



编者按:

CCUS是实现碳中和的有效途径,为保障国家能源安全提供支撑。
8月25日,由中国石化建设的全国最大CCUS全产业链示范基地、首个百万吨级CCUS项目——齐鲁石化-胜利油田百万吨级CCUS示范工程在山东淄博投产。该项目是中国石化作为大型央企在绿色低碳发展上领先一步、发挥示范引领作用的重要实践。
本报推出专题,介绍齐鲁石化-胜利油田百万吨级CCUS项目的探索实践,并对项目流程进行解读,敬请关注。

国内最大CCUS项目齐鲁石化-胜利油田百万吨级CCUS示范工程正式投产,为我国CCUS规模化、产业化应用奠定坚实基础

齐鲁石化 高质高效建设碳捕集装置

本报记者 牛彦春 王永军

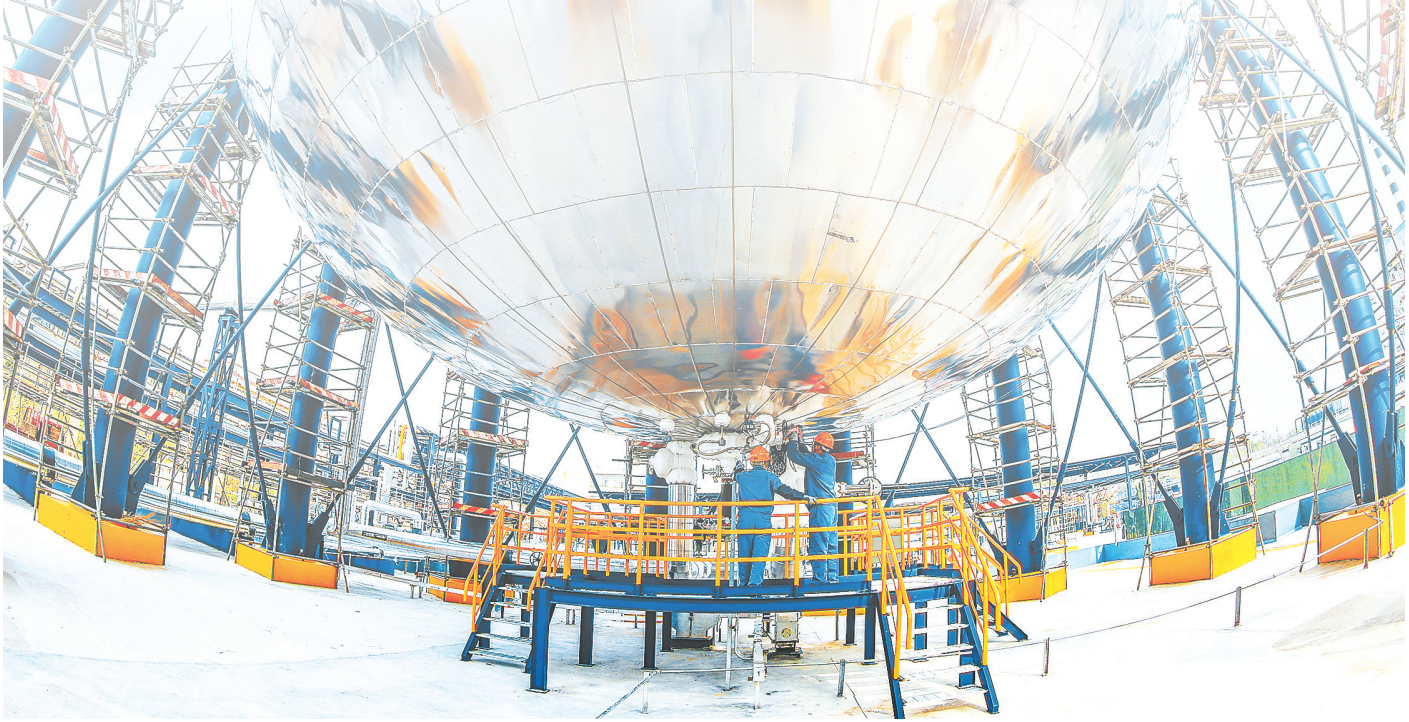
8月19日,一场暴雨袭来,齐鲁石化第二化肥厂气体联合车间技术员王佳俊急忙穿戴好雨具,赶到二氧化碳回收再利用装置检查设备情况。该装置是齐鲁石化-胜利油田百万吨级CCUS项目的碳捕集环节,是整个项目的“发源端”。王佳俊作为项目组成员,见证了装置从无到有的全过程。
如今,在齐鲁石化第二化肥厂那座充满年代感的造粒塔旁,拔地而起的CCUS装置群熠熠生辉。该厂煤气化装置排放的二氧化碳通过液化提纯技术进行回收,从一种排放物变成“双碳”战略下的“宝贝”。
“齐鲁石化-胜利油田百万吨级CCUS项目被誉为“工业森林”,投产后每年可减排二氧化碳100万吨,相当于植树近900万棵、近60万辆经济型轿车停开1年,可有力推进石化能源洁净化、洁净能源规模化、生产过程低碳化,形成可复制、可推广的CCUS产业发展经验。”集团公司副总工程师兼齐鲁分公司代表、党委书记韩峰说。

搭建“人工碳循环”模式,实现二氧化碳变废为宝

2021年7月5日,中国石化宣布:开启我国首个百万吨级CCUS项目建设——齐鲁石化-胜利油田CCUS项目。这是国内第一个百万吨级CCUS项目,也是国内最大的CCUS全产业链示范基地和标杆工程,对搭建“人工碳循环”模式具有重要意义。
“CCUS是减少二氧化碳排放的关键技术之一,把生产过程中排放的二氧化碳捕集提纯,投入新的生产过程再利用和封存,可直接减少二氧化碳排放。”齐鲁石化二化肥厂经理李海强调。
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,纯度高达90%。在碳捕集环节,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;在碳利用与封存环节,胜利油田向油井注入二氧化碳,大幅提高石油采收率,同时二氧化碳通过置换油气、溶解与矿化作用实现地下封存,真正做到变废为宝。
二氧化碳的综合利用有利于温室气体减排和环境保护,是减少温室气体对环境影响的重要措施。“碳驱油”是实现碳中和的重要途径。
齐鲁石化按照国家“双碳”目标战略部署,落实集团公司工作要求,迅速启动百万吨级二氧化碳回收利用项目建设。成立项目领导小组,下设物资采购、工程设计等4个工作组,定期召开专题会议,研究解决项目推进过程中存在的问题,制定切实可行的措施,全力推动项目早建成、早见效。

汇聚中国制造之力,装备国产化率达到100%

全面启动项目建设后,齐鲁石化加强项目运行管理,深化二氧化碳捕集技术研究,持续优化二氧化碳捕集工艺流程,不断降低项目碳排放和捕集成本,逐步扩大项目应用规模。



齐鲁石化第二化肥厂员工在CCUS装置4000立方米球罐,调试液位计。

什么是CCUS?

CCUS(二氧化碳捕集、利用与封存)是把生产过程中排放的二氧化碳捕集提纯,继而投入新的生产过程再利用和封存,可直接减少二氧化碳排放。

随着全球应对气候变化和“双碳”目标的提出,CCUS已成为多个国家碳中和行动计划的重要组成部分。联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)将其称为应对气候变化的“终极武器”。

为了加快推进项目建设,在总部有关部门支持下,齐鲁石化采用项目管理领导小组+项目现场管理部+监理+承包商的管理模式,构建了一个完整的组织体系,涵盖工程设计、设备选型采购、施工建设等各个环节。

齐鲁石化领导班子成员、相关部门多次到工地现场督促指导,协调解决施工中的难题。“施工项目实行网络化管理,3个施工区域被划分为5个标段,分别设立网络长,全流程负责单元装置的设计、建设、施工,以及试车和开车工作。”齐鲁石化第二化肥厂气体联合车间主任耿海涛说。

2022年1月29日,仅用时96天,齐鲁石化-胜利油田CCUS项目全面建成中交。

共绘绿色低碳发展蓝图,打造CCUS全产业链示范基地

项目建成中交后,齐鲁石化加速推进开工准备工作,成立专家团队,对开车过程中可能出现的问题进行推演,制定防护措施,确保装置开得起、稳得住、长周期、高效益。

春节期间,项目组人员放弃与家人的团聚,三查四定、管线吹扫、气密等各项开工准备齐头并进。同时,统筹优化项目施工作业,任务完成时间精确到小时。生产准备、三查四定、施工收尾和员工培训同步进行,全速推进开工各项工作。

4月4日,第一辆满载二氧化碳产品的罐车出厂,运往胜利油田注气中心,标志着CCUS项目上游齐鲁石化二氧化碳捕集装置一次投料成功。

项目投产后,齐鲁石化捕集的液态二氧化碳经公路运输到胜利油田进行驱油。为了做好产品装卸工作,齐鲁石化与胜利油田加强沟通联系,建立线上销售流程;胜利油田配备多台车辆满足CCUS项目运输需要,为二氧化碳及时销售出厂做好准备。

“同属中国石化,齐鲁石化和胜利油田合作的CCUS项目具有天然的优势。下一步,将按照集团公司统一部署,尽早启动并建成投用齐鲁石化到胜利油田的二氧化碳输送管道,进一步降低运输成本,打造成可复制可推广的CCUS全产业链示范基地和标杆工程。”齐鲁石化总经理王玉琰说。

中国石化打造大型CCUS一体化示范样板

本报记者 高国雪 符慧

“双碳”背景下,大型央企绿色低碳发展进入快车道。8月26日,国内最大的CCUS(二氧化碳捕集、利用与封存)项目——齐鲁石化-胜利油田百万吨级CCUS项目正式投产。来自齐鲁石化煤制氢装置、经过提纯的二氧化碳注入胜利油田区块,进行驱油后封存于地下,在中国石化内部形成一个CCUS一体化应用闭环,为产业健康发展起到示范引领作用。
“CCUS是实现碳中和必不可少的重要途径。投资建设百万吨级项目,是中国石化作为大型央企在绿色低碳发展上领先一步、发挥示范引领作用的重要实践。”集团公司能源管理与环境保护部副总经理陈广卫说。

CCUS产业发展前景广阔,可实现环保和经济效益双赢

有关机构预测,我国未来有10亿吨碳排放量要靠CCUS来实现中和,可见其减排潜力十分巨大。
如果只包含“利用”,仅捕集后封存,即CCS,简单地讲,二氧化碳直接封存于地下,尽管可以减少温室气体排放,但不具备经济效益,现阶段难以大规模普及。要想这一模式得到广泛应用,真正成为具有生命力的“碳减排”手段,根本还在于依靠市场驱动,在“利用”环节见到效益,最终实现环保和经济效益双赢。

二氧化碳驱油就是利用的重要途径,而是否具备竞争力则取决于油藏适宜性、二氧化碳来源稳定性和经济性等。据了解,我国有较大的石油地质储量适合二氧化碳驱油。因此,加快CCUS产业发展可为保障国家能源安全提供重要技术支撑,工业应用前景广阔。

据相关研究报告统计,目前我国在建和运行的CCUS项目约为40个,二氧化碳捕集能力为每年300万吨。这些项目多以煤化工和电厂小规模捕集驱油示范为主,在大规模全流程工业示范项目方面还有所欠缺。

中国石化立足炼化企业二氧化碳废气源、油田驱油开发需求,经过深入研究论证,于2021年9月启动建设齐鲁石化-胜利油田百万吨级CCUS项目。齐鲁石化捕集的二氧化碳由专门的运输车辆,送至胜利油田进

行驱油封存,实现了二氧化碳捕集、驱油与封存一体化应用。

此次投产的齐鲁石化-胜利油田百万吨级CCUS项目,是目前国内最大的CCUS全产业链项目。按规模估算,每年可减排二氧化碳100万吨,相当于植树近900万棵、近60万辆经济型轿车停开1年,预计未来15年可实现增油296.5万吨。

陈广卫介绍,集团公司充分发挥一体化优势,利用炼化企业高品质、低成本的二氧化碳资源,再结合油田企业现有区块,打通二氧化碳捕集、利用、封存的全产业链,实现了二氧化碳从采到用的闭环。

中国石化已形成CCUS技术系列,部分技术国内领先、世界先进

事实上,中国石化在CCUS技术方面的研发和工程实践起步较早,目前已经形成CCUS技术系列,在提高原油采收率和降碳减排方面取得了较好成效。

早在2012年,胜利油田就启动国内首个燃煤电厂CCUS项目,形成大规模燃煤电厂烟气二氧化碳捕集、驱油及封存一体化工程综合技术。2015年,南化公司、华东石油局携手合作,由华东石油局液氨公司采用产销承包模式回收南化公司合成氨、煤制氢装置二氧化碳尾气,用于油田压注驱油,开中国石化内部企业之间二氧化碳资源综合利用的先河。

目前,中国石化部分二氧化碳捕集技术达到国内领先、世界先进水平。低分压二氧化碳捕集技术在我国16个省市50余套装置获得成功应用,每年捕集二氧化碳20余万吨;催化热钾碱法、位阻胺法脱碳等技术运行装置40余套,每年从工业循环气、天然气等气源中脱除二氧化碳超1000万吨。

攻克多项驱油与封存关键技术难题。在华东石油局、胜利油田等积极开展矿场试验,积极探索二氧化碳高压混相驱油开发模式,有效解决特低渗透油藏“注水不进、油井不开”难题;创新提出“吞吐驱替协同”注二氧化碳开发模式,实现封闭小断块油藏有效开发。

攻关形成全流程、低成本CCUS工艺技术系列。系统调查了我国大型二氧化碳碳排放源,研究制定了CCUS

潜力评价方法,建立了中国石化二氧化碳溯源数据库,为CCUS技术快速发展、规模应用打下坚实基础。

“十四五”中国石化将加大建设力度,推动实现CCUS产业化发展

去年10月发布的《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》明确提出,要推进规模化CCUS技术研发、示范和产业化应用,这为CCUS发展指明了方向。

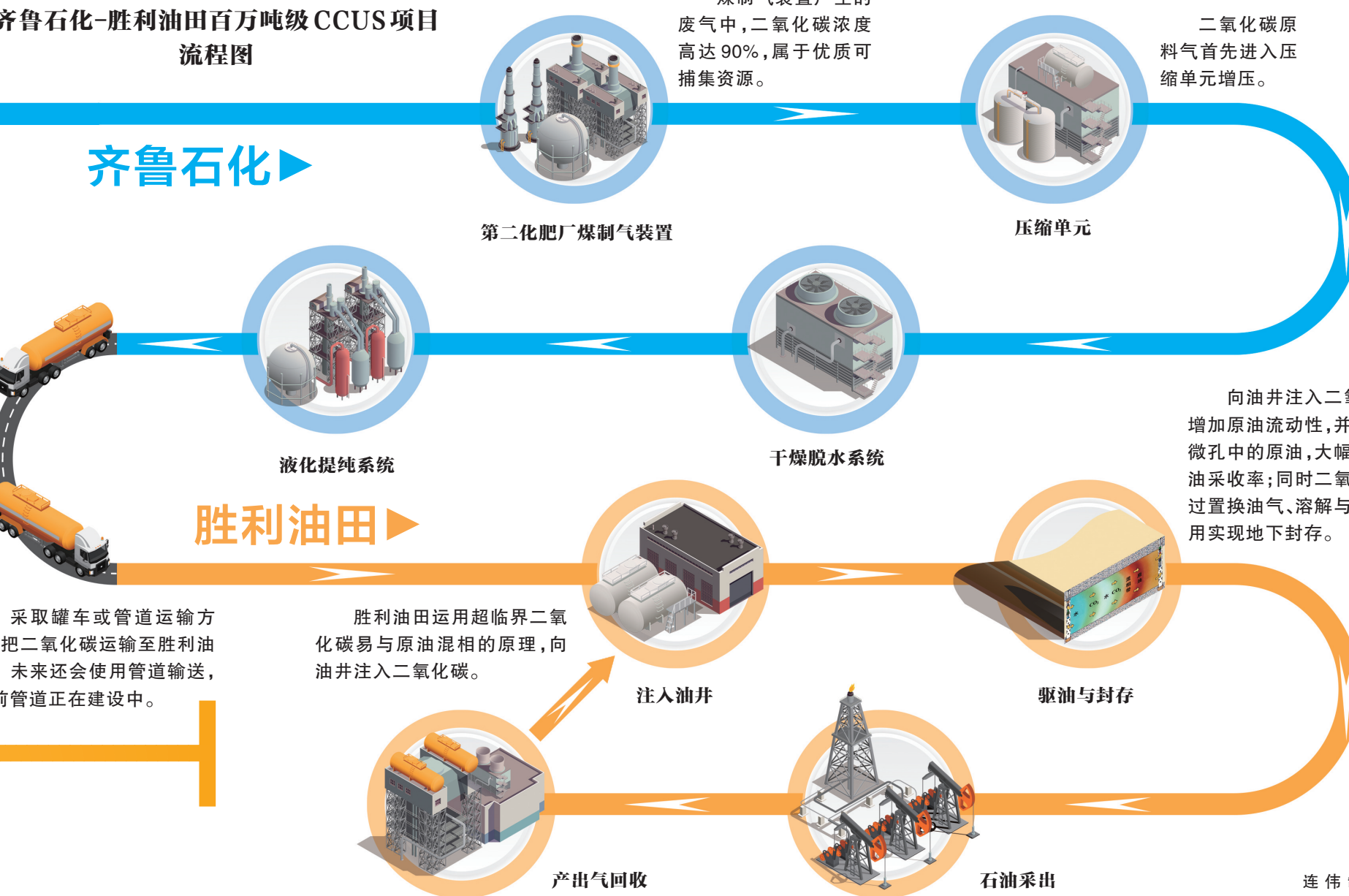
中国石化全力打造CCUS全链条示范基地和碳达峰碳中和标杆工程,并将百万吨级CCUS项目列为“牢记嘱托、再立新功、再创佳绩,喜迎二十大”主题行动重点工作之一。集团公司上下密切配合、通力协作,在短短一年时间内,项目建成投产,为国家CCUS规模化、产业化发展提供了实践案例,在引领行业绿色低碳发展上立了新功、创了佳绩。

当前,中国石化正依托此次投产的百万吨级CCUS示范项目,加快建设CCUS工程、技术、安全等方面的标准体系,形成可复制、可推广、可输出的配套技术产品序列和标准模式,进一步引领推动CCUS产业发展,为国家CCUS规模化、产业化应用奠定坚实基础。

记者了解到,国内二氧化碳运输多以罐车运输为主,成本较高,是制约CCUS产业发展的重要因素之一。8月26日,百万吨级CCUS项目配套工程——国内首条百公里级二氧化碳长输管道开工建设,投产后运输成本将大幅降低。

同时,中国石化正在开展二氧化碳溯源匹配研究,根据不同油价和碳价制定驱油规划,布局二氧化碳驱油提高采收率项目。目前,“胜利发电”100万吨/年二氧化碳捕集利用工程“项目工艺包已通过评审,具有能耗低、技术先进等特点,主要利用低浓度二氧化碳进行捕集和液化,用于油田驱油和埋存,建设相关CCUS项目。”

“十四五”期间,中国石化将加大建设力度,在江苏地区依托南化公司、金陵石化、扬子石化等炼化企业高密度二氧化碳资源,在华东石油局、江苏油田等地再建百万吨级CCUS项目,推动实现CCUS产业化发展,为我国实现“双碳”目标作出更大贡献。



胜利油田 推动二氧化碳驱油行稳致远

本报记者 徐永国 于佳 王维东

憋了三年的试验

8月25日,在齐鲁石化-胜利油田百万吨级CCUS项目正式投产当日,胜利油田驾驶员李华雷驾驶着二氧化碳运输车,像往常一样往返于淄博市临淄区与高青县。齐鲁石化煤制气装置尾气中的二氧化碳经捕集纯化,运输至胜利油田,注入地下3000米深的油藏。让李华雷感到不可思议的是,从齐鲁石化拉的这些液态二氧化碳,被注入高青的地下后,抽出来的却是石油。

CCUS是实现大规模减排的关键技术之一。2021年,习近平总书记视察胜利油田时,对CCUS技术给予充分肯定,并强调要集中资源攻克关键技术,加快清洁高效开发利用,提升能源供给质量,利用效率和减碳水平。

胜利油田实施一把手工程,油田领导挂帅,成立CCUS建设项目组,下设五大项目组,开展CCUS全链条技术研发和应用示范,形成了全链条一体化的项目管理模式。他们创新突破低浓度二氧化碳捕集输送等一系列核心技术,建设国内最大的百万吨级规模CCUS全产业链示范工程,为CCUS技术产业化应用提供支撑。

“胜利油田主动融入并服务黄河流域生态保护和高质量发展国家战略,加快培育CCS和CCUS产业,依托齐鲁石化-胜利油田百万吨级CCUS项目,形成体系完备的脱碳产业体系,消纳用户、区域社会减排,争当“双碳”目标的引领者。”胜利石油管理局有限公司党委书记、胜利油田分公司代表牛栓文表示。

二氧化碳驱替原油的“魔术”

注入二氧化碳,采出石油。这种置换,超出了很多人的认知。胜利油田勘探开发研究院首席专家曹气驱实验室经理张传宝曾无数次面对疑惑的眼神。

在胜利油田勘探开发研究院,张传宝指着一台相态分析仪说:“上半部分白色的是二氧化碳,下半部分黑色的是原油。”二氧化碳注入地下后,原油中的轻质组分抽提到二氧化碳中,使二氧化碳中的轻质组分变得越来越多,最终和原油混为一体,也就是混相。混相能大幅降低原油黏度,增加油的流动性和地层能量,提高产量。

相态分析仪北侧的另一台设备——长岩芯实验设备,显示二氧化碳是怎么驱替原油的。实验室有两台实验设备,不仅可以模拟不同压力和温度条件下二氧化碳驱油效果,还能模拟怎样通过改变压力实现混相,同时计算二氧化碳在地层中的封存情况。

张传宝介绍,这套设备是胜利油田自主研发的国际上最长的岩芯物理模拟装置,它解决了“矿场采参数据怎么优化、哪种开发方式效果更好”的问题。胜利油田的原油轻质组分含量低,压力要达到30兆帕才能混相。要想实现二氧化碳驱油与封存的规模化应用,必须攻克这个技术难题。

到时,胜利油田会实现罐车运输和管道输送二氧化碳“双流程”。



在百万吨级CCUS示范工程胜利油田生产指挥中心,工作人员查看各注入站的运行状况。

夏兆明 摄