

中石化石油工程设计有限公司加强科技攻关,培育形成“CCUS全产业链技术”

# 潜心攻关,勇当“碳”路先锋



七月的齐鲁大地骄阳似火,一条管道长龙蜿蜒百公里,一头连接“碳源大户”,一头连接“碳汇大户”,在超临界压力下源源不断地输送着工业级、高纯二氧化碳。

我国首条百万吨、百公里高压常温密相二氧化碳输送管道——“齐鲁石化—胜利油田百万吨级CCUS示范项目”二氧化碳输送管道自开工建设以来就备受瞩目,每一步进展都振奋人心。作为管道建设者,中石化石油工程设计有限公司二氧化碳管输技术团队潜心攻关,系统掌握了二氧化碳管输设计、建设和投运等系列核心技术,凭借过硬的科技创新水平保障项目高质量建设、高质量运行。

本报记者 顾松 通讯员 尹倩

## 自主研发关键技术

二氧化碳管道投产前,齐鲁石化碳捕集装置区的高纯液态二氧化碳每天通过罐车,运往胜利油田纯梁采油厂用于驱油。“罐车容积大多在360公斤,高峰时每天会有70辆车充装,一年就需要运输车辆4万辆次,车用燃料200万立方米。”齐鲁石化—胜利油田百万吨级CCUS示范项目二氧化碳输送管道BEPC项目经理孙大勇算了一笔账。

车载运力除了受下游注入需求的变化影响外,在人口密集的山东,公路运输的安全风险以及对交通资源的占用,也是影响运输成本的重要因素。管道投运后,车辆、人工、燃料都省了,高压下的二氧化碳液体通过深埋于地下的管道输送会更平稳、更高效、更安全!

对比石油天然气,二氧化碳的特点是“相态多变”,通俗来说,就是受温度和压力变化的影响大,在液态和气态两种相态之间频繁变换,且保温易、保冷难。“即便是掌握先进成熟的油气长输管道设计技术,但在109公里的输送过程中,寻求最安全高效的输送

办法,并非易事,毕竟毫无经验可循。”管输技术团队成员、BEPC项目设计部经理梁海宁说。

“管道建设,首先要考虑安全性。”在梁海宁看来,项目建设需要考虑的因素众多,例如,液态二氧化碳一旦泄露,管道沿线的农田、林地、鱼塘极易受低温冻土伤害;二氧化碳遇水形成碳酸,极易对碳钢管道造成腐蚀,所以管输来液对含水率有着相当严格的要求等。

经过科学论证,设计团队综合来液纯度和杂质对输送效果的影响,以及工程造价、安全、质量等多重因素,努力寻找满足各方面要求的“平衡点”,最终确定了“高压+常温+密相”的管输设计思路。

关键核心技术要立足自主研发,管输技术团队成功应用自主研发的以“多元杂质组分物性分析与管输水力、热力计算模型”为核心的二氧化碳管道输送工艺和流动保障技术,制定出既安全合理、又满足捕集、输送、注入三方要求的最经济输送方案;自主研发的以“CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O体系腐蚀控制、基于减压波的管材止裂、管道泄放扩散迁移模拟、实时在线泄露监测预警”等为特色的二氧化碳管道安全综合控制技术,可有效应对管道泄漏、停输工况及启停操作等对管道及设备可能造成的冲击和损伤,把对环境的影响降到了最低。

## 实现国内三个首次

为确保项目投产一次成功,技术人员通过数据驱动机理模型,首次完成二氧化碳站线一体化动态工艺仿真模拟,演绎出管道安全停输、投产、全情景泄放等多种典型工况。在虚拟现实中的反复演练和试错,对工程建设实践起到了极强的事故预警和风险规避作用。

针对关键核心技术突破,技术团队建立了二氧化碳稳态水力热力模型、减压波传播特性模型、非稳态水力热力模型,在机理模型国产化研发方面迈出关键一步,不断打造“双碳”工程高质量建设和数

智运维的“国产驱动力”。

基于二维动态工艺仿真系统,技术团队打造具有自主知识产权的三维数字孪生平台,大到管输系统的整体优化,小到一个阀门的异常工况处理,都可以通过数字孪生平台高效完成,对运维人员快速获取多维信息、高效处理异常、提高智能运维能力实现了质的提升。

“管道建设,可以说具备‘新、高、快、全’的特点。”技术团队成员、BEPC项目部副经理范振宁总结说,“新”是指进军绿色低碳新领域,采用“技术创新+工程示范”新模式,实现了管输介质由油气向二氧化碳转变的新突破;“高”是指管道设计压力12兆帕、年输量100万吨、管道距离109公里等参数均达到国内最高水平,应用“五化+标准化”高标准开展工程建设,一次焊接合格率达99.5%;“快”是指仅用3个月完成施工图设计,克服疫情影响,用时8个月实现高效建设;“全”是指技术团队参与二氧化碳管输技术的研发、转化和应用全过程,打通了二氧化碳捕集、输送、注入的全链条,服务范围涵盖了工程建设、投产和运维的全周期。

不仅如此,项目建设还实现了“三个首次”——首次实现了二氧化碳低温增压泵、40兆帕级高压注入泵等关键装备的国产化研制与应用,实现了超临界压力条件下密相二氧化碳泵到泵的输送与超临界相态条件下的注入模式;首次构建了二氧化碳管道输送技术体系和标准体系,定义并实现了二氧化碳管道超临界压力输送模式;首次实现了二氧化碳管道输送计算软件的国产化和数字孪生技术的突破。

目前,石油工程设计公司已形成了包含低成本高效二氧化碳捕集技术、大规模二氧化碳管输技术、二氧化碳驱油封存及地面工程技术、碳排放权交易与CCER相关的配套保障技术、CCUS全流程标准体系建设等在内的“CCUS全产业链技术”,为CCUS产业链发展提供了强有力的技术支撑。

现河机采装备服务部:

## 从坐等“点餐”到上门“配餐”

本报7月23日讯(记者

顾松 通讯员 张伟 张欢欢)

连日来,胜利油田现河采油厂机采装备服务部生产服务站一片繁忙景象,员工用工程余料、废旧油管,为管理区的高原机、游梁机焊接电机快速调节装置。据了解,仅半个月时间,这个站就自制电机快速调节装置10台,节约外委费近3万元。

摒弃“等活来”的思想,机采装备服务部以管理区需求为导向,主动上门对接降本减费的难点、痛点、堵点,努力提供个性化的服务模式和套餐式的解决方案,满足多路径节流降耗需求。截至5月份,他们已减少采油厂外委费用2162万元。

今年以来,机采装备服务部对成本进行系统分析发现,运费成本占可控成本的78%。他们在保障油气主业的基础上,充分发挥大调度职能,统筹规划车辆安排,通过“以大套小,以多套少”工作量组合,提高了车辆利用率。

5月29日上午,他们顺利完成草13-平102至草13-平38转上机工作,又顺道移走了草13-平38井的抽油机,完成草13-平112井抽油机整改工作。“只用了一个台班的车辆费用,就完成了3项工作,这就是‘以大套小’。”经营管理室主任董海鹏说,在资产拉运和压驱设

备转上方面,他们合理优化车辆组合,实现多项业务交叉施工。

管理区的需求,就是服务部的工作方向,就是降外委费用的潜力点。他们坚持主动服务,从管理区“点餐”到科学“配餐”转变,从“被动等待”到“上门服务”转变,做优精准服务。同时,服务部集结业务技术骨干力量,组建专门的技术管理团队,承揽油气主业相关提升业务等工作,在节流保效阵地上发挥作用。

服务部不断强化自营业务拓展,超前规划免洗或转井工序管杆施工计划、运送路线,上半年累计回收免洗工序管11365根,转井85口,节约外委清洗费93万元;自备发电机12台,并发挥带压堵漏人才优势,满足管理区临时停电及油气生产需要;将废旧油管加工制作成箱式垫板147块,应用到采油厂内部作业井场、道路应急2100平方米……

不仅如此,机采装备服务部还主动承接了采油厂中包含安装、保养、更换减速箱机油、调平衡在内的抽油机全链条维保服务,利用现有机械设备开展井场标准化提升业务,承接采油厂高压线路树木削剪设备消缺工作及外修管杆仓储质检劳务,在服务保障油气生产的同时,最大限度地节约了外委费用支出。

胜利十号钻井平台:

## 被评为“先进基层党组织”

本报7月23日讯(记者

顾松 通讯员 景超)

海洋钻井公司胜利十号钻井平台推行“基层管理人员融入班组”工作法以来,连续三年钻进进尺、创效指标排名第一,先后荣获胜利石油工程公司文明建设先进单位、胜利石油工程公司先进基层党支部、中国石化金牌基层队、胜利石油工程公司工人先锋号等荣誉称号。今年,他们被胜利石油工程公司评为“先进基层党组织”。

针对新老员工交替、新平台引进、钻台岗位人员短缺实际,该平台党支部推出“支部围着井眼转、党员围着钻台干、基层管理人员融入班组”工作法,让支委成员、优秀党员、带班干部、大班和技术人员融入班组,钻

台,克服班组人员不足、钻台人员技能不高的短板。

在拆装封井器、甩钻具等许可类作业,队长、工长必须加入到班组;在保养顶驱、检修泥浆泵等维修类作业,机械师、电气师必须加入到班组;在三标现场维护、井口工具吊装等一般作业时,水手长、水手必须加入到班组……通过基层管理人员融入班组,他们实现重大作业能盯上,关键作业能靠上,一般作业可帮上,有效地保证了平台生产运行和工作效率。

2022年,在胜利十号钻井平台党支部带领下,平台历时279天完成埕北某井组12口井的施工任务,累计进尺29709.93米,其中五口水平井施工中四破胜利海上施工纪录。