原铁-电弧炉	电弧炉短流程
直接排放	1.2	1	0.04
间接排放	1	0.4	0.26
合计	2.2	1.4	0.3

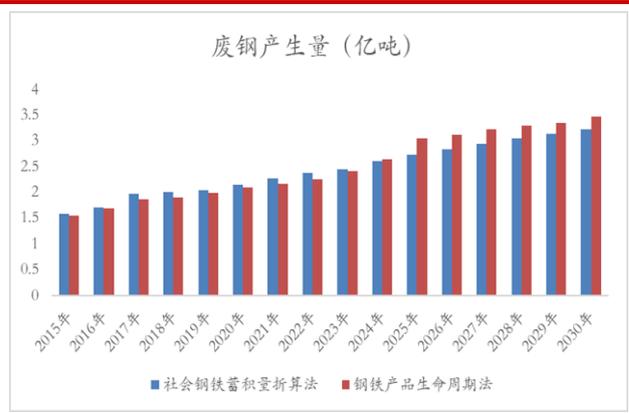
资料来源：世界钢协，华宝证券研究创新部

图 27：钢铁积蓄量



资料来源：中国工程院，华宝证券研究创新部

图 28：废钢产生量



资料来源：中国工程院，华宝证券研究创新部

2) 相比传统烧结，球团制造工序碳排放低、同时能间接带动高炉降碳 相比目前的国内主流矿物加工工艺--烧结，球团在制造环节上具有工序能耗低、污染物排放少、节能减排效果好等优势，同时在高炉冶炼上增加球团比能够实现渣比低、煤气利用率高、燃料比低、综合经济效益好等优点，推动高炉冶炼绿色指标改善。球团工艺各项污染物都处于较低水平，明显优于烧结工艺，当造块工艺开始考虑整个钢铁生产链时，清楚的说明采用球团矿代替烧结矿作为高炉主要原料能带来巨大的碳减排效应。

- **我国球团比整体大幅低于欧美国家水平，存在较大提升空间。**根据世界金属导报统计，2020年国内球团矿总产能约2.6亿吨，按照2020年铁水8.875亿吨，测算球团占入炉炉料的比重为18%。从欧美国家安米、塔塔、SSAB等钢厂的入炉球团比数据来看，我国球团比整体大幅低于欧美国家水平，存在较大提升空间。
- **相比烧结，球团自身工序能耗低，温室气体和污染物排放少，节能减排效果好。**从2020年重点钢企的工序能耗结构来看，烧结：48.08千克标煤/吨，球团：24.35千克标煤/吨。根据北京京诚杨晓东等在《球团替代烧结——铁前节能低碳污染减排的重要途径》报告中的研究，球团工序CO₂排放75kg/吨，烧结工序CO₂排放142kg/吨，球团工序能耗和碳排放为烧结矿的50%左右。同时球团在粉尘、NO_x、SO₂环境污染物排放上也具有较大优势。整体来看，球团替代烧结减碳约67kg/吨，给长流程带来的降碳幅度达到3.2%。
- **提升球团比，优化钢铁制造的原料结构，能够进一步降低高炉能耗，减少碳排放。**从高炉冶炼实践来看，入炉矿物综合品味每增加1个PCT，焦比降低1-2个PCT。从重点钢企的高炉入炉品味和焦比数据来看，两者呈现负相关；球团矿含铁品位65%

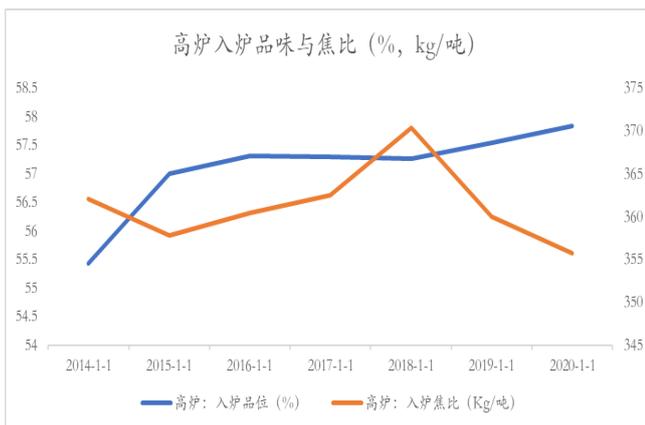
左右,比烧结矿高约 8%,在高炉炉料中增加球团比重有利于提高炼铁综合入炉品位,改善高炉冶炼的各项技术经济指标;从欧美国家高炉工艺指标来看,提升球团比后,产量提高效益明显,同时球团矿含 FeO 低,还原性好,对铁矿石在高炉内的间接还原十分有利,球团品味高,能够减少高炉冶炼渣比,降低能源消耗,最终实现减少碳排。

表 5: 欧美部分钢厂球团应用情况

公司	炉容级别 (%)	烧结矿比例	球团矿比例 (%)	渣比 (kg/T)	燃料比 (kg/T)
美国 安米集团印第安纳厂 7 号高炉	5000m3	15-20	80	200	
瑞典 SSAB 公司	1000m3	0	100	146	457
加拿大 安米集团阿尔戈马 7 号高炉	2000m3	0	100	194	468
德国 安米集团不莱梅	3000m3	51.1	48.9	194	475
荷兰 塔塔集团艾莫依登厂 7 号高炉	4470m3	46.9	52.3		463

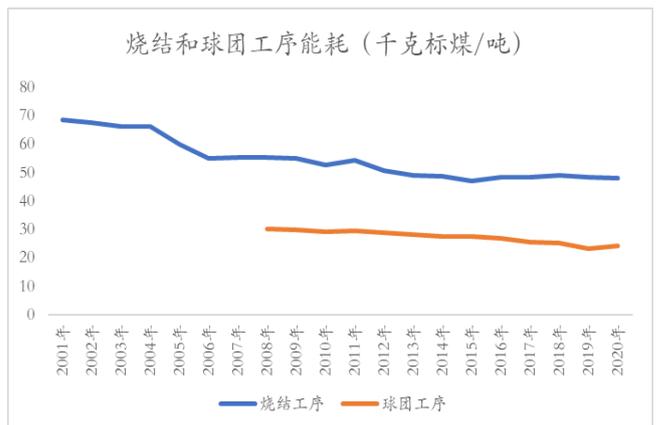
资料来源:世界金属导报《高炉大比例球团冶炼浅析》、华宝证券研究创新部

图 29: 高炉入炉品味与焦比



资料来源:中钢协,钢联终端,华宝证券研究创新部

图 30: 烧结和球团工序能耗



资料来源:中钢协,钢联终端,华宝证券研究创新部

表 6: 烧结和球团工艺污染物、温室气体排放对比

	烧结	球团
粉尘(kg/t)	0.018	0.013
SO ₂ (kg/t)	0.063	0.045
NO _x (kg/t)	0.09	0.065
能耗(kg/t)	48	24
CO ₂ (kg/t)	142	75

资料来源:《球团替代烧结——铁前节能低碳污染减排的重要途径》,华宝证券研究创新部

3) 相比传统高炉,直接还原铁不消耗焦炭、能耗低,是开展氢冶金工艺载体

直接还原炼铁法是以气体燃料、液体燃料或非焦煤为能源,在铁矿石、氧化球团或含碳球团呈固态即软化温度以下进行还原而获得金属铁的方法。这种方法得到的金属产品,由于还原过程温度较低,脉石难以除去,含碳量低,称为直接还原铁(DRI)。相比高炉工艺,直接还原铁不需要焦炭。目前全球还原铁工艺模式包括气基 MIDREX、气基 HYL、煤基还原、

以及其他气基模式。2019 年气基模式产量占比达 75.2%（其中 MIDREX 法占比 60.9%，HYL 法占比 13.2%，其他气基占比 2.1%），煤基产量占比 23.8%。

- **我国直接还原铁产量占比低。**2020 年全球直接还原铁产量 10600 万吨，占粗钢料耗比重 5.32%。从世界钢协发布的数据来看，中国产量低未上榜，预计直接还原铁产量 10 万吨左右。
- **气基直接还原铁相比高炉冶炼模式，能耗较低。**从高炉、MIDREX、HYL、煤基等工艺的能耗对比来看，气基法整体能耗低于高炉。气基还原铁能耗在 375-425kg 标煤/吨，高炉冶炼能耗在 480-590kg 标煤/吨。
- **气基直接还原铁本身碳排放低于高炉，未来开展氢冶金的功能，具备大幅减碳的能力。**目前采取全天然气模式的气基直接还原铁 CO₂ 排放强度只有 500kg/吨，当富氢比重达到 70%时，CO₂ 排放强度将下降到 150kg/吨，全氢冶炼模式下，CO₂ 排放强度接近 0。目前气基模式下，直接还原铁竖炉碳排放低于高炉，未来一旦采取全氢冶炼，将大幅减少碳排放。
- **国内天然气成本较高，导致国内直接铁生产并无成本优势。**从 2017 年美国 nucor 发布的直接还原铁的生产成本来看，其相比美国高炉生铁便宜 20%。但考虑到美国天然气价格只有国内的 30%（以沿江地区价格对比），测算国内直接还原铁成本要比高炉生铁高 6-8%。

根据《我国直接还原技术发展展望》报告统计：我国现有直接还原铁生产能力约 60 万 t，生产直接还原铁的企业产量都不大，多数企业的生产能力在 5 万 t 左右。由于我国天然气匮乏，传统的以天然气为燃料生产直接还原铁在我国的发展受到了较大的制约，导致我国直接还原铁生产企业规模小、产地分散、生产组织不稳定，技术更新缓慢，产能与世界相比有很大差距。

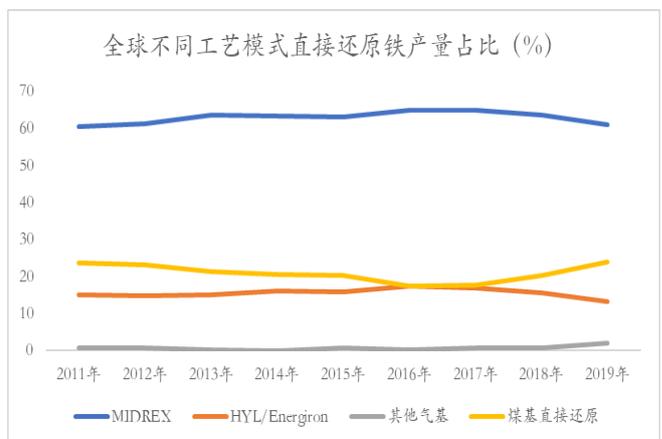
随着碳达峰、碳中和的推进，钢铁行业面临碳排放配额限制，具备低碳优势的直接还原铁工艺将在高碳价下，其成本劣势或将逐步缩小、甚至逆转与高炉生铁。同时直接还原铁是氢冶金的重要工艺步骤，未来其发展面临大机遇空间。

图 31：全球直接还原铁产量及粗钢料耗比重



资料来源：钢联终端，华宝证券研究创新部

图 32：全球不同工艺模式直接还原铁产量占比



资料来源：MIDREX 公司报告，华宝证券研究创新部

表 7：不同直接还原铁炉能耗情况

工艺方法	能源实物消耗	折合能耗, kgce/t
高炉	300-420kg 冶金焦+200-135kg 煤粉/吨	481-588.5

天然气竖炉 (HYL)	300-350Nm ³ 天然气/吨, 10.4-11.5GJ/吨	355.3-392.9
天然气竖炉 (MIDREX)	350-400Nm ³ 天然气/吨, 11-12.5GJ/吨	375.8-427.1
煤制气竖炉	600-750kg 动力煤/吨, 11-12.5GJ/吨	375.8-427.1
回转窑 (煤基)	850-950kg 褐煤/吨, 17.8-21.3GJ/吨	650-750
隧道窑 (煤基)	250-400kg 燃烧煤+460-600kg 还原煤/吨	700-800

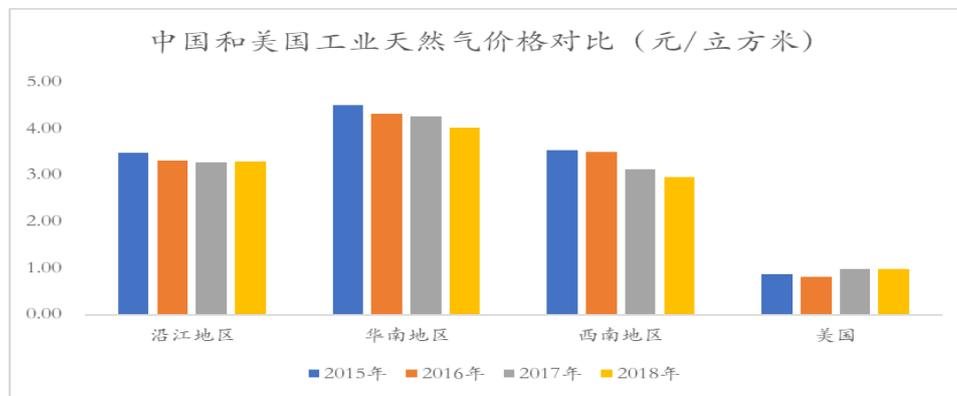
资料来源: 世界金属导报, 华宝证券研究创新部

表 8: 气基直接还原铁竖炉 CO₂ 排放情况

输入气	全天然气	富氢			全氢
		20%	50%	70%	
还原气	H ₂	55%	62%	72%	100%
	CO	35%	28%	18%	0%
	其他成分	剩余 10% (CO ₂ , H ₂ O, CH ₄ , N ₂)			
	H ₂ /CO	1.6	2.2	4.0	5.9
CO ₂ 排放量 (kg/吨 DRI)	500	400	250	150	取决于加热气体

资料来源: MIDREX 公司研究报告, 华宝证券研究创新部

图 33: 中国和美国工业天然气价格对比



资料来源: Wind, 华宝证券研究创新部

表 9: NUCOR 公司高炉和 DRI 生产成本对比

美元/吨	高炉	DRI
铁矿 (62%FE, FOB Brazil)	100	100
球团溢价	30	30
品味溢价 (BF=65% & DRI=68% Fe)	9	18
运费	25	15
铁矿消费 (BF=1.6 ton & DRI=1.5 ton)	262	245
现金转换成本	70	35
高炉还原 (100% coke)	144	

DRI 还原 (11mmbtus @ \$4)		44
炼铁单元成本	476	324
自建烧结成本优势	-30	
自建焦化成本优势	-26	
高炉高开工率带来的成本优势	-15	
调整后高炉综合成本	405	

资料来源: nucor 公司报告, 华宝证券研究创新部

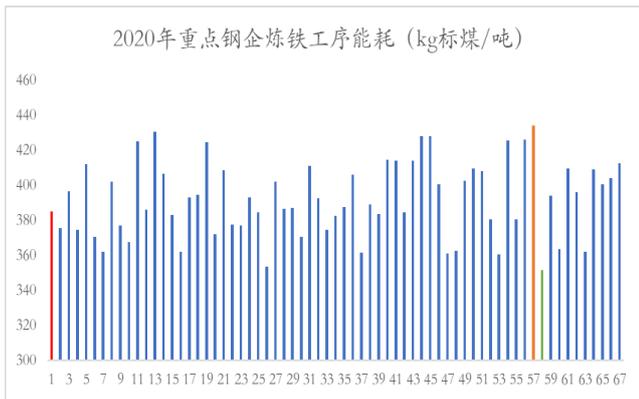
4) 通过提升工序能效水平, 降低化石能源消耗, 带动碳排放减少

目前国内重点钢企炼铁工序平均能耗为 385kg 标煤/吨, 最低能耗 352kg 标煤/吨, 最高 434kg 标煤/吨, 最低企业能耗水平比平均水平低 8.6%。目前国内重点钢企焦化工序平均能耗为 103kg 标煤/吨, 焦化最低能耗 78.4kg 标煤/吨, 最高 161.3kg 标煤/吨, 最低企业能耗水平比平均水平低 24%。整体来看, 国内钢企在炼铁、焦化等工序的能耗水平存在较大的差异, 优秀钢企能耗水平大幅高于平均水平, 这也意味国内钢铁行业未来在工序能效上存在较大的提升空间, 进一步降低化石能源消耗, 最终带动碳排放减少。如炼铁、炼焦工序能耗平均水平都下降到最低能耗, 能节约 58kg 标煤/吨, 如按照节约焦炭量测算, 可以减少碳排放 170kg/吨, 为长流程减碳 8%。工序能效提升案例:

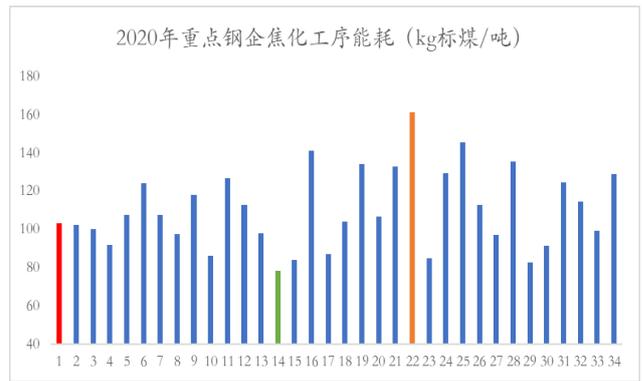
- **提高高炉富氧率实现焦炭消耗降低, 减少高炉碳排放。** 首钢京唐公司通过技术研发将高炉富氧率由 3%提高至 5.5%, 此举将碳排放由 0.634 吨 CO₂/吨铁降低至 0.516 吨 CO₂/吨铁, 高炉煤气中氮气含量由 55%降低至 50%, 热值由 3000kJ/m³ 提高至 3500kJ/m³。同时, 因高炉煤气氮气含量降低、热值升高, 可使高炉煤气用户的效率提升, 同时还降低了 NO_x 的产生, 利于环保。
- **提升余热余能利用效率和自发电比例, 降低能源直接消耗, 实现低碳生产。** 通过提高余热余能资源的深度利用, 实现节能减排指标快速进步和企业能源成本有效降低。例如, 钢铁企业利用余气或余热提高自发电比例, 进而降低能耗, 实现低碳生产。冶金规划院统计目前钢铁行业自发电比例为 53%。根据华菱钢铁 2020 年年报披露的数据: 华菱湘钢、华菱涟钢目前自发电比例均超过 70%。两者之间的差值意味着大部分钢厂都有进一步提升自发电比例的空间。
- **以数字转型, 提升能效, 缓解减排压力。** 充分运用 5G、大数据、工业互联网等新一代信息技术赋能钢铁行业数字化转型, 助力钢铁行业在能耗和排放、生产运营、产业链协同、产品质量管理等方面不断优化, 实现原料供应、能源使用、产能释放等与市场需求的精准匹配, 有利于减少能耗, 缓解减排压力。

图 34: 2020 年重点钢企炼铁供需能耗

图 35: 2020 年重点钢企焦化供需能耗



资料来源：中钢协，钢联终端，华宝证券研究创新部

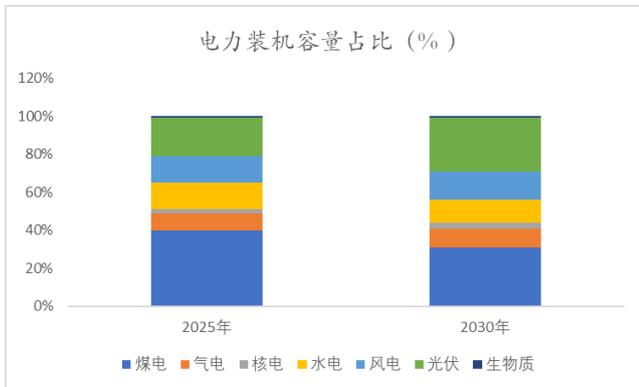


资料来源：中钢协，钢联终端，华宝证券研究创新部

5) 发展清洁能源，优化钢铁外购电力结构，从源头降碳

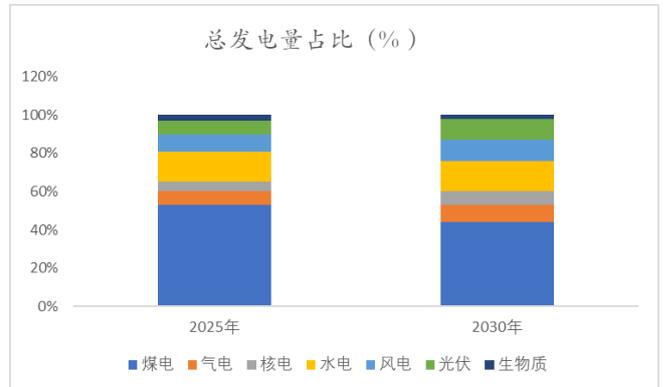
非化石能源占比提升，预计减少钢铁行业碳排放 1.5%-2%。目前钢铁行业大约 6%的碳排放来自于外购电力，而国内电力结构上火电占据电力供给的 71%。根据周孝信院士预测：随着“双碳”行动推进，2025 年风、光伏、生物质装机容量占比将达到 35%，占总发电量比重 19%；2030 年风、光伏、生物质装机容量占比将达到 44%，占总发电量比重 24%。2030 年火电占总发电量比重将下降到 53%。随着非化石能源占比的进一步提升，外购电力带来的碳排放量将减少，按照目前 6%的比重，测算预计能减少碳排放 1.5%-2%。

图 36：电力装机容量占比



资料来源：《双碳目标下我国能源电力系统发展情景分析》，华宝证券研究创新部

图 37：总发电量占比



资料来源：《双碳目标下我国能源电力系统发展情景分析》，华宝证券研究创新部

3.3. 行业深度减碳、实现碳中和还需要氢冶金、CCUS/CCS 等技术实现突破

1) 以直接还原竖炉为载体开展氢冶金具备零碳可行性，但目前存在较大的成本约束

氢作为绿色能源，其燃烧和还原产物为 H₂O，相比目前的高炉用焦炭冶炼工艺和天然气基竖炉，具有大幅减碳、甚至能达到零碳效果。目前海内外主流的氢冶金技术包括高炉富氢、竖炉富氢、竖炉全氢。除日本 COURSE50 在高炉中富氢实现验证减碳 10% 的效果；其他工艺都停留在中试阶段。氢冶金大范围推广，主要受到上游氢气成本和工艺约束的制约。

氢冶金用氢气替代 C 直接还原和 CO 间接还原，但需要补充热量。氢冶金原理以 H₂ 取代碳、CO 作为还原剂从 FeO 还原出 Fe，其中氢气间接还原属于吸热反应。其基本化学反应式：

CO 还原反应： $\text{FeO} + \text{CO} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}_2 + 4,136\text{kcal/kmol}$ ，

碳直接还原反应： $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO} - 37,084\text{kcal/kmol}$ ，

H₂ 还原反应： $\text{FeO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Fe} + \text{H}_2\text{O} - 5,702\text{kcal/kmol}$ 。

高炉冶炼大比例增加氢气使用量存在工艺约束。传统高炉冶炼通过 C、CO 在高温下还原置取铁，并伴有炉料物理形态由软化到熔融过程；在高炉风口喷吹氢气和天然气、焦炉煤气等含氢介质，高炉富氢还原炼铁在一定程度上能够有效促进提高生铁产量，但由于该工艺是基于传统的高炉，焦炭的骨架作用无法被完全替代，同时氢还原需要补充热量，因此高炉中喷吹氢气量存在极限值。该工艺下的碳排放减量有限，根据新日铁 course50 试验，高炉富氢还原的碳减排幅度可达 10%，欲实现减碳 30%，还需要与 CCS/CCUS 配合使用；如果 CCS/CCUS 技术无法取得较大突破，高炉富氢对于钢铁行业大规模深度降碳可操作性不大。

直接还原竖炉具备大规模使用氢气冶炼的可行性。直接还原炼铁法是以气体燃料、液体燃料或非焦煤为能源，在铁矿石、氧化球团或含碳球团呈固态即软化温度以下进行还原而获得金属铁，相比高炉铁水，其杂质含量高；但由于不存在熔融状态，对透气性要求低，不需要焦炭充当骨架的功能，全氢冶炼不存在工艺约束。综合对氢气成本评判，在气基直接还原竖炉增加氢气使用量，逐步代替一氧化碳作为还原剂，将铁矿石转化为直接还原铁（DRI），之后再将其投入电炉进行进一步冶炼。二氧化碳排放量将会得到有效控制。相较于富氢还原高炉，采用气基直接还原竖炉工艺进行铁矿石冶炼的吨二氧化碳排放量大幅减少。按照瑞典 SSAB 的测算，全氢冶炼流程下钢厂的碳排放强度相比目前减少 80%。这对于钢铁行业实现大规模深度减碳提供有效支撑。

目前氢冶金存在成本约束：从瑞典 SSAB、日本钢铁工业协会、日本产经省公布的数据来看，受制氢成本高的影响，氢冶金成本整体高于目前传统工艺。

- SSAB 在 2018 年初公布的研究结果表明：按照 2017 年底的电力、焦炭价格和二氧化碳排放交易价格，HYBRIT 项目采用的氢冶金工艺成本比传统高炉冶炼工艺高 20%~30%。
- 据中国钢铁新闻网报道：2019 年日本钢铁协会估算生产 1 吨生铁共计需要 753 标准立方米氢气，按照 75% 的热效率计算，产生 1 吨生铁需要的氢气量为 1000 标准立方米。目前日本生产每立方米氢气的成本约为 1.64 美元，远高于其制定的 2030 年降本目标。根据日本经济产业省测算的数据，要实现氢能的大规模商业化应用，到 2030 年，日本的氢气生产成本需降至 0.29 美元/立方米左右。
- 据日本经济产业省估算，目前氢气的流通价格为每标准立方米 100 日元左右。日本政府的目标是通过大规模生产，到 2030 年将氢价降至每标准立方米 30 日元，但也有大型钢铁企业的高管认为，要想在钢铁行业实现氢基 DRI 的普及生产，氢气价格必须降至每标准立方米 10 日元以下。

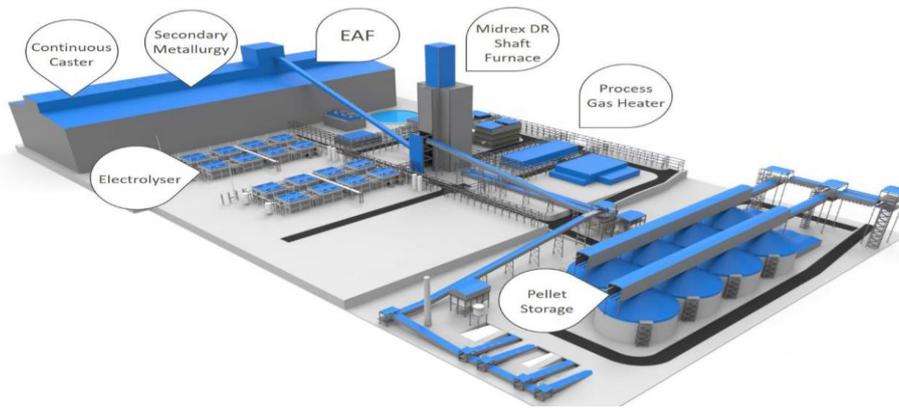
现有条件下由于氢还原的强吸热效应导致全氢竖炉煤气量大幅增加、还原速率同样也会受到影响、全氢对设备与操作等要求高等问题，全氢冶金技术还不能得到真正意义上大面积推广与实际应用。综合以上，碳达峰与碳中和的大背景下，短期内气基直接还原竖炉工艺将会是我国主流氢冶金技术探索的手段，该工艺的进一步成熟化也将是行业的实现碳中和的主要探索方向。

表 10：全球部分钢企氢冶金项目情况

模式	主导企业	工艺路线	减碳效果
富氢	日本制铁 COURSE50	风口注入氢气，代替一部分焦炭还原铁矿石	在君津地区的试验高炉上验证可单独减排 10%；与 CCUS 配合使用可减排 30%
	TkH2STEEL 高炉 2.0	从高炉风口注入氢气	目前处在试验阶段，2022 年试验范围扩大到所有风口
	迪林根和萨尔钢铁高炉喷吹富氢焦炉煤气	高炉喷吹富氢焦炉煤气的实验	
	FFG 联盟	在气基竖炉中逐步增加氢气	最终全氢减碳 80%
	安米 H2 Hamburg 项目	在气基竖炉中增加氢气	
全氢	瑞典 HYBRIT 项目，	氢气直接还原生产 DRI	中试试验阶段，预计 2024 年转入示范阶段；预计减碳 80%
	奥钢联 H2FUTURE 项目	新能源制氢+直接还原铁	预计减碳 80%
	浦项 HYREX 项目	基于目前的 FINEX 工艺开展氢基直接还原	
	萨尔茨吉特 SALCOS 项目	风电制氢+直接还原铁	目前已风电制氢研究为主，预计减碳 80%
	河钢宣化氢冶金示范工程	Tenova 公司的 Energiron-ZR（零重整）技术，可替代传统高炉碳冶金工艺	预计年可减碳幅度达 60%

资料来源：新闻收集整理，华宝证券研究创新部

图 38：全氢冶炼 DRI-电炉钢厂



资料来源：SSAB 公司报告，华宝证券研究创新部

2) CCUS/CCS 减排潜力大，但受制于经济、技术、环境等影响，目前规模化发展的时机还不成熟

碳捕集利用与封存（CCUS/CCS）是指将二氧化碳（CO₂）从工业排放源中分离后或直接加以利用或封存（CCUS 含 CO₂ 的资源化利用），以实现 CO₂ 减排的工业过程。CCS/CCUS 工艺路线上包括捕捉、运输、封存/利用。捕捉工艺上先提高 CO₂ 的浓度，改进燃烧和氧化工艺的氧燃烧法，即用氧替代空气进行燃烧和氧化；然后采用化学吸收、物理吸附、膜分离和

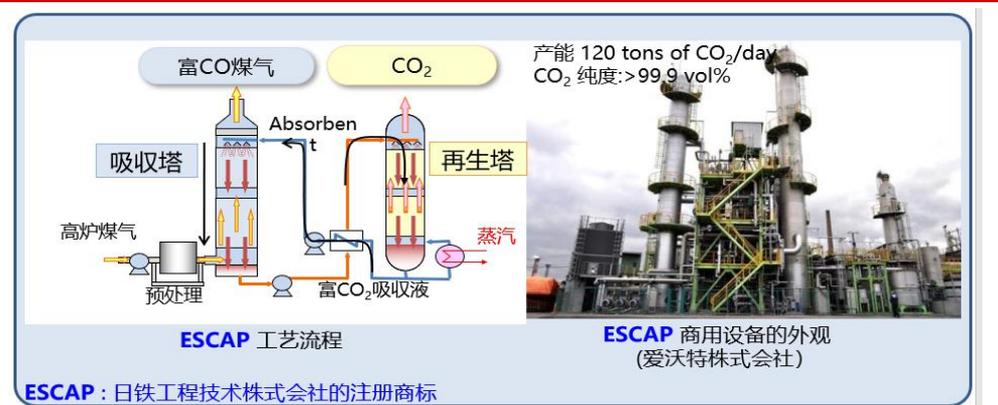
深冷分离等方法对产生的 CO₂ 进行分离回收。运输模式包括管道、汽车、船舶运输；目前主要的储存方式有地质储存、海洋储存、矿物固化以及森林和陆地生态系统储存等。CCUS 技术的应用主要有物理应用、化工应用和生物应用等；包括：石油三采的驱油剂,生产无机和有机精细化学品、高分子材料,微藻固碳转化为生物燃料和化学品,生物肥料、食品和饲料添加剂等。

目前安米、日本制铁、JFE 均开展 CCUS 项目投资建设，其中日本制铁在君津制铁所投入了两套 CCUS。目前国内钢厂对 CCUS/CCS 仍然停留在研究阶段，同时从国内发展趋势来看，仍然存在三方面的挑战，还需要在技术、成本有大的突破，才能实现大规模推广应用。

- **技术和能耗挑战：**目前，我国 CCUS 全流程各类技术路线都分别开展了实验示范项目，但整体仍处于研发和实验阶段，而且项目及范围都太小。虽然新建项目和规模都在增加，但还缺少全流程一体、更大规模的可复制的经济效益明显的集成示范项目。根据《中国 CCUS 技术发展趋势分析》研究目前国内受现有的 CCUS 技术水平的制约，在部署时将使一次能耗增加 10%~20%甚至更多，效率损失很大，这严重阻碍着 CCUS 技术的推广和应用。
- **成本相对过高：**根据 IPCC 研究目前国外 CCS 不包括运输和封存成本，国外捕集二氧化碳的成本约为 11 至 57 美元/吨；根据中国华能集团有限公司董事长舒印彪在陆家嘴论坛上的报道：我国 CCS 技术示范项目中捕集、运输、存储成本各占 1/3，仅捕集成本就高达 400 元/吨 CO₂。在碳价较低的情况下，侧重于封存的 CCS 技术的推广，受到高成本的束缚和限制。
- **泄漏风险和环境挑战：**CCUS 捕集的是高浓度和高压下的液态 CO₂，如果在运输、注入和封存过程中发生泄漏，将对事故附近的生态环境造成影响，严重时甚至危害到人身安全。特别是 CCUS 的地质复杂性带来的环境影响和环境风险的不确定性。

整体来看，CCUS 减排潜力大，作为一种发展中的很有前途的新技术，CO₂ 的工业利用也极具前景。但受制于经济、技术、环境等方面存在着一些短时间难以解决的问题，结合我国国情，大规模化发展 CCUS 项目的时机还不成熟。

图 39：日本制铁 CCUS 工艺



资料来源：日本制铁公司报告，华宝证券研究创新部

表 11：海外钢企 CCUS/CCS 项目情况

企业	工艺模式	项目
日本制铁	化学吸收液	在君津制铁所，建设 2 套设备已投入使用（120T-143tCO ₂ /日）
JFE	物理吸附技术	在福山小昌建立了小型 CO ₂ 捕捉试验设备，处理能力 3T/d

安米

真空变压吸附
工艺

- Carbalyst 项目：2019 年安米与合作伙伴 Lanzatech 公司合作，在比利时根特厂内投资 1.2 亿欧元的建设一座示范型大型工厂，以收集废气并将其转化为生物乙醇，项目目前已进入试运行。
- 在 Eisenhüttenstadt-EHS 钢厂年产能 70 万吨的高炉末端建设碳捕捉利用。
- 2020 年安米敦刻尔克厂将开始建设一个碳捕集和储存试验厂，到 2021 年实现从炼钢过程排放的气体中每小时捕获 0.5 吨 CO₂。

资料来源：新闻整理，华宝证券研究创新部

3) 电解铁矿石工艺目前仍然停留在实验研究阶段

电解铁矿石工艺目前仍然停留在实验研究阶段。目前可研提出有三种电解方法：水溶液中铁离子的电解沉淀、高温熔盐或熔融氧化物电解。水溶液电解方法包括酸溶液电解沉淀法，碱溶液电解沉淀法。两种方法都在实验室制出了铁样，其中碱溶液方法制出了 1.6kg 铁。但是酸溶液能耗非常大，而碱溶液方法能耗非常低，且不难扩大规模。高温电解法中，研究了熔盐电解法生产固态铁，熔融氧化物电解法生产液态铁。碱溶液电解和高温电解路线将被进一步研究。

4) 海外钢企通过氢冶金和 CCUS 两种模式共同发展推进碳中和的探索

日本制铁：2008 年起手研发 COURESE50，综合运用富氢和 CCUS 技术减碳，目前在君津制铁所完成验证，能够减碳 30%。到 2050 年，将通过 SuperCOURSE50 等高炉氢还原法的开发而从根本上减排 CO₂ 的超革新新技术，力争采用包括 CCUS 碳补偿等多种手段来实现碳中和。

浦项 POSCO：以传统高炉富氢+CCUS，FINEX 全氢冶炼两条路线推进减碳，实现碳中和。氢冶金上探索推进光伏、核电多种制氢工艺商业化。

瑞典钢铁：2020 年 8 月 31 日，HYBRIT 中试工厂投运；2025 年，建立一个 HYBRIT 示范工厂；2026 年，Oxelösund 高炉改造完成；2030 年~2040 年，全部高炉改造完成；2045 年完全实现无化石钢铁制造。

奥钢联：2019 年 11 月，H2FUTURE “绿色氢”中试工厂投运；2020 年底，HYFOR 中试机组投运。

安赛乐米塔尔：2020 年，SIDERWIN 直接电解铁矿石中试线投产；氢基 DRI 示范工厂正处于设计和融资阶段，最初年产能 10 万吨海绵铁；2022 年，Carbalyst® (Steelanol) 示范工厂投运，用高炉废气制造生物乙醇；2021 年，3D (DMXTM) 示范工厂投运，为碳捕获试点项目。

塔塔钢铁：2018 年，Hlsarna 开始工业试验；2027 年，Athos 项目实现碳减排 100 万吨，将排放气体加工成化工原料；2030 年，Everest 项目（碳捕集、存储项目）实现碳减排 300 万吨；2030 年，在荷兰建立年产 100 万吨~150 万吨的工业级示范线。

蒂森克虏伯：2019 年 11 月 11 日，德国杜伊斯堡 9 号高炉注入氢气试验；2022 年，氢气试验扩大到所有 28 个风口；2025 年，第一座 DRI（直接还原铁）工厂投运，年产能 40 万吨；2030 年，氢基 DRI 年产能增加至 300 万吨。

萨尔茨吉特钢铁公司 (Salzgitter)：2020 年第四季度，高温电解槽 (HTE) 投运，风力发电厂投运；2020 年底开始推出绿色钢铁产品；2021 年 3 月，氢基 DRI200 万吨示范线完

成可行性论证。

3.4. 结论：成熟度高、实用性强的低碳冶金技术将在未来十年迎来大规模推广

在未来推进碳达峰、碳中和过程中，电炉炼钢、球团制造、DRI、能效提升等成熟度高、实用性强的低碳冶金技术具备降碳潜力。

十四五粗钢产量进入平台区，同时伴随部分成熟度高、实用性强的低碳冶金技术运用，将更好地促进行业从总量上实现碳达峰。在达峰的基础上，行业进一步推广电炉炼钢、增加球团比、DRI 等技术成熟度高的实用性技术，带动钢铁制造流程工艺的优化，同时各工序能效提升，减少化石燃料消耗，降低碳排放强度，能够较好实现减碳 30% 的目标。最终实现深度减碳、实现碳中和还需要全氢冶金、CCUS/CCS 等技术实现突破；目前以直接还原竖炉为载体开展氢冶金具备零碳可行性，但目前存在较大的成本约束。CCUS/CCS 减排潜力大，但受制于经济、技术、环境等影响，大规模化发展的时机还不成熟。

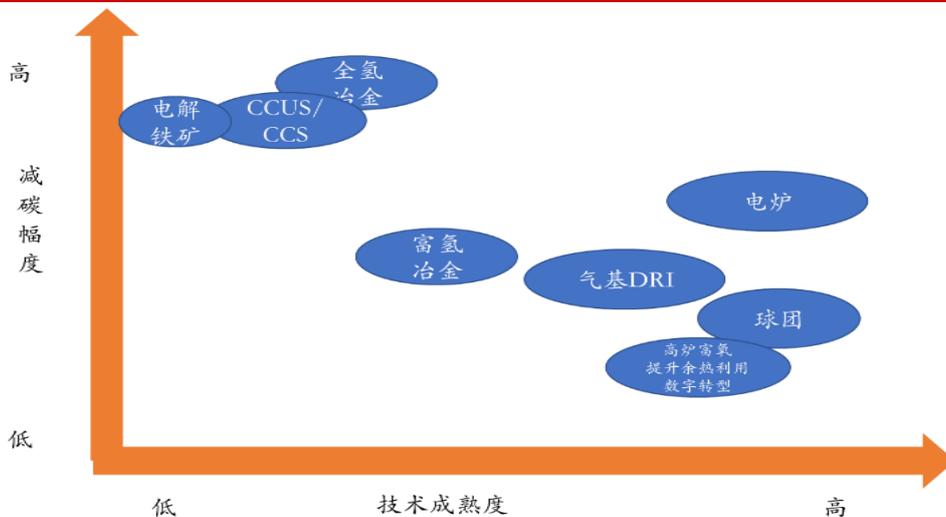
从技术成熟度实用性和减碳幅度两个视角来看，电炉炼钢、球团制造、气基 DRI、能效提升等技术将在未来十年迎来大规模推广；富氢冶金随着工艺进步逐步推广。

表 12：不同工艺优化对吨钢碳排放减少幅度测算

	吨钢碳排放强度减少幅度
电炉炼钢（含 DRI-电炉、纯废钢电炉）	34%-80%
球团替代烧结	3.20%
提高余热余能，行业高炉、焦化平均工序能耗达到最低水平	8%
上游电力结构变化	1.5-2%

资料来源：华宝证券研究创新部

图 40：钢铁行业减碳工艺和技术可行性分布图



资料来源：华宝证券研究创新部

4. 未来十年钢铁行业需要增加万亿规模级别的低碳工艺技术投资

围绕四大成熟度高实用性技术和高炉富氢工业，以及由此引发的工艺结构变化，钢企投资范围涵盖：

表 13：成熟度高、实用性技术投资涵盖范围

	投资范围
电炉炼钢	高效电炉-轧制工厂投资，气基 DRI-电炉-轧制投资
球团制造	带式焙烧机投资
能效提升	高炉富氧改造、钢厂智能化改造、钢厂节能投资
DRI 还原铁	焦炉煤气处理，直接还原铁竖炉、煤气再回收
高炉富氢	焦炉煤气处理、高炉喷吹系统改造

资料来源：华宝证券研究创新部

1) 电炉为核心的系统需要新增投资 3000 亿元规模

根据 mysteel 统计 2020 年原本新建电炉产能 1221 万吨，年底合计产能达到 18225 万吨；但受疫情影响，部分电炉钢企计划开工的项目暂停或者延期到 2021 年；2020 年实际新增电炉产能约 500 万吨，截止 2020 年末国内电炉产能约 1.75 亿吨。电炉钢占比攀升驱动力主要为：

- **减碳驱动：**整体来看，无论是全废钢电炉冶炼，还是 DRI+电炉，废钢、DRI 多种原料混合电炉冶炼，其碳排放强度都均低于目前的高炉-转炉流程。
- **政策驱动：**按照钢铁行业高质量发展意见的征求意见稿，十四五末国内电炉钢产量占粗钢总产量比例提升至 15% 以上，力争达到 20%；废钢比达到 30%。
- **废钢资源释放、成本驱动：**按照 2025 年电炉产能利用率 75%，转炉废钢比 15%，国内粗钢产量维持在 10 亿吨平台区，电炉钢占比要达到 15%，则需要 25000 万吨产能，社会废钢供给量完全能满足要求。2030 年国内粗钢产量小幅下滑至 9.5 亿吨，社会废钢供给 35000 亿吨，电炉钢产能 3 亿吨，基本满足废钢-粗钢平衡。随着废钢供给的逐步释放，废钢价格相比铁水成本优势逐步形成，从 2020 年下半年以来，废钢价格整体低于铁水成本。
- **氢冶金-直接还原铁供给增加、工艺驱动：**随着双碳行动推进，氢冶金-DRI 工艺模式低碳优势逐步体现，电炉原料供给丰富，进一步驱动电炉产能增长。

整体来看，从 2020 年-2030 年国内电炉产能预计增加 1.25 亿吨左右。参照目前国内部分钢企短流程电炉-轧制投资成本 100 万吨在 40 亿元左右，考虑到部分钢厂只需要投资电炉炼钢环节，投资成本将大幅缩减至 10 亿元左右。综合假设一半的钢厂需投资电炉-轧制为核心的新一代电炉短程集成技术，另一半的项目仅需投资电炉。我们认为未来十年短流程电炉以及高效轧制投资带来的新增投资约 3000 亿元。

电炉为核心的系统需要新增投资 3000 亿元规模。新一代电炉短流程集成技术：形成全废钢电炉-精炼炉-连铸机-热轧机等四位一体、一一对应的高效、层流运行的流程结构，发展全废钢电炉流程相关理论，形成针对绿色化与智能化全废钢电炉流程建设及运营的整体解决方案。

表 14: 中国电炉产能

	电炉在建、拟建	电炉淘汰	电炉净新增	电炉产能
2019 年	1380	500	880	17003
2020 年	2311.5	1090	1221.5	18225
2021 年	830	422	408	18663
2022 年	246	35	211	18844

资料来源: Mysteel, 华宝证券研究创新部

表 15: 电炉钢、转炉钢和废钢消耗平衡表

指标名称	转炉钢	转炉废钢比	转炉消耗废钢总量	电炉钢	电炉废钢比	电炉废钢消耗	社会废钢消耗量
2014 年	76,790.00	0.06	5,140.54	5,433.70	0.38	2,088.17	7,228.71
2015 年	75,630.00	0.06	4,746.51	4,745.70	0.36	1,716.66	6,463.17
2016 年	75,660.00	0.06	5,132.52	5,092.80	0.36	1,844.00	6,976.52
2017 年	79,000.00	0.10	8,354.35	8,100.00	0.44	3,597.37	11,951.72
2018 年	83,000.00	0.13	11,033.92	9,800.00	0.46	4,459.88	15,493.80
2019 年	89,330.00	0.13	12,618.23	10,320.00	0.50	5,148.85	17,767.08
2025 年	85000	0.18	16,237.13	15000	0.8	12,000.00	28,237.13
2030 年	70,000.00	0.18	13,368.60	25,000.00	0.90	22,500.00	35,868.60

资料来源: 钢联终端, 华宝证券研究创新部

图 41: 废钢价格和铁水成本对比



Wind

资料来源: 富宝在线, 华宝证券研究创新部

表 16: 部分电炉炼钢项目投资情况

公司名称	投资规模
金盛兰 600 万吨电炉炼钢项目	电炉优特钢项目涵盖电炉—轧制, 总投资约 150 亿元
新钢 100 万吨电炉项目	新建 100t 电弧炉炼钢短流程生产线及配套设施, 总投资约 398752 万元

资料来源: 上市公司公告, 公司环境影响评价公示, 华宝证券研究创新部

2) 以球团替代烧结，同时对目前老工艺改造需要新增投资 1800 亿元规模

中国球团矿总产能约 2.6 亿吨，生产工艺主要有三种：链篦机-回转窑、带式焙烧机和竖炉，产能占比分别为 55%、7%和 38%。2000 年以后，球团生产逐渐由竖炉工艺向链篦机-回转窑工艺转变，如武钢鄂州、湛江龙腾有 500 万吨/年链篦机-回转窑生产线。近年，新建球团生产线大多倾向于带式焙烧机工艺，如包钢年产 500 万吨的 624m² 带式焙烧机，首钢京唐公司三条年产 400 万吨的 504m² 带式焙烧机。

带式焙烧机在环保、能耗、效率上具备一定优势。从竖炉、带式焙烧机、链篦机-回转窑的工艺运行参数指标来看，带式焙烧机在环保、能耗、效率上具备优势。同时根据北京京诚杨晓东等在《球团替代烧结——铁前节能低碳污染减排的重要途径》报告中的研究，对年产 900 万吨铁水工厂，采取不同的矿物加工工艺（烧结或带式焙烧机），不同球团比例下，球团替代烧结虽然在投资和生产成本上略有增加，但从节能、低碳、废气减排方面获得的综合效果是非常显著的。

以球团替代烧结，同时对目前老工艺改造需要新增投资 1800 亿元规模。假设未来 2020-2030 年，国内烧结矿占比逐步下降，球团占比逐步上升到 70-80%。需要新增 5.1 亿吨球团产能。根据世界金属导报统计我国目前 2.6 亿吨的球团产能中，竖炉和小型链篦机-回转窑球团厂的仍占 40%以上，总体上看，装备水平低、产品质量不高、作业率低、能耗高污染重，需要加快淘汰。在企业升级改造过程中应坚持大型化，采用先进的工艺和高效的装备，实现低能耗和低排放。未来有近 1.04 亿吨球团产能需要改造。预计未来十年球团新增及改造产能合计增加 6.1 亿吨。参照目前球团单体投资 500 万吨，约 15 亿元，球团投资约 1800 亿元。

表 17：竖炉、链篦机——回转窑球团、带式焙烧机对比

	优缺点	单机产量 (t/d)	球团质量	基建投资	电耗	环保
竖炉焙烧法	优点：结构简单、维修方便、不需要特殊材料、热效率高。缺点：焙烧不够均匀，生产能力受限制。原料适用性差，主要用于磁铁矿	低	一般	低	高	污染源多，难治理
带式焙烧机	优点：操作简单、控制方便、可以处理各种矿石、生产能力大 缺点：上下层质量不均、台车易损、需要高温合金材料、需铺底料、流程复杂	高	好	中	中	污染源少，易治理
链篦机-回转窑焙烧法	优点：设备简单、焙烧均匀、可以处理各种铁矿石，可生产自熔性球团 缺点：易解劝，维修工作量大	高	好	高	中	污染源中等，易治理

资料来源：世界金属导报，华宝证券研究创新部

表 18：高炉填加不同球团比例下的碳排放、成本对比

生产设备投资	其中：环保设施投资	废气排放量	废气排放总污	总能耗	二氧化碳排放	吨铁生产成本
--------	-----------	-------	--------	-----	--------	--------

	染物负 荷						
基准情景：入炉球团比例 27.72%	100	100	100	100	100	100	--
入炉球团比例 65.24%	105.66	96.03	92.71	77.9	94.1	82.4	增加 31.07 元/吨
入炉球团比例 91.51%	111.32	92.05	85.43	58.8	88.1	64.8	增加 60.82 元/吨

资料来源：《球团替代烧结——铁前节能低碳污染减排的重要途径》，华宝证券研究创新部

表 19：2025 年、2030 年球团需求推算表

(万吨)	转炉钢产量	铁水消耗	入炉矿耗	球团占比	球团产量
2025 年	85000	76654.06	124946.122	50%	62473.06
2030 年	65000	63129.5	102901.085	75%	77175.81

资料来源：华宝证券研究创新部

表 20：部分带式焙烧项目投资情况

公司名称	规模和投资范围
马钢股份	年产 400 万吨的带式焙烧机，工程总投资 149000 万元
三钢球团项目	年产 160 万吨的带式焙烧机，工程总投资 52000 万元

资料来源：上市公司公告，华宝证券研究创新部

3) 以直接还原铁部分取代高炉实现减碳，需要新增投资 700-1000 亿元规模

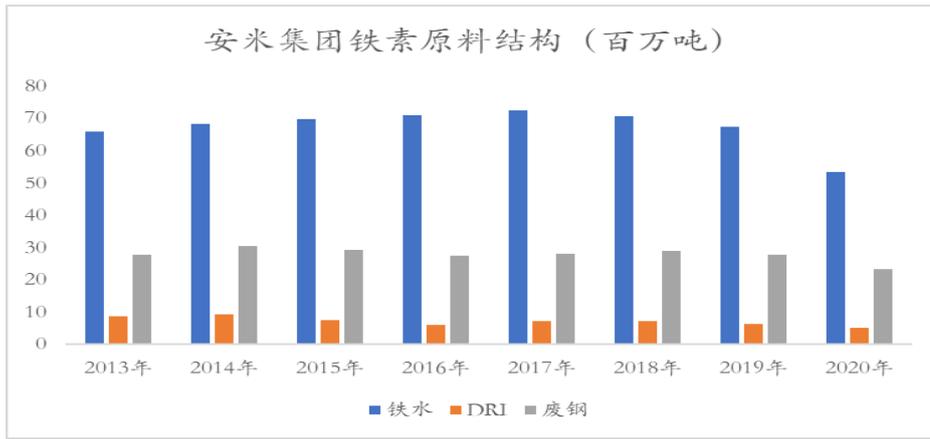
直接还原铁具备较大减排优势。无论是电炉，还是氢冶金，直接还原铁工艺（DRI）相比高炉具有较大的减排优势。国内受制于成本，整体对直接还原铁的消费较少；但在北美、中东天然气价格相对便宜的地区，直接还原铁发展迅猛；欧洲尽管天然气价格昂贵，但部分钢企在海外都建有直接还原铁厂，以安米为例，其直接还原铁占铁素原料的比重在 7%。

其中以煤基回转窑工艺为主。但由于该工艺单机设备能力小、设备数量庞大、环境污染严重等问题，其未来的发展受阻。

随着碳中和战略的推进，目前部分钢企已经探索用焦炉煤气在直接还原竖炉上生产 DRI。2020 年以来先后有山西中晋、河钢、宝钢股份、日钢等公布投资建设直接还原铁炉的项目，尽管目前从规模来看，仍然处于探索阶段。后续如钢企碳排放约束的加大，碳价上升，基于焦炉煤气等气基法 DRI 工艺将有进一步提升。长远来看，随着制氢成本的下降，氢基 DRI 也将会逐步。

参考 MIDEX 发布的最近一项投资，十万吨 DRI 需要 1 亿元。中性状态下如到 2030 年国内 DRI 占铁素原料比接近安米目前的水平（7%），则需要近 700 亿元。如达到 10%的水平，则需要 1000 亿元。

图 42：安米集团铁素原料结构



资料来源：安米集团报告，华宝证券研究创新部

表 21：海外气基直接还原铁竖炉投资情况

	建设地点	产能/万吨.年	投资/亿美元	时间
纽柯钢铁	路易斯安纳州	250	7.5	2013年12月
奥钢联	得克萨斯州	200	5亿欧元	2016年初
博思格钢铁	俄亥俄州	100		2016年
埃萨钢铁	明尼苏达州	250		2016年
美国钢铁	明尼苏达州	160	2.3	2016年

资料来源：MIDREX，华宝证券研究创新部

表 22：中国氢冶炼项目直接还原铁竖炉情况

公司	项目
山西中晋	30万吨氢冶金直接还原竖炉
河钢集团	120万吨氢冶金直接还原炉
宝钢股份	湛江氢基竖炉
日钢集团	50万吨氢冶金直接还原竖炉

资料来源：公司公告，新闻整理，华宝证券研究创新部

表 23：2030 年 DRI 需求和投资规模测算

	DRI 占粗钢料耗比重	需要 DRI 产量	预计投资
中性	7%	7055.65	705.565
乐观	10%	10079.5	1007.95

资料来源：华宝证券研究创新部

4) 以富氢提升高炉能效，降低碳排放需要新增投资达到 2000 亿元规模

浦项 4000m³ 级别高炉富氢单座投资约 24 亿元。从韩国浦项公布高炉富氢项目投资情况来看：在 2 座高炉上实际投入生产，需要投入 8000 亿韩元（约合 48.78 亿元人民币）的资金，在 12 座高炉实际投入生产，预计需要投入 4 万 8 千亿韩元（约合 292.68 亿元人民币）资金，可减少 8.7% 的二氧化碳排放。由于浦项高炉均属于 4000m³ 以上的高炉，整体富氢投资也相对较高。

八钢小高炉富氢投资约 3.9 亿元。八一钢铁在 4 月 13 日公布的年度重点投资计划中提到：公司以 480m³ 氧气高炉富氢还原低碳炼铁项目总投资额 39,000 万元。项目主要建设内容是喷吹焦炉煤气（富氢冶炼）、顶煤气自循环与喷吹（脱碳+加热+炉型改造）、煤粉喷吹系统升级。

高炉富氢预计需要投资达 2000 亿元。目前国内有近 700 座高炉，根据 mysteel 的统计 3000m³ 以上高炉占比 5.8%，2000-3000m³ 高炉占比 8.7%，1000-2000m³ 高炉占比 38%，低于 1000m³ 高炉占比 48.5%。假设到 2030 年国内 1000m³ 以上的高炉有一半富氢，3000m³ 以上大高炉投资接近浦项在 20 亿元左右水平，2000-3000m³ 投资规模在 15 亿元水平，1000-2000m³ 高炉投资需 10 亿元水平，未来 10 年国内高炉富氢投资总额将达到 2000 亿规模。

5) 提高余热余能利用效率，提高自发电比例新增投资超 2000 亿规模级别

2018 年钢铁行业外购电力 6142 亿千瓦时，占能源总消耗比重 12.12%。目前钢铁行业自发电比例在 53%，目前行业内像华菱钢铁已达到 70%。我们认为部分长流程钢厂通过提高余热余能利用效率，自发电比例还有进一步提升空间。考虑到目前国内长流程钢厂占比高，我们认为全行业未来实现自发电比例提升 10% 的可能性较大。意味着可以减少外购电力 1000 亿千瓦时左右，折合标煤约 1300 万吨。

根据包钢股份在 2021 年碳中和债募集说明书中披露的数据，余压余气节能减排项目投资 23.6 亿元。测算钢铁行业余热余能利用效率提升，全行业需增加自发电比例需要新增投资约 2100 亿元规模。

表 24：包钢股份 CCBP 项目投资情况

	年节约标煤	年减排 CO ₂	项目内容	项目总投资额
包钢股份余压余气节能减排 CCBP 发电项目	13.19 万吨	8.84 万吨	两套 165MW CCBP 机组	23.6 亿元

资料来源：包钢股份债券募集说明书，华宝证券研究创新部

整体来看，从技术成熟度和减碳幅度来看，高效电炉炼钢、球团制造、直接还原铁竖炉、富氢冶炼、钢厂能效提升是未来十年实现深度减碳的重要举措，带来的投资规模将达到近万亿元级别。

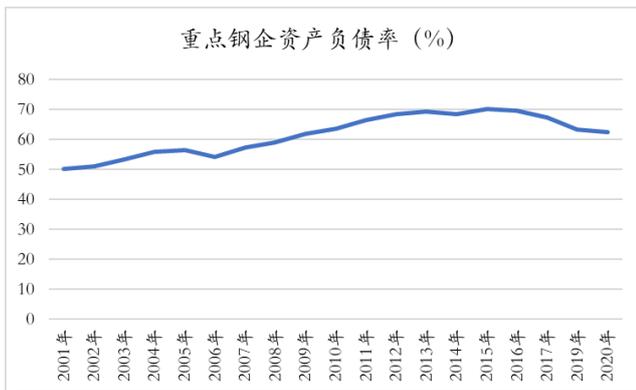
表 25：成熟度高、实用性技术投资规模测算

	投资范围	预计投资规模（亿元）
电炉炼钢	高效电炉-轧制工厂投资，气基 DRI-电炉-轧制投资	3000
球团制造	带式焙烧机投资	1800
能效提升	高炉富氧改造、钢厂智能化改造、钢厂节能投资	>2000
DRI 还原铁	焦炉煤气处理，直接还原铁竖炉、煤气再回收	700-1000
高炉富氢	焦炉煤气处理、高炉喷吹系统改造	2000
	合计	9500-9800

资料来源：华宝证券研究创新部

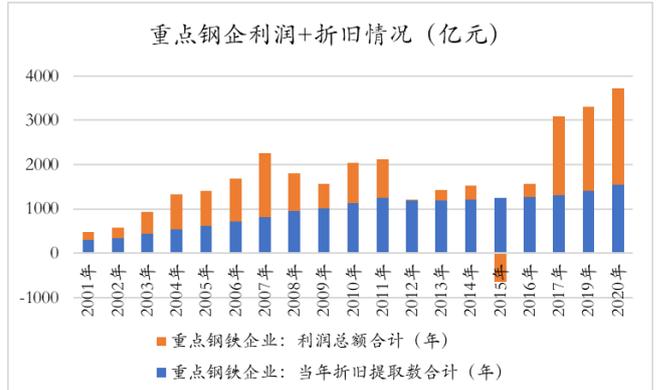
截止 2020 年末重点钢企资产负债率 62.35%，相比 2015 年下行 7.7 个 PCT。2020 年重点钢企利润总计 2164 亿元，计提折旧 1553 亿元；两项合计达 3717 亿元。整体来看，在经历 2016 年以来供给侧改革后，钢企盈利有大幅改善、债务负担降低，完全具备低碳转型的财务基础。

图 43：重点钢企资产负债率



资料来源：中钢协，钢联终端，华宝证券研究创新部

图 44：重点钢企利润+折旧情况



资料来源：中钢协，钢联终端，华宝证券研究创新部

5. 投资建议

国内钢铁行业碳排放主要来自于化石燃料燃烧，在未来的低碳转型道路，目前的高效电炉轧制、球团制造、DRI、富氢冶炼以及钢厂工艺能效提升的技术能够支撑钢企在 2030-2035 年实现减碳目标。经测算未来十年围绕以上工艺技术的投资规模或将达到近万亿元的规模。关注钢铁行业低碳技术提供者--具备服务钢厂低碳技术投资建设的相关企业。

表 26：服务钢厂低碳技术投资建设的相关企业

公司类型	公司名称
低碳技术工程总承包	中钢国际、中国中冶
低碳单体技术	山东墨龙（熔融还原）、陕鼓动力（余热余能回收）
能效提升、智慧制造	宝信软件

资料来源：公司公告，华宝证券研究创新部

6. 风险提示

国内钢铁需求下降幅度大于预期，钢企盈利下滑，行业碳排在供给下降的带动下，自然减少；钢企对实用性低碳技术投资大幅缩减。

风险提示及免责声明

- ★ 华宝证券股份有限公司具有证券投资咨询业务资格。
- ★ 市场有风险，投资须谨慎。
- ★ 本报告所载的信息均来源于已公开信息，但本公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。
- ★ 本报告所载的任何建议、意见及推测仅反映本公司于本报告发布当日的独立判断。本公司不保证本报告所载的信息于本报告发布后不会发生任何更新，也不保证本公司做出的任何建议、意见及推测不会发生变化。
- ★ 在任何情况下，本报告所载的信息或所做出的任何建议、意见及推测并不构成所述证券买卖的出价或询价，也不构成对所述金融产品、产品发行或管理人作出任何形式的保证。在任何情况下，本公司不就本报告中的任何内容对任何投资做出任何形式的承诺或担保。投资者应自行决策，自担投资风险。
- ★ 本公司秉承公平原则对待投资者，但不排除本报告被他人非法转载、不当宣传、片面解读的可能，请投资者审慎识别、谨防上当受骗。
- ★ 本报告版权归本公司所有。未经本公司事先书面授权，任何组织或个人不得对本报告进行任何形式的发布、转载、复制。如合法引用、刊发，须注明本公司出处，且不得对本报告进行有悖原意的删节和修改。
- ★ 本报告对基金产品的研究分析不应被视为对所述基金产品的评价结果，本报告对所述基金产品的客观数据展示不应被视为对其排名打分的依据。任何个人或机构不得将我方基金产品研究成果作为基金产品评价结果予以公开宣传或不当引用。

适当性申明

- ★ 根据证券投资者适当性管理有关法规，该研究报告仅适合专业机构投资者及与我司签订咨询服务协议的普通投资者，若您为非专业投资者及未与我司签订咨询服务协议的投资者，请勿阅读、转载本报告。