

奋进新征程  
建功新时代

牢记嘱托 再立新功 再创佳绩 喜迎二十大

■以曹银盛、李向良、李雪松和郑文宽为代表的胜利油田四代科研工作者,从1967年开始进行二氧化碳驱油的理论研究,历时50多年,让油田二氧化碳驱油从无到有、从小到大、由浅及深

## 四代“碳”路人,接力“搬”油藏



齐鲁石化-胜利油田百万吨级CCUS项目投运之际,曹银盛(左三)、李向良(左二)、李雪松(左四)、郑文宽(左一)四代科研工作者相聚在曹银盛家中合影留念。  
薛峰摄

庞世乾 巴丽蒙 代俭科

从40后到90后,胜利油田四代“碳”路人先后攻关二氧化碳捕集、二氧化碳混相驱油、二氧化碳封存等关键理论技术,最终把变幻莫测的地下油藏“搬”到大家眼前。

从室内研究到现场先导试验,从一个井组到百万吨级规模化应用,胜利油田走出了一条有别于国外、独具特色的CCUS研发应用之路。

曹银盛→李向良→李雪松→郑文宽  
从黑夜中摸索到走在大路上

1965年,曹银盛从西南石油学院毕业后来到923厂(胜利油田前身)地质所实验组工作。

曹银盛没有想到,也没有想过,自己会成为胜利油田二氧化碳驱油研究第一人。

1967年,胜利油田滨南油区的油井发现二氧化碳,基于当时国外已经有二氧化碳驱油的理论实践,曹银盛受命开始国内二氧化碳驱油的研究。这一年,第二代二氧化碳驱油科研人员李向良刚1岁。

曹银盛回忆,由于国内外油藏差异,加上技术和资料的封锁,手头的资料少之又少,没有经验可以借鉴,只能“在黑夜中摸索”。曹银盛和实验组的同事确定了以地层为对象、以原油为目标的研究思路,利用单井进行二氧化碳吞吐试验。

30年后,李向良和曹银盛相遇。1997年,原胜利油田地质院成立气驱研究室,李向良等3人成为曹银盛的徒弟,4个人开始了二氧化碳驱油室内基础研究。这一年,第三代二氧化碳驱油科研人员李雪松大学毕业。

在曹银盛的指导下,他们边查阅资料,边筹建实验室。当时,面对胜利油田10多亿吨低渗透储量“水注不进去、油采不出来”的现状,李向良把研究对象瞄准了采收率仅有8%的低渗透油藏,利用二氧化碳比原油分子小的特点进行驱油。

1998年,实验室人员自行设计两米长岩芯物理模拟装置,成为实验室的核心设备,探索关于影响驱油效果各种因素的规律认识。

2001年,曹银盛退休,李雪松进入气驱实验室,和师傅李向良一起完成长岩芯物理模拟装置的调试工作。从之前的二氧化碳驱油,以提高采收率为主,到CCUS的二氧化碳利用和封存并举,李雪松的研究重点转向了二氧化碳封存的防窜技术研究。

2019年,李雪松迎来了他的博士后徒弟——郑文宽,二氧化碳驱油理论研究有了第四代传人。物理模拟从一维向二维、三维拓展,让物理模型和实际油藏吻合,让物理实验过程和实际油藏开发过程相似,实现了“通过实验观察油藏,通过实验指导开发、通过实验预测效果”。

曹银盛→李向良→李雪松→郑文宽  
从打开一扇窗到推开一道门

从无到有、从小到大、由浅及深,既是曹银盛等四代人的持续创新,也是胜利油田的二氧化碳驱油之路。这条路进而在国内开CCUS先河。

曹银盛研究的二氧化碳吞吐是以单井为对象的提高采收率方法;把二氧化碳注入油井附近地层,通过溶解、膨胀、降黏、萃取,同时提升地层渗透率,从而提高产量。



胜利油田勘探开发研究院技术人员在CCUS实验室内利用气驱非均质模拟系统进行实验。朱克民摄

通过物理评价和单井试验,确定油井筛选标准,并找到了影响二氧化碳混相的原油物性、压力、温度三大因素,为后期理论研究奠定了基础。

2001年底,长岩芯物理模拟装置终于调试完成,可以反映二氧化碳驱油的真正效果。“最高兴的事就是理论认识不断突破,得到新的认识规律,为二氧化碳驱油走向现场打开了一扇窗。”李向良说。

2003年,胜利油田决定现场推广应用二氧化碳混相驱油,李向良主持设计了樊124区块的方案设计。2008年初,胜利油田在高89-1区块进行二氧化碳驱油先导试验,证明了二氧化碳驱油是低渗透油藏效益开发的最佳途径。

随后,勘探开发研究院在樊142区块的一个井组进行了长达5年的二氧化碳混相驱油试验并获得成功,为CCUS发展奠定了基础。

从2001年进入气驱实验室,李向良的徒弟李雪松这20多年来一直在与“气”打交道。随着油田二氧化碳驱油现场应用和CCUS的发展,李雪松的研究重点转向了二氧化碳封存的防窜技术研究。

彼时,二氧化碳的泡沫稳定性只能维持10分钟,如何延长泡沫的维持时间成为李雪松的重点攻关方向。“就好比把洗衣粉加到水中,泡沫维持时间越长,防窜效果越好。”

十年磨一“泡”。泡沫稳定性增加1分钟都是件难事,李雪松不断试验、不停摸索、不惧失败。从10分钟到半小时再到1个小时,二氧化碳泡沫维持时间被不断刷新。十几年来,李雪松研制出了多种防窜剂、降混剂、泡沫剂和凝胶,一次封存率能达到70%。

从事气驱研究三年来,李雪松的学生郑文宽对之前所有的实验数据进行梳理、分析,发现油田用来模拟二氧化碳流动的实验方法不能直观研究二氧化碳的流动规律。

通过不断试验,郑文宽和同事建立了径向流物理模拟装置和可旋转二维宏观物理模拟装置,可以在模型内布置不同的井网,研究二氧化碳和原油的多向立体流动及波及规律。

曹银盛→李向良→李雪松→郑文宽  
从点亮过去到照亮未来

四代人,一条心,一条路。

这条路上,变的是,路越来越宽;不变的是,他们共同的执着追求和精神传承。

面对一片空白,曹银盛自己动手,每一个零件都是自行设计、自己加工,从办公室到加工厂,从加工厂到试验井。“没有后退之路,必须要千方百计想办法把理论搞出来,就是发扬铁人精神,没有条件创造条件也要上。”他最着急的是解决矛盾问题的办法还不够多。

长岩芯物理模拟装置从设计到开发应用,足足用了3年时间。李向良回忆说,每试验一次需要半个月时间,每一次只要出现任何问题,都得从头开始。

摇晃,13圈一毫升,进泵泵至少需要30毫升,这意味着要连续摇晃780圈。“结束时,胳膊都抬不起来。”李雪松回忆起刚加入气驱实验室时的工作场景。

尽管前行的道路充满曲折,但是在李雪松看来,自己是幸运的,“赶上了气驱的春天,打开了CCUS的大门”。

现在,李雪松又开始进行前瞻性研究,为CCUS产业大力发展做好技术储备。“既要解决当下的问题,还要想到未来可能出现的问题加以解决,让CCUS技术行稳致远”。

郑文宽读博时的专业是裂缝油藏开发,跟二氧化碳并不搭边,但他主动要求进入气驱研究室。“双碳战略一下子让气驱研究火了,未来大有用武之地”。郑文宽认为自己“沐浴在气驱的春风里,走在CCUS发展的康庄大道上”。

行走在前辈们铺好的二氧化碳之路上,感到幸运的同时,郑文宽从未放缓自己的脚步,“目前我们正在研发攻关三维物理模拟装置,最终实现二氧化碳驱油实验从一维到二维最终再到三维的发展”。

齐鲁石化-胜利油田百万吨级CCUS项目投运前夕,四代人再次相聚在曹银盛家中,忆往昔、展未来,有欢声、有泪花。长幼年龄相差半个世纪的四代人,眼里都放着光,那种照亮未来的光。

■中原油田女员工秉承“时时放心不下”的责任感,积极投身“巾帼身边无事故”行动,在油田安全平稳高效运行中尽展“她风采”

## 巡自“心”开始,检从“小”做起

张松才 马秋洁 李 洁

中原油田1.4万名女员工以“时时放心不下”的责任感,积极参与“巾帼身边无事故”行动。她们从“心”开始,从“小”做起,在油田安全平稳高效运行中尽展“她风采”,助力织组织密织牢安全网。

常爱萍+杨秀峰+侯梦雪+黄玉琴+……  
捉虫不止的“啄木鸟”

一棵树再高大,也经不住害虫蛀蚀。抓安全,必须消灭想在大树上安家的“害虫”。

文96储气库共有116个验漏点,其中许多是法兰连接处、仪表接头处。为保障储气库安全无泄漏,中原油田天然气产销厂文96储气库项目部女员工严格执行“三级验漏”制度,每日验漏不少于3次。

在注气季,当压缩机出口压力超过20兆帕时,验漏还要增加两次。

“今年前9个月,姐妹们发现多处漏点,全部及时整改。”9月27日,刚从注采站验漏回来的项目部党支部书记常爱萍介绍。

由于积存垢渍、进水锈蚀,注采站、注采井场的阀门开启不够灵便,女员工巡查时自带工具,及时清除阀体内杂质和锈渣。

对于47口封堵老井,女员工从不怠慢。她们每天巡检一次,风雪无阻,以防天然气从井口蹿出“捣蛋”。一年四季,巡检路上的红工衣美如画、艳如旗。

在中原油田百里油区,奔走着无数这样不知疲倦的“啄木鸟”。

文留采油厂文东采油管理二区女工委主任杨秀峰时常不打招呼,就去采油站巡查。她逐个转动计量间的37座闸门,试试开闭是否灵便。她瞅瞅集输流程上的法兰有无渗漏,压力表是不是按期进行校验。发现渗漏,她就拿出随身携带的管钳,赶紧紧固,再擦净油污。她说:“小洞不补,大洞尺五。”

侯梦雪是供电服务中心文南项目部线路队电工班员工,工作职责是巡检计量箱、抄电表。然而,看见杂草到井场的配电柜里“串门”,她就戴上绝缘手套把草薅净,以免草茎搭在电路上,造成短路,引发爆燃。采油站计量箱旁长出小树,她用防爆相机拍下来,通知采油管理区清除。

侯梦雪的班组长叫黄玉琴。今年9月14日,黄班长和同事在抄表中,发现一家单位的计量箱门锈蚀严重。她们只好一个人托着门,一个人抄表。抄完表,她们立即通知那家单位整改。过了两天,她们发现新换的计量箱严严实实,没有通风孔,箱内凝结了不少水滴。计量箱中的电子器件如果长期过热、过湿,必然发生故障。她们赶紧把情况通报给那家单位,对方及时在计量箱上钻出散热孔。“彻底消除隐患,才算整改真正到位。”黄玉琴说。

杜俊玲+石英+杨敏+……  
小站员工的“心头好”

文东采油管理二区政工干事杜俊玲得空就往“娘家”跑。她是一名集输工高级技师,曾在文三中转站工作20年。她回趟“娘家”,只为“挑刺儿”。

一进站门,杜俊玲就直奔原油储罐核心区域。她最放心不下的,是泡沫发生器上的闷盖是否损坏、排沙口有无锈渣,发生器里有没有麻绳搭窝、消防炮的压力是否达标。

每到清明节和春节,周围乡村燃放鞭炮,杜俊玲往“娘家”跑得更勤了。她生怕油污池的盖板上没铺阻燃毛毡、毛毡没有洒水、上面没有压砖。

濮三中转站女员工石英自编印全站7个岗位的应急处置卡,发给员工备用,卡上内容易懂、好记、管用。针对近年员工人数减少、工作量不变的实际,石英还指导同事手指口述、你问我答、辨识风险、实景操演,习练本岗位和相邻岗位的安全操作技能,化为肌肉记忆。

濮城采油厂集输项目部女员工平均年纪近50岁,查找隐患是她们的“心头好”。

49岁的杨敏是集输项目部濮三中转站化验工,成天和化验班的3个姐妹查找岗位安全隐患。9月15日,杨敏在本班实在找不出瑕疵,就把全站的角角落落查了一遍,揪出3处隐患——污水处理站配电柜的铁门锈得快掉下来了、注水泵下面漏了一摊水、消防棚里的消防水带缠绕方式不对。杨敏用10分钟把消防水带重新缠绕,然后把其他隐患报告给站长。

“我明年就退休了。”杨敏说,“我是群众安全监督员,在岗一天,就要尽一天责。”

牛建美+李亚丽+侯霞+陶红+……  
“带刺的玫瑰”别样美

很多平日看起来温柔腼腆的油田女员工,紧要关口,却闪变“带刺的玫瑰”。

今年7月中旬,濮三中转站院内开挖管沟,濮城采油厂主任技师牛建美负责监护。挖沟者爱扎成堆,聊着天干活儿。然而,镐起锹落,挖沟者挨得太近,可能造成



中原油田文留采油厂女员工巡检注水泵房设备。  
张松才 摄

彼此伤害,还会增加疫情传播风险。

牛建美心生一计——她把要挖的沟每隔4米分为一段,要求相邻沟段的两个人必须背对背,朝着相反方向开挖。

“老刘,喝杯水吧,歇会儿再干。”眼瞅相对的两个挖沟者越挖越近,她就安排其中一个休息10分钟。这一招,果然管用。

“从油管里拽通管规,必须右手慢拉,左手托稳。”油管清洗工李亚丽不光有张“婆婆嘴”,还有一副大嗓门。没办法,中原油田采油气工程服务中心准备三大队油管清洗房中,油管成天咣当作响,嗓门小了听不清。每天下午收工后,都得把传送带外的油污清理干净,以免工友滑倒。

侯霞是油田信息技术有限公司通信技术工程师,目前负责马厂联合站信息化提升改造项目。

马厂联合站地处黄河南岸,地下水位高,盐碱含量大。按要求,焊接管线前,必须对焊条进行1个小时的去潮处理,再放入100摄氏度的保温箱中存放,否则焊口会吸潮生锈,影响管线安全。每道焊口开焊前,侯霞都用测温仪对焊条严格测温,达不到要求,绝对不准开焊。

分包商为赶工期,自然不想耽误工夫。焊工按焊口领钱,更想快干、多干。这些“钢铁直男”围着侯霞七嘴八舌:“小姐姐,劳驾你抬抬手吧。”

侯霞不吃这套:“铁规矩说啥也不能破。”

“针尖大的窟窿,能漏过斗大的风。”要想工程安全,工程监护者必须系好“安全带”。许多承包商、分包商为了方便联系,想把侯霞加为微信好友,都被她直接拒绝。谁要想从她嘴里打听公司招标信息,肯定是“白灰墙上挂帘子——没门”。

“万名‘女铁卫’以特有的细腻与坚毅为安全辛勤赋能,为油田收获了丰硕的安全红利。”中原油田工会副主席、女工委主任陶红自豪地说,“多年来,油田东濮老区、普光新区、内蒙古探区,以及300多个国内外运行项目保持安全运行,油气产量和经营效益始终箭头向上。”



中原油田天然气产销厂女员工在集气站巡检仪表。

张松才 摄