

## 市场分析

## 助力碳中和,我国CCUS技术前景可期

近年来,我国高度重视CCUS技术发展,相关技术成熟度快速提高,系列示范项目落地运行,呈现出新技术不断涌现、效率持续提升、能耗成本逐步降低的发展态势。国家出台的多项政策明确将CCUS技术作为重大示范项目进行引导支持,未来CCUS技术在我国实现碳中和目标、保障国家能源安全、促进经济社会发展全面绿色转型、推进生态文明建设的过程中将会发挥更为重要的作用。

**二氧化碳捕集、利用与封存(CCUS)**指将二氧化碳从能源利用、工业过程等排放源或空气中捕集分离,通过罐车、管道、船舶等输送到适宜的场地加以利用或封存,最终实现二氧化碳减排的技术手段,是我国实现碳达峰碳中和目标技术组合不可或缺的重要组成部分。CCUS技术不仅可以实现化石能源利用近零排放,促进钢铁、水泥等难减排行业的深度减排,而且在碳约束条件下增强电力系统灵活性,保障电力安全稳定供应,抵消难减排的二氧化碳和非二氧化碳温室气体排放,最终实现碳中和目标等方面具有重要意义。

## 我国CCUS技术的发展现状

“十一五”时期以来,国家自然科学基金、国家重点研发计划等科技计划持续支持CCUS技术研发,取得了系列成果。与国际对比分析表明,我国CCUS技术与国际先进水平整体相当,但捕集、运输、封存环节的个别关键技术及商业化集成水平有所滞后。

现阶段,我国第一代二氧化碳捕集技术研究取得了显著进展,大部分技术已从概念或基础研究阶段发展到工业示范水平,部分技术已经具备商业化应用能力,但大规模系统集成优化缺乏工程经验;第二代捕集技术处于实验室研发或小试阶段。我国燃烧前捕集技术发展比较成熟,整体上处于工业示范阶段,与国际先进水平同步;燃烧后捕集技术处于中试或工业示范阶段,相比国际先进水平有所滞后,特别是对于目前二氧化碳捕集潜力最大的燃烧后化学吸收法,国际上已经处于商业化应用阶段,我国仍停留在工业示范阶段。富氧燃烧技术方面国内外均处于中试阶段,整体发展较为缓慢,尤其是增压富氧燃烧技术仍处于基础研究阶段。随着第二代低成本捕集技术的不断发展成熟,成本与能耗将明显低于第一代捕集技术;为了进一步降低二氧化碳捕集成本,捕集技术的替代更替应加快推进。

在我国,罐车和船舶运输技术都已开展商业

应用,与国际先进水平同步,而输送潜力最大的管道运输技术刚开展相关示范,相比处于商业应用阶段的国际水平差距显著。

我国二氧化碳生物与化工利用技术与国外发展水平基本同步,整体上处于工业示范阶段。在二氧化碳地质利用与封存技术方面,我国近十年有所发展,尤其是强化深部咸水开采技术已从概念阶段发展到工业示范水平,但仍整体落后于世界先进水平。

在CCUS集成优化技术方面,近十年我国取得了较大的进步。国外CCUS集成优化技术已普遍处于商业化应用阶段,相比之下我国有关技术发展仍显落后,尤其是管网优化和集群枢纽两类技术仅处于中试阶段。

## 我国CCUS技术的示范工程进展

根据科学技术部面向全国征集CCUS示范项目的统计结果,自2004年我国第一个CCUS示范项目在山西投运以来,已投运和建设中的CCUS示范项目共有49个,集中在华东和华北地区;已建成的38个CCUS示范项目,累计注入封存二氧化碳超过 $2 \times 10^6$ t,形成二氧化碳捕集能力 $2.96 \times 10^6$ t/a,注入能力 $1.21 \times 10^6$ t/a。

从技术环节分布看,捕集类、化工与生物利用类、地质利用与封存类示范项目的占比分别为39%(15个)、24%(9个)、37%(14个)。

从行业分布看,主要工业行业均有涉及,覆盖电力、煤化工、石油化工、水泥、钢铁等领域。钢铁行业的CCUS示范项目处于起步阶段,2020年在西昌投运的二氧化碳矿化脱碳渣关键技术与万吨级工业试验项目对钢铁企业烧结烟气进行捕集并矿化利用。

目前,全球CCUS项目发展迅速,截至2021年9月规划、在建和运行中的商业化CCUS设施的数量达到135个,比2020年增加一倍以上,全部建成后每年可捕集二氧化碳约 $1.5 \times 10^8$ t。相关设施的单体捕集量呈现增加趋势,多个项目超过百万吨级,CCUS产业集群化发展趋势明显,促

进了项目成本降低。与国际先进水平相比,我国CCUS技术在大规模示范项目的整体规模、集成程度、离岸封存、工业应用等方面存在较大差距。

● **大规模商业化示范项目较少。**全球处于建设阶段或运行阶段的大规模CCUS项目共有31个,分布在美国(13个)、中国(5个)、加拿大(4个)、欧洲(4个)、中东(3个)、澳大利亚(1个)、巴西(1个);2021年新建设了多个千万吨级CCUS产业集群,其中最大的是“休斯顿航道CCUS创新区”,旨在利用多个CCUS工业碳源并在墨西哥湾近海地层每年封存 $1 \times 10^8$ tCO<sub>2</sub>;处于开发后期或运行中的CCUS产业集群数量达到24个,分布在美国(6个)、英国(6个)、荷兰(4个)、希腊(1个)、挪威(1个)、丹麦(1个)、加拿大(1个)、中国(1个)、中东(1个)、澳大利亚(1个)、巴西(1个)。CCUS产业集群体现了规模经济效应,通过提高压缩、脱水、管道和封存规模来大幅降低碳减排的单体成本。我国新疆CCUS产业中心计划建设规模为 $2 \times 10^5 - 3 \times 10^6$ tCO<sub>2</sub>/a。

● **尚未开展百万吨级全流程集成示范。**目前,国内多数项目都是针对CCUS单一技术环节,与拥有多个全流程CCUS技术示范项目经验的发达国家相比差距明显。截至2021年10月,美国在建和运行中的百万吨级以上的商业化全流程集成运营设施有5个,加拿大有3个;美国、英国、荷兰、挪威、阿联酋等国家建设的CCUS产业集群,不仅重视CCUS全链条技术环节的集成,而且通常涉及电力、石油、钢铁等多个工业行业,统筹协调跨产业的协同发展。

● **二氧化碳离岸封存技术示范滞后。**我国目前还没有海底封存示范项目运行和建设。截至2021年,挪威、美国、巴西、日本等国家都已开展不同规模的离岸封存示范项目,全球海底封存量累计超过了 $2.5 \times 10^7$ tCO<sub>2</sub>;挪威政府近期批准的长船项目,将从垃圾焚烧厂和水泥厂捕集的CO<sub>2</sub>运输到北海近海地下的封存地点进行永久封存,初期每年可注入和封存 $1.5 \times 10^6$ tCO<sub>2</sub>。

● **工业减排领域的CCUS技术示范基础薄弱。**国内已有的CCUS示范项目行业分布不均衡,多数应用于电力、化工行业,没有长期稳定运行的水泥、钢铁行业大规模一体化示范项目。多个国家已经开始开展钢铁、水泥等难减排工业领域的大型示范项目。例如,阿联酋Al Reyadah CCUS项目从钢铁厂排放的烟气中捕集二氧化碳并用于强化石油开采,构成了该国CCUS大型网络枢纽的一部分,每年捕集、运输和注入 $8 \times 10^5$ t二氧化碳。

(内容来源于世界金属导报)

## 国际钢铁

## 奥钢联向安赛乐米塔尔出售得州工厂股份

■ **据中国钢铁工业协会** 日前,安赛乐米塔尔与奥钢联达成收购美国得克萨斯州热压铁块(HBI)工厂80%股权协议,奥钢联继续持有该工厂20%股权。

奥钢联得克萨斯州HBI工厂于2016年10月投产,采用MIDREX工艺技术,设计年产200万吨HBI,是世界上同类HBI工厂中最大工厂之一。目前采用的是天然气直接还原铁技术,HBI产品中的铁含量超过91%。HBI是采用直接还原铁矿石生产的优质原料,既可用于电炉炼钢生产钢水,也可以用于高炉,降低焦炭消耗。

在签署收购协议的同时,安赛乐米塔尔与奥钢联签署了一份长期采购协议,向其位于奥地利的多纳维茨和林茨厂提供与奥钢联股权相当的HBI产量。剩余部分将根据现有供应合同出售给第三方和安赛乐米塔尔的子公司(包括安赛乐米塔尔与日本制铁在美国的合资公司Calvert厂,该工厂具有150万吨的电炉产能,预计2023年下半年投产)。

安赛乐米塔尔首席执行官表示,这是一项极具吸引力的战略收购,它加快了安赛乐米塔尔为电炉生产高质量金属原料的进程,也加快了安赛乐米塔尔的全球脱碳进程。

## 美国一季度钢铁进口量同比增长

■ **据中国钢铁工业协会** 根据美国商务部日前发布的钢铁进口监测分析数据,2022年第一季度,美国钢铁进口量和成品钢材进口量分别为847.1万吨和669.7万吨,分别同比增长了27.8%、50.1%。其中,3月份美国钢铁进口许可量为307.8万吨,相比2月份的233.3万吨增长了32.0%,相比2月份实际进口量的234.8万吨增长了31.1%。此外,3月份美国成品钢材进

口许可量为257.8万吨,相比2月份的184万吨增长了40.2%。据悉,美国3月份许可进口量大幅增长(与2月份相比)的钢材品种包括标准钢管(增长89%),线材(增长79%),管材(增长67%),热轧板(增长62%)。

2022年第一季度,美国钢铁前三大进口来源地依次为加拿大(163.8万吨,同比下降5%)、墨西哥(153.1万吨,同比增长59%)、巴西(94.5万吨,同比下降24%)。

## 绿色低碳冶金

## “元宇宙”实践运用:

## 浦项将创建氢基还原炼铁虚拟钢厂

■ **据世界金属导报** 近期,浦项集团计划利用Metaverse(元宇宙,虚拟现实)和数字孪生技术建立一个虚拟钢厂,该虚拟钢厂很可能首先用于测试碳中和的核心技术——氢基还原炼铁工艺。

浦项集团近期特别成立了一个工作组,致力于开发钢铁Metaverse解决方案。最终目标是在2040年前开发出氢还原炼铁技术,并在2050年前逐步将现有高炉工艺替换成氢基还原炼铁工艺。截至目前,氢基还原炼铁工艺仍然是一项突破性技术,要想真

正实现商业化应用,还需要巨大的研发投入。浦项方面估计,开发这项创新技术的成本将达到30万亿-40万亿韩元。

从长远来看,使用Metaverse和数字孪生技术在虚拟空间中建设氢基还原炼铁工厂可以显著降低施工成本。因为这种方法没有物理限制,可以更容易、更方便地进行各种尝试,并且几乎可以实时进行必要的成本核算。即使模拟结果以失败告终,风险负担也很小,因为整个实验过程都是在虚拟空间中进行的。

## 碳排放接近于零:

## 普锐特冶金技术开发氢基粉矿还原工艺

■ **据世界金属导报** 普锐特冶金技术有限公司开发的氢基粉矿还原(HYFOR)工艺是向无碳氢基直接还原迈出的重要一步。日前,普锐特冶金技术对奥地利奥钢联多纳维茨钢厂建设的氢基粉矿还原(HYFOR)试验厂进行了调试,首批测试获得成功。

该工艺不需要任何造块工序(比如烧结或球团)即可使用铁精粉的创新型直接还原工艺;使用100%氢气作还原剂,可使碳排放量减少到接近于零;能够以粒度全部小于0.15毫米的精矿粉为原料的工艺。

HYFOR试验厂还将测试不

同类型的铁矿,并且为下一步的规模扩大搜索最佳工艺参数。如果运行顺利,还将增加一套热压块铁(HBI)设备,以测试热压块铁环节及HYFOR技术所能达到的热压块铁质量。

由于钢铁行业减排的要求十分强烈,加上世界各地投入运行的电炉数量越来越多,DRI/HBI的用量预计将持续增长。钢铁企业面临的另一个挑战是铁矿石品位下降,使其必须进行选矿。为了推动无碳钢铁生产主要使用氢气的工艺获得普及,普锐特冶金技术开发的HYFOR新工艺考虑了上述所有因素。

## 智慧赋能

## 河钢发布WisCarbon碳中和数字化平台

■ **据世界金属导报** 日前,河钢数字联合河钢战略研究院,在业内发布WisCarbon碳中和数字化平台。该平台是在世界钢铁协会、中国钢铁工业协会的指导下,基于河钢数字WeShare工业互联网平台和河钢钢铁制造流程而自主研发的第三方平台,致力于为钢铁及上下游行业、企业精准降碳提供全流程数字化解决方案服务。

WisCarbon碳中和数字化平台是以碳足迹和碳数据管理为核心,具有完全自主知识产权的具象实体产品,主要包括CTrace、CManage、CTrading、CGHG、CMoni、CGSP等子平台,其中,CTrace碳足迹子平台从产品层面开展全流程碳足迹计算和分析,为下游行业用户产品碳足迹核算提供数据分析服务;同

时,对下游行业用户开展绿色低碳产品设计,搭建绿色低碳产品生产体系提供数据分析支持服务,实现跨领域协同降碳。CManage碳数据管理子平台从企业层面实现对钢铁企业全流程碳数据的采集、监视和分析,帮助企业摸清碳家底,完成碳核算;为钢铁企业实施碳中和目标管理、碳资产开发等方面提供一系列端到端的系统解决方案服务。

下一步,河钢数字将与河钢战略研究院联合成立“碳中和数字化创新工作室”,加强平台迭代升级,拓展应用范围,完善产品功能,面向工业企业、行业组织、政府机构,推动WisCarbon碳中和数字化平台实施碳中和目标,在实现碳达峰碳中和的发展道路上贡献更多的“河钢智慧”,携手建设绿色低碳协同发展的产业生态圈。

## 行业动态

## 河钢舞钢获得高锰钢钢板工厂认可证书

■ **据世界金属导报** 日前,河钢集团舞钢公司高锰奥氏体低温钢喜获中国船级社工厂认可证书。这是我国钢铁企业首张高锰钢钢板工厂认可证书,表明河钢舞钢已完全自主掌握高锰钢钢板生产技术,获得了高锰钢钢板的广阔市场通行证。

## 酒钢自主研发陶瓷耐磨堆焊技术

■ **据世界金属导报** 将精心设计的药粉按比例加入焊条药皮,在堆焊工艺作用下,形成碳化物金属陶瓷微颗粒,并弥散分布于堆焊合金体内,相当于给设备加装了“保护罩”,可提高堆焊合金的耐磨性能并延长服役寿命。这是酒钢自主研发的陶瓷耐磨堆焊技术成功应用后带来的直接效应。经专家鉴定,该技术达到国际先进水平。

目前,该技术已形成集焊材、焊接工艺于一体的、完整的成套技术体系,获发明专利4项。

## 德龙镍业2680毫米不锈钢热轧连轧生产线投产

■ **据世界金属导报** 日前,德龙镍业溧阳德龙金属科技有限公司2680毫米热轧连轧项目顺利过钢,第一卷产品下线,标志着世界单体产量最大、产品宽度最大的不锈钢生产线顺利投产。该生产线是目前全球最大宽度不锈钢热轧带钢生产线,总投资176亿元,主要生产高端不锈钢300系列产品,其中316L、321、双相等产品可以大量替代进口,满足国内核工业、化工行业、海洋工业的用钢需求。

## 普阳钢铁100毫米特厚Z向钢板顺利交付

■ **据世界金属导报** 近日,由普阳钢铁集团3500毫米双机架中厚板厂生产的100毫米厚Q355B-Z15一次性成功交付客户使用,其中韧脆转变温度低于零下20℃,Z向收缩率40%以上达到Z35水平,超声探伤T1级100%合格,打破了邯郸地区T1级探伤板最厚80毫米的生产纪录。



比利时两大港口安特卫普港和泽布吕赫港日前正式合并为安特卫普-布鲁日港,该港成为欧洲最大出口港、最大汽车港和最大综合化工集群。图为比利时安特卫普-布鲁日港。新华社 供图

## 专家观点

## 中国钢铁业碳中和不是盲目减产量

■ **据中国钢铁新闻网** 中国是世界最大的钢铁生产和消费国,钢铁业也是中国除了电力之外碳排放量最大的行业。多位专家在日前举办的“2022(第十三届)中国钢铁发展论坛”上表示,钢铁业碳达峰碳中和是个复杂庞大的系统工程,需要破除三大认知误区。

● **高质量发展不等于不要发展。**全国政协常委、经济委员会副主任傅伟民表示,钢铁行业减碳不能仅从行业自身出发,而应从国民经济全局出发,要把握好多重目标的平衡。他指出,不同目标之间存在层级关系。比如,共享、绿色、开放属于发展的方式,落脚点还是要发展。减碳是发展理念、发展思路、发展方式的重大变革,必须建立在发展的基础上,不能因减碳而削弱生产力。

冶金工业规划研究院党委书记、总工程师李新创也表示,对钢铁业来说,减量、低碳、绿色发展不等于不发展,也不意味着短时间内大量关停钢厂或者减产。

工业和信息化部原材料工业司司长陈克龙指出,提供高品质高端的钢铁产品和服务供给,维护产业链、供应链稳定高效运转,是钢铁工业发展的核心使命。如果钢铁供给出现问题,国计民生、国防军工、科技等各领域都会受到重大影响。他指出,要处理好控产能、控产量和保供稳增长的关系,要在保障有效供给,满足有效需求的情况下,坚定不移巩固去产能的成果。

● **需求未降,不能先减产量。**杨伟民表示,在生产与消费之间,要先减消费,再减产量,否则就会带来钢材价格的上升,从而冲击包括建筑、汽车、机械、家电等众多的下游行业。

中国钢铁工业协会党委书记何文波指出,中国钢铁工业实现碳中和是一项系统工程,需要根据不同阶段国民经济及钢铁工业自身发展客观需要,综合技术发展状况,科学统筹谋划,分阶段、分步骤、合理有序推进。

业内预计,中长期来看,中国的钢铁消费仍会保持在一个相对较高的水平。“十四五”时期中国钢铁生产消费总体将维持在10亿吨规模的高位水平。

● **不能单纯依赖某一项技术或工艺。**作为一个系统工程,钢铁业的低碳发展也不能单纯靠某一项技术或者一窝蜂地以短流程工艺替代长流程。

有人认为,氢气还原将可能带动工艺流程新的技术革命,实现钢铁行业的低碳转型。但中国工程院院士、原冶金工业部副部长殷瑞钰坦言,假设2040年氢冶金的比例占到8%,2060年占到25%,根据模型计算,它对行业脱碳的贡献率也仅为9%。以模型来看,除氢冶金外,殷瑞钰表示,未来40年粗钢产量下降对脱碳的贡献率最高,达45%,废钢利用因素(其中,全废钢电炉流程因素约占35%)达到39%,节能、界面技术、智能化等贡献率为7%。钢铁业低碳转型也不能仅靠发展电炉流程。