

中国首个百万吨级CCUS诞生记

创新故事

◎本报记者 王延斌

寒冬时节，黄河三角洲中心城市东营。中国石化胜利油田勘探开发研究院CCUS（即二氧化碳捕集、利用与封存）重点实验室里，该院总地质师曹小鹏正在小心翼翼地分析着30多块小石头。

“这些不是普通的石头。”曹小鹏向在场的科技日报记者介绍，“它们大有来头，都是从地下3000米、120℃的环境中提取出来的岩芯。”

利用这些岩芯，胜利油田的科研人员模拟地下环境，开展二氧化碳驱油封存实验。从基础研究到应用研究，再到工程实践，四代科研工作者接力奋斗55年，最终成就了中国首个百万吨级CCUS。

把碳封地下，把油驱出来

在“双碳”目标下，减少二氧化碳排放，是当务之急。而在胜利油田科研人员眼中，二氧化碳则是增产石油的宝贝。

开采油田的传统做法，是将水注入地下，将石油驱赶上来。但随着开发时间变长，地下的油越来越少，部分油藏含水升高，导致水驱油效率降低，采油成本也随之升高。

用二氧化碳替代水这个想法，早在20世纪便已酝酿。但当时“把碳封地下，把油驱出来”的想法落地太难，属于科研“无人区”。

1967年，在胜利油田勘探开发研究院（以下简称研究院），27岁的曹银盛凭着石油人的踏实、激情和韧劲，义无反顾地投入到二氧化碳驱油研究。他与同事们一砖一瓦地建起了气驱试验室，解决了影响二氧化碳驱油效率的原油物性、压力、温度三大因素等一批理论问题，成为该领域第一代“驱油人”，奠定了二氧化碳驱油研究的基础。

沿着“基础研究取得进展，带动应用研究创新，实现核心技术突破”的科研链条，一场接力赛在研究院持续展开。进入21世纪，以张传宝为代表的第二代“驱油人”接了棒。

张传宝团队利用二氧化碳进行近混相驱

先导试验，虽然证明二氧化碳驱油行之有效，但效果并不理想——原因在于地下压力不足，导致二氧化碳未能液化。他们由此提出，将二氧化碳与原油混为一体，或许是提高驱油效果的关键。

但问题随之而来：多大压力才能让油和气在地下形成混相？

“接着焖！不到40兆帕坚决不开井！”在胜利油田同类油藏的樊142区块，科研人员死死盯住一口注入井，从2013年干到2016年，从17兆帕干到40兆帕……

“开井！”“成了！”当黑色的液体喷薄而出，洒向天空的那一刻，第二代“驱油人”喜极而泣。

打通技术堵点，练就“独门绝技”

当前，我国CCUS正处于工业化示范阶段，部分关键技术较国际先进水平仍有差距。“保障能源安全是国家交给的任务，瞄准核心技术进行攻关，是我们义不容辞的责任！”作为第三代“驱油人”，中国石化胜利油田注汽技术服务中心二氧化碳项目部副经理赵铁军有着满满的使命感。

2010年，赵铁军刚一毕业，便一头扎进正在进行二氧化碳先导试验的高89—1区块。

此时，二氧化碳驱油已经得到验证，但如何将二氧化碳安全高效地注入地下，是让人头疼的“拦路虎”。

要“打虎”过关，先得有装备。高压精确流量计就是二氧化碳注入装备的“眼睛”。有了它，才可能实现一泵对多井同时注入。赵铁军参照过国外计量技术路线，却一直无法突破超高压精确质量计量的瓶颈。

半年时间里，赵铁军和同事们在现场测取了上万组数据，经过上千次反复试验，团队最终把当时国际在用的最高达到25兆帕的二氧化碳密度图版，延伸到了40兆帕，再将密度图版集成到通用体积流量计中，实现了液态下二氧化碳的精确质量计量。

第三代“驱油人”在突破计量技术的基础上，又创新研发了低温高效密闭注入装备，形成了具有完全自主知识产权的关键技术体系，破

解了二氧化碳注入零排放、分压分注、低温计量等一系列高挑战难题，打通了CCUS产业链的技术堵点，被外界称为“独门绝技”。

胜利油田现场实践数据显示，二氧化碳驱油效率比水驱提高40%，封存率一次可达60%—70%，最终达到100%。

既是出题者攻关者，也是应用者引领者

在打造原创技术策源地这条路上，胜利油田同时扮演着出题者、攻关者、应用者、引领者等多重角色，但扮演好每一个角色都很难。

解决了注入问题，新难题又来了：“防窜”。简单而言，就是如何让二氧化碳“老老实实”地待在地下。

从10分钟到30分钟再到60分钟，十年时间里，二氧化碳泡沫维持时间不断被刷新，一次封存率突破70%。随着“防窜”技术不断完善，胜利油田初步形成了低成本捕集技术、管道安全输送技术等CCUS全产业链六大技术系列。

2020年，“接力棒”传到了第四代“驱油人”郑文宽的手中。他和同事们正在攻克难题是：重现流体在地下油藏的流动过程，制定更为科学的开发方案，采出更多石油。而胜利油田也正在加快拓展二氧化碳驱油与封存技术应用领域，逐步扩大驱油与封存规模。

目前，“齐鲁石化—胜利油田百万吨级CCUS项目”已投入运行，该项目预计2025年可增油近300万吨，每年减排二氧化碳100万吨，相当于植树近900万棵。

从设想到实践，胜利油田的四代“驱油人”接力攻关，掌握了从二氧化碳捕集、混相驱到封存等关键理论技术，探索出了一条独具特色的CCUS之路。

党的二十大报告提出，加大油气资源勘探开发和增储上产力度，加快规划建设新型能源体系。“不论对环保界还是对能源界来说，这都是一件大事！”胜利石油管理局有限公司执行董事、党委书记，胜利油田分公司代表牛栓文说，“发展CCUS，就是要蹚出增油固碳产业化发展新路子，促进区域经济社会发展和黄河流域的生态保护，扛起生态文明绿色低碳发展的央企担当！”

坚定不移走好高质量发展之路

——以习近平同志为核心的中共中央引领中国经济行稳致远述评

◎新华社记者

驶过十年非凡历程的中国经济航船，来到了新的历史起点——

回望来路，成绩彪炳史册，新时代十年，我国经济实力实现历史性跃升，国内生产总值翻了一番，对世界经济增长的平均贡献率

超过30%；发展平衡性、协调性、可持续性明显增强，迈上更高质量、更有效率、更加公平、更可持续、更为安全的发展之路。

展望未来，面对复杂严峻风险挑战和艰巨繁重任务，中国经济的韧性进一步凸显、潜力和活力持续释放，多方面优势和条件构筑有力支撑，长期向好的基本面不会改变。

稳字当头，稳中求进。

踏上全面建设社会主义现代化国家新征程，在以习近平同志为核心的中共中央掌舵领航下，在习近平经济思想科学指引下，全党全国各族人民自信自立、迎难而上、团结奋斗，推动中国经济沿着高质量发展航道破浪前行，向着更加光明的未来行稳致远。

（下转第三版）

习近平向第十五届中国—拉美企业家高峰会发表书面致辞

新华社北京12月15日电 12月14日，国家主席习近平在第十五届中国—拉美企业家高峰会开幕式上发表书面致辞。

习近平指出，中国将坚持对外开放的基本国策，坚定奉行互利共赢的开放战略，坚持经济全球化正确方向，不断以中国新发展为世界提供新机遇，推动建设开放型世界经济，更好惠及包括拉美和加勒比国家在内的各国人民。中国—拉美企业家高峰会创立15年来，坚持以服务企业为本，为促进中拉经贸合作、深化中拉人文交流发挥了重要作用。中拉关系已经进入平等、互利、创新、开放、惠民的新时代。工商界是促进中拉务实合作的主力军，也是中拉关系发展的建设者

和受益者。希望广大工商界朋友继续秉持坚韧不拔、勇于开拓的企业家精神，做开放发展的推动者、创新发展的领军者、共享发展的践行者，为推动构建中拉命运共同体作出新的更大贡献。

同日，厄瓜多尔总统拉索出席第十五届中国—拉美企业家高峰会开幕式并致辞。

习近平将向《生物多样性公约》第十五次缔约方大会第二阶段高级别会议开幕式致辞

新华社北京12月14日电 外交部发言人华春莹14日宣布：国家主席习近平将于12月15日以视频方式向《生物多样性公约》第十五次缔约方大会第二阶段高级别会议开幕式致辞。



宁波舟山港吞吐量实现增长

浙江省港航管理中心统计数据显示，2022年1至11月份，宁波舟山港完成货物吞吐量11.6亿吨，同比增长3.41%，完成集装箱吞吐量3126.19万标准箱，同比增长7.84%。

图为12月13日拍摄的浙江宁波舟山港穿山港区（无人机照片）。

新华社记者 黄宗治摄

超大型盾构机有了“中国心”

我国首台套直径8米主轴承研制成功

◎本报记者 陆成宽

超大型盾构机有了“中国心”！近日，记者从中国科学院获悉，我国成功研制超大型盾构机用直径8米主轴承。该主轴承重达41吨，是目前我国制造的首台套直径最大、单重最大的盾构机用主轴承。

更重要的是，该主轴承顺利通过国家轴承质量检验检测中心检测和专家组评审。专家组评审意见认为，该主轴承各项技术性能指标与进口同类主轴承相当，满足超大型盾构机装机应用需求。

主轴承是“最后一公里”

盾构机，全名叫盾构隧道掘进机，是一种隧道掘进的专用工程机械。一般情况下，我们不会经常看到这个“大国重器”，毕竟它常年埋在地下工作。

它是基础设施建设的重大装备，承载着穿山越岭、过江跨海的重任。“虽然我国已实现了盾构机的国产化，但其核心部件——主轴承却依赖进口，亟须打通自主可控制造的‘最后一公里’。”中国科学院金属研究所研究员李殿中坦言。

主轴承有盾构机“心脏”之称，是盾构机刀盘驱动系统的关键核心部件。盾构机掘进过程中，主轴承“手持”刀盘旋转切削掌子面并为刀盘提供旋转支撑。

“直径8米的主轴承在运转过程中承载的最大轴力可达10⁷千牛，相当于2500头

成年亚洲象的重力。”李殿中说，为保证主轴承的高承载能力和高可靠性，制造主轴承的轴承钢必须要高纯净、高均质、高强度、高耐磨。这对主轴承成套设计、加工精度、润滑油脂等提出了很高的要求。

李殿中表示，此前，我国盾构机用超大直径主轴承一直未能攻克的主要原因在于：制造轴承的材料和大型滚子的加工精度不过关，全流程技术链条不贯通。

氧含量是关键

攻关团队认为，要制造高纯净、高均质、高强度、高耐磨的轴承钢材料，一定要从源头解决材料制造的问题，他们将目光瞄准了稀土轴承钢。

已有大量研究表明，钢中添加微量稀土能够显著提高钢的韧性、耐磨性、耐热性、耐蚀性等性能。

然而，“稀土钢在工业化生产时遭遇两大难题：一是工艺不顺行，浇铸时经常出现浇口堵塞的问题；二是稀土在钢中添加后，钢的性能剧烈波动，存在稳定性不好的问题。”李殿中指出。

通过长达十余年的机理研究和工业实验，中科院金属所研发团队发现，稀土钢性能波动、铸造时浇口堵塞问题的根源在于氧含量。

“我们发现，不仅钢液中的氧含量影响稀土钢的性能，更为重要的是，长期被学界和产业界忽视的稀土金属中的氧含量，对稀土钢的性能也具有十分重要的影响。”李殿中解释道。

“通过控制氧含量，我们制备出性能优

越、稳定性好的低氧稀土钢。”李殿中说，与不加稀土的轴承钢相比，该稀土轴承钢抗压疲劳寿命提高40多倍，滚动接触疲劳寿命提升40%，有效解决了稀土钢工业应用中的瓶颈问题。

滚子也是一道坎

除了轴承钢，要想制造超大直径主轴承，大型滚子加工技术也是一道迈不过去的坎。

滚子是轴承运转时承受负荷的元件，是滚子轴承中最薄弱的零件，它的制造质量对轴承工作性能有很大的影响，是影响轴承使用寿命的主要因素。

“在主轴承研制过程中，我们发现，由于受到国外的技术限制，我国大型滚子加工精度只能达到二级，还不能实现一级精度加工。”中科院金属所研究员胡小强直言。

为此，胡小强带领研究团队深入生产一线，联合企业集智攻关，最终研制出直径100毫米以上的一级滚子，使我国轴承行业突破了一级大型滚子精密加工技术。

“通过与洛阳新强联股份有限公司等企业密切合作，我们实现了盾构机主轴承加工制造、装配调试、检测评价等全流程自主可控，同时带动了相关国产装备的研制。”胡小强说。

未来，新研制的主轴承将安装在直径16米级的超大型盾构机上，用于隧道工程挖掘。“该主轴承的研制成功，标志着我国已掌握盾构机主轴承的自主设计、材料制备、精密加工、安装调试和检测评价等集成技术。”李殿中说。

“奋进新时代”主题成就展网上展馆发布上线

新华社北京12月14日电 “奋进新时代”主题成就展于9月27日在北京展览馆隆重开幕。习近平总书记带领党和国家领导同志参观了展览。展览开幕以来，广大干部群众踊跃参观，社会各界广泛关注，新闻媒体集中报道，为迎接宣传贯彻党的二十大精神营造了浓厚氛围。

为持续扩大展览的覆盖面、影响力和传播力，让更多干部群众方便快捷地观看体验展览，展览领导小组办公室指导中央广播电视总台央视网推出了展览数字化网上展馆，

全要素、全景式呈现展览序厅、中央综合展区、地方展区、展望展区、室外展区和互动展区的丰富内容，打造永不落幕的主题成就展。经过紧张筹备制作，“奋进新时代”主题成就展网上展馆于近日在央视网发布上线。

网上展馆以新媒体平台为依托，运用高动态范围成像技术，全景展示展览现场，生动再现展览全貌，全景式还原现场体验。广大观众通过电脑或手机访问网上展馆，即可获得沉浸式观展体验，身临其境感受新时代10

年党和国家事业取得的历史性成就、发生的历史性变革，以更加饱满的精神状态投身全面建设社会主义现代化国家新征程。

网上展馆设有导航地图，配备语音解说服务，供观众浏览时选择使用。通过网上观展，观众不仅可以随时发表留言表达观展感受、为家乡展区点赞，还可以参与在线答题闯关。同时，网上展馆还具有360度环顾功能，点击按钮即可漫游相关展区。

即日起，登录fjxsd.cctv.cn，即可访问“奋进新时代”主题成就展网上展馆。

筑牢实体经济根基 挺起发展“脊梁”

——青岛西海岸新区创新驱动高质量发展系列报道之二

◎本报记者 王健高
实习记者 宋迎迎
通讯员 王文辉 宋雪 兰美娜

11月26日，青岛市新型显示产业园在青岛西海岸新区揭牌，“万亩千亿”新型显示产业新城加速崛起；11月25日，青岛京东方光电科技有限公司产品点亮投产，打破了山东显示领域缺少龙头项目支撑的局面；11月21日，青岛光电产业园二期项目开工建设，“强芯扩屏”再添生力军……

这是青岛西海岸新区锚定高质量发展方向，破浪前行取得的新成果。

实体经济是构筑未来发展战略优势的重要支撑。党的二十大报告提出，“建设现代化产业体系”“坚持把发展经济的着力点放在实体经济上”。青岛西海岸新区工委副书记、青岛区长王清源表示，近年来，青岛西海岸新区以实体经济为立区之本，围绕“一核引领、三点布局、智变融合、陆海统筹”产业规划，坚定不移发展实体经济、推进新旧动能转换，经济发展效率和韧性全面提升。

转型升级 传统产业 换挡提速

走进双星轮胎“工业4.0”智能化工厂，科技感扑面而来：AGV智能化小车有条不紊地忙碌穿梭，智能关节机器人精准抓取举重若轻，智能X光检测仪堪比火眼金睛。

机器换“人”，工艺换“智”，管理换“脑”……企业生产车间里的这些变化，正是青岛西海岸新区以数字化、智慧化推动传统产业转型升级的一个缩影。

作为矿山机械的传统制造企业，山东矿机华信智能科技有限公司积极拥抱矿山智能化未来，为煤机制造注入了新内涵。

“与科大讯飞合作，我们开发了矿山声纹检测系统，通过一个麦克风阵列解决了很多问题，实现了千万吨级矿井单班生产不超过5人。”山东矿机华信智能科技有限公司总经理钱峰涛介绍。

今年，青岛西海岸新区启动了规上工业企业“三年倍增”计划，通过政府支持引导，推动部分企业产值在三年内实现翻倍，进而培育一批制造业龙头企业，加快推进先进制造

业提质发展。

青岛西海岸新区坚持高端化、智能化、绿色化发展方向，传统制造业不断向中高端迈进。数据显示，今年前三季度，青岛西海岸新区规模以上工业增加值同比增长8.7%，有15个行业增速超过规模以上工业平均水平，其中电气机械和器材制造业增长11.7%，化学原料和化学制品制造业增长48.3%。

创新驱动 新兴产业 蓬勃发展

“小飞小飞，今天适合穿什么衣服？”日前，科技日报记者走进科大讯飞（青岛）人工智能科技馆，最先映入眼帘的就是AIUI全双工语音交互系统，该系统支持一次唤醒、多轮交互，在系统回答问题时插入另一个问题仍然可以快速反应。

不只是人工智能科技馆，总面积2.1万平方米的讯飞未来港还布局了山东区域总部/日韩总部、全球中文学习平台、产业生态孵化中心等八大功能区，正在用人工智能建设美好世界。

（下转第二版）