

# 工业余热变电添新招

## 超临界二氧化碳发电技术实现商业应用

近期,被称为“超碳一号”的全球首套2×15兆瓦超临界二氧化碳燃烧余热发电工程,在贵州六盘水成功实现商业运行。这套看似和传统烧结余热发电设备差别不大的装置,藏着热转换领域的“黑科技”——用超临界二氧化碳替代水蒸气发电,标志着我国率先打通这项前沿技术从实验室到商业应用的“最后一公里”,开启了热转换的全新阶段。

日前,记者走进首钢水城钢铁(集团)有限责任公司厂区发现,和传统发电机组工作时的水蒸气弥漫不同,“超碳一号”运行时干净整洁。正是这套设备,让钢铁生产中原本利用率不高的余热,变成了源源不断的“绿色电能”。

### 发电更加节能

不管是传统火电、核电,还是常见的余热发电,长期以来都依赖“烧开水”的逻辑——把水加热成蒸汽,靠蒸汽推动汽轮机发电。而“超碳一号”的核心突破,就是把能量转换的媒介物质从水蒸气换成了超临界状态的二氧化碳。

什么是“超临界二氧化碳”?简单说,就是给二氧化碳施加特定的温度和压力,让它变成一种特殊状态:既有气体的流动性,又有液体的高密度。当温度超过31摄氏度、压强达到7.38兆帕(大概是标准大气压的73倍)时,二氧化碳就会进入这种状态。

在“超碳一号”设计团队看来,这种特殊状态的二氧化碳,是发电的“好帮手”。一方面,它密度大,能储存更多能量,做功能力更强;另一方面,它流动阻力小,加热后可以直接膨胀推动发电,不用像水那样经历气液态之间的相变过程,不仅流程更简单,响应速度也更快。

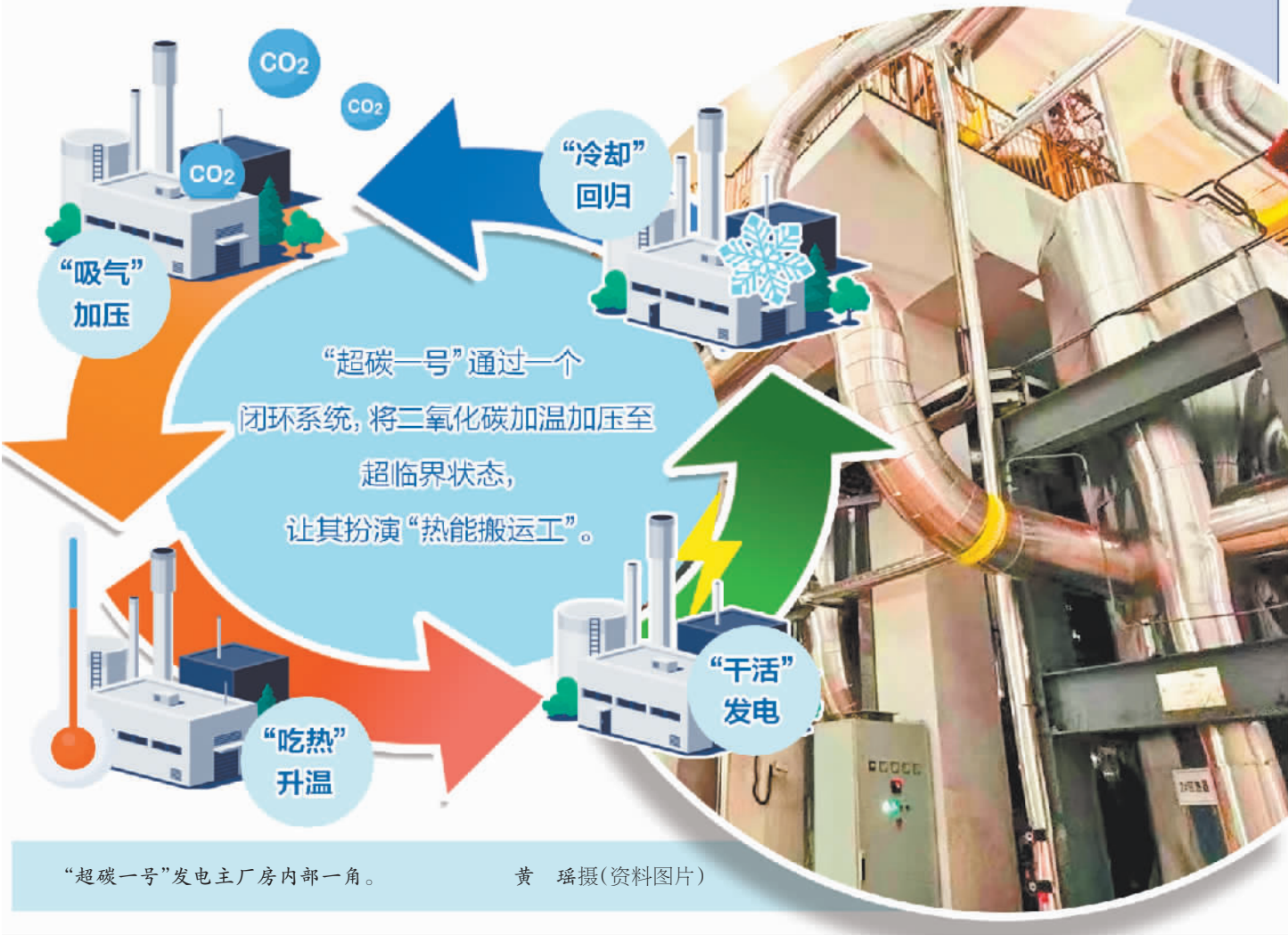
这一改变带来了一连串优势:首先,它既不消耗水资源,也不会产生废水。这对缺水地区和高耗水的钢铁企业来说,无疑是重大利好。其次,设备更紧凑,“超碳一号”的占地面积比同等功率的蒸汽发电系统大幅度减少。最后,它对热源的要求也不高,钢铁生产中350摄氏度到600摄氏度的余热,就能满足它的运行需求,而这些余热在传统发电技术中利用效率较低。

首钢水钢集团设备工程部副部长孟玮给出了一组直观数据:和当前主流的烧结余热蒸汽发电技术相比,根据应用场景不同,“超碳一号”的净发电效率可提高20%—50%。这意味着,过去利用效率不高的工业余热,现在能更高效地转化为电能。

### 首次商业运行

超临界二氧化碳发电技术的优势早被业界认可,被誉为热转换领域的革新性技术。美国在2015年就将其列为国家能源领域战略性前沿技术,我国也在《“十四五”能源领域科技创新规划》中将其列为重点推进的前沿能源技术。

但从理论上的推演,到实验室的小范围测试,再到工业场景的大规模商业应用,中



“超碳一号”发电主厂房内部一角。黄 瑀摄(资料图片)

间横亘着无数难题。对企业来说,采用全新的未成熟技术,意味着要承担不小的风险,很多企业都不敢轻易尝试。

中国核动力研究设计院的团队从2009年就开始钻研这项技术。在中核集团首席科学家、“超碳一号”总设计师黄彦平的带领下,团队用7年时间完成了基础理论研究和试验平台搭建,2016年进入实验室测试,2019年实现小规模发电验证。就在技术需要“落地”的关键节点,首钢水钢集团也迎来了设备更新换代的契机。

“我们不算短期风险账,只看长远发展账。”孟玮回忆起当时的决策,“‘超碳一号’能把中低温余热‘吃干榨净’,不管是节能减排还是降本增效,都能带来颠覆性变化,这个险值得冒!”最终,首钢水钢集团决定联合中核集团中国核动力研究设计院、济钢集团国际工程技术有限公司,共同推进这个全球首套项目。

2023年底,“超碳一号”正式动工。2025年11月,“超碳一号”并网发电调试成功,一个月后顺利实现商业运行,我国就此成为全球首个将这项技术商业化的国家。

### 带来多重利好

“超碳一号”的商业运行,给我国能源利用、产业升级和民生改善带来了多重利好。从企业效益的角度看,它能让工业余热

“变废为宝”,大幅提升企业盈利能力。孟玮算了一笔账:相比首钢水钢原来的老旧机组,“超碳一号”每年能多发电7000余万千瓦时。对钢铁、水泥等高能耗产业来说,这项技术就像“能量回收器”,能把原本浪费的热量转化为经济效益,助力传统产业降本增效、绿色转型。

从生态环保的角度看,它是实现“双碳”目标的重要助力。黄彦平测算,要是把这项技术推广到全国的烧结余热改造项目,每年能节约标准煤约483万吨,减少二氧化碳排放1285万吨。更重要的是,它水耗较低,在我国西北、华北等缺水地区推广,能有效缓解“煤电耗水”与“水资源短缺”的矛盾,能在能源发展与生态保护之间找到平衡点。

从能源安全的角度看,它能丰富我国的能源供给路径。这项技术可与风电、光伏等新能源搭配使用。比如,用风电、光伏的富余电力加热熔盐储存能量,需要时再通过超

临界二氧化碳发电系统把热能快速转化为电能,解决新能源“不稳定”的痛点。目前,中核集团已启动“熔盐储能+超临界二氧化碳发电”示范项目,入选国家能源领域首台(套)重大技术装备名单,预计2028年完成示范,未来将进一步提升我国能源供应的稳定性和灵活性。

济钢集团国际工程技术有限公司“超碳一号”项目负责人李军卫表示,超临界二氧化碳发电技术尤其适合中小功率规模、中高温热源场景,在钢铁行业除了烧结外,还可以跟焦化等其他环节结合,也可用于化工、水泥、玻璃等多个传统行业的余热回收发电,大幅提升能源利用效率。

如今,我国已基本建立超临界二氧化碳发电技术的产学研用体系,形成了全国产业化链条,具备了全面工程应用的条件。这项技术未来还将渗透到多个领域,为我国实现“双碳”目标、保障能源安全注入强劲动力。



“超碳一号”项目控制室。汪本雄摄(资料图片)

近日,媒体曝光的火锅行业腌制肉乱象,引发社会广泛关注。部分火锅店的腌制肉配料表繁杂,动辄20余种添加剂让人眼花缭乱,更有商家违规添加嫩化剂,用腌制肉冒充原切肉。此类行为不仅损害了消费者的合法权益,更加重了大众对火锅店现制食品安全的担忧。

火锅行业的“鲜”字招牌,既需要食材的新鲜基底,更离不开加工环节的透明化保障。如今,不少火锅店推行明厨亮灶,消费者能看到切配、出菜的流程,却难以揭开腌制肉配料的面纱。应当明确,食品添加剂本身并非洪水猛兽,但刻意隐瞒成分与剂量,只会加剧消费者对食品安全的担忧。

餐饮消费,看得见的安心才是真放心。加工过程透明化,既是对消费者知情权、选择权的尊重,也是餐饮企业自律与诚信经营的直接体现。在健康饮食理念深入人心的当下,人们不仅希望吃得美味,更渴望吃得明白。预包装食品实行强制标注成分表的规定,让消费者能清晰了解食品成分,而火锅店腌制肉的添加剂使用情况却长期处于监管盲区,亟待补齐制度短板。

筑牢火锅食品安全防线,需要多方协同发力。监管部门应强化对腌制肉添加剂量使用的日常核查,督促商家落实主体责任。同时,餐饮企业也应主动建立配料公示制度,在菜单上标注腌制肉的配料与添加剂信息,或是通过线上渠道公开配方,在“明厨亮灶”的同时做到“配料透明”。

食品安全无小事,餐饮行业的生命力在于诚信。火锅店的“星级”评定不应只看环境与服务,更要将食品安全作为核心指标。毕竟,再诱人的美味,也抵不过“放心”二字的分量。这才是餐饮行业行稳致远的立身之本。

李思雨

## 2026年首周新发数创12周新高——

# 公募基金发行提速

本报记者 尚 咲 马春阳

□ 对机构而言,部分新产品可能面临“好发不好做”的挑战,应关注发行窗口市场情绪与后续实际投资环境可能存在的差异,同步深化投资者教育与适当性匹配工作,减少部分投资者基于短期热度而非长期配置需求进行决策带来的风险。

□ 面对节奏加快的市场,投资者应保持理性与稳健,结合自身实际配置资产。

基金发行热也离不开相关政策的引导和支撑。2025年5月,中国证监会印发《推动公募基金高质量发展行动方案》,提出大力提升公募基金权益投资规模与占比,促进行业功能发挥。今年1月1日起正式实施的《公开募集证券投资基金销售费用管理规定》进一步让利基金投资者,鼓励长期持有,引领资本市场“长钱长投”。

在45只新发基金中,名称含“科技”或“科创”字样的产品共11只,占总数的24.44%。多位基金经理提到,看好2026年人工智能产业进展、科技创新浪潮带来的业绩驱动机会。融智投资FOF基金经理李春瑜介绍,在政策支持和产业结构升级的双轮驱动下,科技创新领域仍是资金

机构抢占份额。

基金发行端的热闹景象既考验管理人的差异化投资能力,又丰富了投资者的产品选择。刘祥东认为,对机构而言,部分新产品可能面临“好发不好做”的挑战,应关注发行窗口市场情绪与后续实际投资环境可能存在的差异,同步深化投资者教育与适当性匹配工作,减少部分投资者基于短期热度而非长期配置需求进行决策带来的风险。

对新产品而言,资金不仅要走进来,更要留下来,重要的是以长期稳健的业绩回馈持有人。面对密集新发可能带来同质化拥挤、募集分化等问题,马琳琳认为,未来行业竞争的重点将从首发规模转向持有体验与获得感,更重视长期业绩兑现、风险控制、投后陪伴与买方投顾能力建设等。在能力端,人工智能或将更深度嵌入投研与风控流程,提升对复杂数据与跨资产配置的处理效率,全球配置型产品需求也可能继续升温。

面对节奏加快的市场,投资者应保持理性与稳健,结合自身实际配置资产。刘祥东建议投资者,首先,要评估新产品是否符合自身长期财务规划与风险承受能力,避免追逐短期热点;其次,强化产品甄别,重点考察基金管理人的历史业绩、投研团队稳定性及投资策略的清晰度和可执行性,而非仅仅关注营销概念;最后,建立合理收益预期,认识到发行时点并非投资成败的决定因素,应将长期持有与定期评估相结合。

## 山东为什么有个雪窝子

问:近日,“山东威海深夜下起‘倾盆大瓢雪’”登上热搜。不少网友直呼:“这雪景确定不在东北?”威海一片苍苍的景象,颠覆了部分人对山东的认知。这究竟下的是什么雪?

答:山东的雪多为“冷流雪”。所谓冷流雪,也称“冷流降雪”。海上富含水汽,而且海水的水温在冬季相较内陆的地表温度更高,所以海面上方的空气相对温暖而湿润。当冷空气南下时,海面上方的暖湿空气升至一定高度时,就会凝结成雪花飘落下来,形成降雪。

不同于一般性降雪,冷流雪对流性、局地性明显,易出现积雪。

每年冬天,烟台、威海的降雪都以冷流雪为主,占总降雪日数的比例高达80%以上。烟台莱山机场气象统计资料显示,当地冷流雪年平均日数达39天左右。

### 海滨雪域风貌

“雪窝子”是山东地区方言中对冬季降雪量显著偏大区域的形象化称谓。烟台、威海两个海滨城市,由于冬天降雪偏多,而形成独特的海滨雪域

风貌。由于烟台、威海两地位于东、南三面环海,海洋热容量大,冬季海水温度的变化较气温及陆地的变化要平缓得多。当南下的冷空气经过渤海海面时,与海水温度相差较大,低层空气增温、增湿,为空气对流运动提供了条件,使之在近海面形成具有一定对流性的层积云并产生降雪。

另外,山东半岛北部沿海丘陵山地的地形抬升和海岸的摩擦,会迅速把暖湿气流抬升到凝结高度以上,也会对降雪起到增幅作用。

### 及时关注预警

公众要及时关注气象部门发布的暴雪、寒潮及道路结冰预警信号,合理规划出行时间和路线。雪天出行尽量不骑电动车和自行车,步行出门要选择防滑的鞋子,走路时宁可踩在厚厚的积雪上,也要避开浮冰和积水。

雪天行车要注意减速避让行人和非机动车,避免抢行。外出途中还要尽量远离树木、广告牌和临时搭建物等易被积雪压倒的危险区域,避免被砸伤。(文/本报记者 郭静原)



更多报道  
请扫二维码