

二氧化碳捕集、利用与封存技术——

二氧化碳变为宝 驱动石油产出来

本报记者 李蕊

硬核科技背后的创新故事

核心阅读

二氧化碳捕集、利用与封存(CCUS)技术,是指把工业生产等过程中排放的二氧化碳捕集提纯,继而投入新的生产过程进行再利用和封存。2022年,我国首个百万吨级CCUS项目中国石化“齐鲁石化一胜利油田百万吨级CCUS项目”正式注气运行,每年约减排二氧化碳100万吨,相当于每年植树近900万棵,有力推动了能源绿色低碳转型。



中国石化“齐鲁石化—胜利油田百万吨级CCUS项目”二氧化碳输送管道工程首站。胜利油田供图

导致全球变暖的二氧化碳,不仅能注入地下封存,实现减排,还能成为增产石油的“香饽饽”?

在山东淄博齐鲁石化第二化肥厂,矗立着两个巨型储罐。经过处理的液体二氧化碳从罐中出发,搭乘专属“地铁”——我国最长的二氧化碳输送管道,一路向北输送109公里后,抵达“终点站”胜利油田正理庄油田生产区,被注入地下油藏封存的同时,驱动更多石油产出来。

这是中国石化胜利油田和齐鲁石化联手打造的国内首个百万吨级二氧化碳捕集、利用与封存(CCUS)示范工程。“把工业生产等过程中排放的二氧化碳捕集提纯,继而投入新的生产过程进行再利用和封存,正是CCUS技术的原理。”胜利油田CCUS油藏开发研究高级专家张传宝说。

据测算,项目预计15年可增油300万吨,每年约减排二氧化碳100万吨,相当于每年植树近900万棵,有力推动了能源绿色低碳转型。

打开技术“大门”——

“磨刀石”里采石油

不止一次,张传宝恨不得钻到3000米深的地下油层中一探究竟,“到底怎么把油从‘磨刀石’里挤出来?”

“地下的石油并非像河流一样自由流动,有些低渗透油藏储存在地下几千米深的岩石缝隙中,开采难度大。唤醒这块‘沉睡’的地下宝藏,对我国能源安全具有重要意义。”几十年来,张传宝一直在试图“啃下”油田开发的一块“硬骨头”——低渗透油藏。

要想把石油采出,往往要靠水来驱动,可低渗透油藏的储层岩石像磨刀石一样致密、坚硬。一些情形下,水注不进去,油采不出来。

水注不进去,无孔不入的气行不行?科研人员盯上了二氧化碳。“超临界二氧化碳

有独特的性能,密度像液态,黏度像气体,分子结构小、黏度小,更容易进入低渗透岩石的孔隙中。如果能让它与原油混相为一种液体,增加原油流动性,就能让原本躲藏在孔隙中的原油‘现身’,提高原油产量。”张传宝说。

当时,国内CCUS技术尚属科研“无人区”。1996年开始,科研工作者花了3年时间,自行设计物理模拟装置,通过一次次物理评价和试验,找到了影响二氧化碳与原油混相的三大因素——压力、温度、原油物性,为后期理论研究奠定了基础。

理论证明了二氧化碳驱油行之有效,但实践起来并不顺利。2008年,油田科研工作者在胜利油田樊142区块,开展了长达1800多天的试验,压力值从17兆帕一点点往上提……终于,当压力值升到40兆帕时,石油从井口喷薄而出。

破解混相压力值这个关键难题后,二氧化碳与孔隙中的原油成功互溶,原油充分流动起来,区内石油产量大大提升。由此,“二氧化碳高压混相驱”技术形成,并取得矿场应用突破,成功打开了CCUS技术“大门”。

打通应用堵点——实现二氧化碳全密闭高效注入

试验数据显示,二氧化碳驱油效率比常规水驱高40%,可提高石油采收率7至20个百分点。但从先导试验走向规模化应用,并不容易。

“到底怎么把二氧化碳安全高效注入地下?”在胜利油田CCUS项目部建设保障部高级主管赵铁军看来,这是阻碍应用的难点。在原有的注入模式下,随着压力和温度的变化,液化的二氧化碳中有20%—30%会变成气态,悄悄“溜走”,降低了封存效率。

能否研发一套设备,避免二氧化碳“溜走”?翻文献、询专家、蹲现场……赵铁军与团队反复修改设计方案,一次次建模、桌演、优化,攻克二氧化碳全密闭高效注入技术难关。

在正理庄油田生产区,有一台具有完全自主知识产权的模块化、自动化、标准化二氧化碳全密闭高效注入装置,装置旁布设着几条白色管路,上面标记着“回流”“压力”等。“通过增设回流遇冷管路和高压气液分离装置,让‘溜走’的二氧化碳进入装置,液化后可再次注入,实现了二氧化碳全密闭高效注入。”胜利油田CCUS项目部经理于法珍介绍。

二氧化碳实现高效注入,除了密闭,计量也是关键,向井下注二氧化碳时,得精准把控注入量。2018年,赵铁军曾到多个油田调研,发现CCUS技术推广应用时,质量计量技术迟迟难以突破,若是从国外购置高压精确流量计,支出不菲。

怎么给二氧化碳注入装置安上“眼睛”?有一天,赵铁军给侄子辅导物理作业,正好讲到了质量与密度的计算方法。“能不能用密度和体积换算,得出二氧化碳的质量?”赵铁军灵光一现。

半年时间里,赵铁军与团队现场测取了上万组数据,采集不同压力下的二氧化碳密度,创新制作出最高压力为40兆帕的密度图版,再将二氧化碳集成到体积流量计中,从而精确计算出二氧化碳的质量。

规模化应用中,难题被一道道攻克:针对不同的气窜通道,研发形成相应的封堵技术;实施采出气液全程密闭集输与处理工

艺,将采出液中的二氧化碳回收,进行二次驱油与封存……封存率一次能到60%—70%,通过多次捕集、再注入,地下油藏就能成为完全封存二氧化碳的“保险箱”。

这些丰富的工程实践经验,为CCUS项目建设提供技术标准。2022年,中国石化“齐鲁石化—胜利油田百万吨级CCUS项目”正式注气运行,标志着我国CCUS产业开始进入技术示范中后段——成熟的商业化运营。

补强产业链条——建二氧化碳专属“地铁”

“工程覆盖低渗透油藏储量2500多万吨,按照计划,未来15年要向油田注入二氧化碳1000万吨。”胜利油田机械装备高级专家丛岩说。

上千万吨的二氧化碳从哪来?“在齐鲁石化第二化肥厂,煤气化装置排放的二氧化碳尾气属于优质的二氧化碳资源,性能稳定,纯度高达90%。”丛岩介绍,齐鲁石化通过液化提纯技术,回收煤气化装置尾气中的二氧化碳,更加节能。

接着,二氧化碳要经历“长途跋涉”,输送至百公里外的正理庄油田生产区。怎样确保远距离运输全程安全高效?

“起初用罐车,不环保,效率也低。”丛岩说,于是,他们想到了二氧化碳建一条专属“地铁”——二氧化碳输送管道。

“理论上讲,要实现二氧化碳在管道内液态输送有两种方式,一种是常压低温液化,但容易带来土壤冻胀、环境损害等问题;另一种常温高压液化,前提是要确保管道内压力始终高于液化压力,这就需要一台增压设备。”丛岩说,在此前,成熟的二氧化碳增压装置技术一直是短板,装置主要依赖进口。

在齐鲁石化第二化肥厂厂区,距离储罐不远的输送管道首站,一台正在运转的大排量增压泵轰然作响。“这是具有自主知识产权的国内首台二氧化碳增压泵。”丛岩介绍,“增压泵设计压力高达12兆帕,相当于指甲盖大小的面积承受了120公斤的重量,确保了二氧化碳在长距离的管道内始终保持常温液化状态。”

2023年7月11日,我国首条百万吨、百公里高压常温密相二氧化碳输送管道正式投运,管道全长109千米,设计最大输量可达170万吨/年,标志着我国首次实现二氧化碳长距离密相管输,对推动我国CCUS全产业链规模化发展具有重要意义。“这条专属‘地铁’每年可减少4万辆罐车行驶损耗,节省车用天然气约200万立方米。”丛岩介绍。

今年6月,正理庄油田生产区已累计注入二氧化碳90万吨,有21口油井实现自喷,日产原油从220吨提升至415吨。

耳畔是轰鸣的机器声,眼前是一座座矗立的钻塔。“一头连着绿色低碳,一头连着能源安全,CCUS技术大有可为。”正理庄采油管理区党支部书记焦俊杰说。

本期统筹:郭玥 版式设计:汪哲平



把握优势互补的辩证法

周珊珊

有这样一则数据:川渝两地汽车产业链协同配套能力已达80%以上。通俗地说就是,川渝协同,可以完成一辆汽车的80%。重庆整车发展优势明显,四川产业链优势突出,川渝优势互补,同奏汽车产业“交响曲”,“重庆造”“四川造”融合成“川渝造”,携手冲刺“世界级”。

《中共中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化的决定》提出“构建优势互补的区域经济布局 and 国土空间体系”。习近平总书记强调“要深入实施区域重大战略和区域协调发展策略,促进优势互补、各展其长”,要求“发挥各地区比较优势,促进各类要素合理流动和高效集聚”。推动高质量发展,要把握优势互补的辩证法。

做到优势互补,前提是找准自身的特色优势。陕西延安从自然和气候条件出发,发展苹果产业,打响苹果品牌,小苹果化身致富果、幸福果;浙江景宁畲族自治县,立足“茶乡竹海”等优势,让惠明茶变“惠民”茶,高山果蔬、中药材“闯出”大山……找准特色,认清“本位”,搞清楚哪些资源是“人无我有”的,这是锻造优势的前提。习近平总书记在新时期推动西部大开发座谈会上强调“要坚持把发展特色优势产业作为主攻方向”,在新时代推动东北全面振兴座谈会上指出“加快构建具有东北特色优势的现代化产业体系”。各地资源禀赋各不相同,必须从实际出发,“有多少汤泡多少馍”。摸清家底的同时,还要善于因时因势重新审视本地资源。新的市场环境、新的技术条件和新的营销手段,都可能给盘活资源带来新的契机。

优势只有通过比较才能准确“定位”。横向看,要和别人比,找出基础优势;纵向看,就要和自己比,多考虑如何转型升级,做到“人有我优”。黑龙江大庆是典型的资源型城市,曾因油而生、因油而兴,丰富的油气资源是基础优势。而今,大庆油田推进光伏、风电等新能源项目建设,把新能源业务并入主业发展,推动“风光气储氢”一体化模式初具规模。资源优势要持续转化为发展优势,就要应时而变,做好新旧动能高效转换、平稳过渡,汇聚新生产力势能,形成高质量发展动力。

做到优势互补,关键是要有“高站位”,在大局下思考,在全局中行动。曾经经济相对落后、产业基础薄弱、科技人才匮乏的贵州为什么能率先擦亮大数据名片?除了气候凉爽、地质稳定、电力资源充足等因素,正是把一地优势放在国家发展大局大势中考量,才把“赛道超车”的契机变为发展现实。由此可见,具备“从全局谋划一域”的高度,才能提高谋划的科学性、系统性、预见性,抓住历史机遇,拓展发展空间;具有“以一域服务全局”的担当,才能为发展注入强大动能,成为增长极、新高地。

高质量发展是新时代的硬道理。把握区域差异,用好优势互补的辩证法,既补各自的短板,又锻造共同的长板,把发展落差的势能变成协同发展的动能,各地定能不断书写以高质量发展推进中国式现代化的新篇章。

东北黄淮等地将出现较强降雨 多部门联合会商做好防汛工作

本报北京8月4日电(记者李红梅)4日18时,中央气象台继续发布暴雨黄色预警、强对流天气蓝色预警。中央气象台预计,4日夜间至6日,黄淮大部、东北大部及四川盆地东部和南部、云南中西部和南部、西藏东南部等地将出现较强降雨。

4日18时,中国气象局分别与水利部、自然资源部联合发布橙色山洪灾害气象预警、地质灾害气象风险预警,提示需防范局地强降雨可能引发的城市内涝、山洪和地质灾害。

本报北京8月4日电(记者刘温馨)4日,国家防总办公室、应急管理部继续组织气象、水利、自然资源等部门进行联合会商,视频调度内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、湖南、四川等重点省份,研判雨情汛情发展态势,研究部署重点地区防汛工作。国家防总办公室、应急管理部会同工业和信息化部紧急调度1架翼龙无人机在康定受灾区域执行灾情侦察和通信保障任务,前期派出的工作组继续在辽宁、吉林、湖南协助指导防汛抗洪抢险救灾工作。

2日15时至3日15时,国家综合性消防救援队伍共参与抗洪抢险39起,出动消防救援人员2722人次、车辆483辆次、舟艇180艘次,营救疏散转移729人。

全力做好四川康定山洪泥石流灾害应对处置 湖南郴州启动对口帮扶资兴灾后恢复重建行动

本报成都8月4日电(记者王明峰)记者从四川省甘孜藏族自治州康定市“8·03”突发山洪泥石流灾害应对处置指挥部获悉:截至4日14时30分,灾害已造成姑咱镇日地村6人遇难、11人失联;造成雅康高速公路隧道间连接桥梁垮塌,4辆车共11人坠入桥下,其中1人获救送医,2人遇难、8人失联。经全力抢修,7个受损基站已全部抢通恢复,受损光缆已抢通恢复15.4公里,受灾区域通信无较大影响。灾害发生后,四川省全力搜救失联人员,抓好伤员救治,妥善安置受灾群众。安置点的供水、供电、住宿、吃饭等服务均已妥善解决。

本报郴州资兴8月4日电(记者杨迅、申智林)记者从湖南省郴州市委宣传部获悉:郴州市委、市政府8月2日晚紧急启动对口帮扶资兴市灾后恢复重建行动。目前,郴州各县(区)和市直单位已连夜响应,迅速集结资源和力量,对资兴开展对口帮扶行动。

郴州市明确10个县(区)对口帮扶资兴受灾严重的6个乡镇,涉及10个片区46个村。郴州市此轮对口帮扶包括查隐患、清环境、保生活、帮就业等主要任务。各帮扶县(区)向每个帮扶村派出专业查险、专业清扫等队伍50人左右,以帮助灾区群众尽快恢复生产生活秩序。

一版责编:许诺 刘念 梁心怡 二版责编:蒋雪婕 吕莉 梁泽渝 三版责编:吴刚 周朝 李欣怡 四版责编:袁振喜 刘静文 郭玥

全力做好防汛抗洪救灾工作



8月3日,四川省眉山市消防救援支队在甘孜藏族自治州康定市日地村开展搜救。宋豪新 江艾恒摄影报道



8月1日,湖南省资兴市州门司镇,武警战士在清理淤泥。李科摄(人民视觉)

近日,多地连降暴雨。雨天如何安全驾车出行?遇涉水、被淹等险情时,如何避险自救?

中国气象局气象宣传与科普中心正高级工程师邵俊年介绍,暴雨天气时,尽可能将车停放在地势相对高的地方,建筑物下、大树下、电线杆附近等位置要谨慎停车。地下车库泡水的概率要比地面车位更大,可将车辆转移到地面或较高的地理位置。如遇路面变形,要及时把车挪开,避免路面沉降对车辆造成伤害。新能源汽车如果正处于充电状态且车辆已经被淹,建议不要靠近车辆,谨防车辆漏电。

暴雨天气非必要不出门,如确需出行,出行前务必关注天气和路况信息,规划行车路线,避开易积水的路段、桥梁涵隧等低洼路段。检查车辆,确保车辆雨刷器、刹车系

暴雨天驾车出行,如何避险自救?

本报记者 李红梅

统、轮胎状况良好。携带拖车绳、手电筒、急救包等应急工具。

行车时,保持低速行驶,加大和前车的距离,可以采取点踩刹车的方式降速,避免车辆失控。慢转弯,轻打方向盘。减少并线和超车,尽量选择跟车。及时开启前照灯、示廓灯和近光灯,酌情使用雾灯和危险报警闪光灯。遇积水路段先观察水深,慢速通过,以免水花倒灌入发动机。城市出行避开因下水道井盖打开形成的漩涡,防止轮胎被卡住,留意行人和骑车者,耐心避让。

如遇滑坡、泥石流、路面塌陷等险情,应采取点踩刹车和开启危险报警闪光灯的方式,及时告知后车。若汽车落入塌陷区内,待汽车静止后迅速解开安全带,破窗逃生。若车辆被埋,迅速利用通信工具呼救,保存体力,谨慎自救。

如车辆在涉水过程中不幸熄火,切忌重新点火启动。车上人员脱困后,应尽快转移至地势较高的安全地带。车辆涉水后,如果没有做安全排查,就不要启动和驾驶车辆。如果车辆落水,记住逃生自救“打、砸、

快、逃”四字秘诀。打,水位到达轮胎1/2位置时,此时可打开车门,快速离开现场;砸,水位到达车门把手位置时,车内电子元件失效,车窗紧闭的车内会形成大气压力差,导致无法打开车门,需要利用身边一切可利用的尖锐物品砸开车窗,例如破窗锤,垂直于车窗玻璃,并在四角按压;快,水位到达车窗一半时,可以砸破天窗,保护好头部,用衣服包裹手臂,或者使用抱枕,将天窗碎片向外推,以打开逃生通道;逃,如果水已经淹没了全部车门,车辆内外水压差会变小,此时,深呼吸,迅速打开车门逃生。

当车辆被困时,及时向公安机关、应急管理部门或保险公司打电话求助。

防汛避险应知晓