

系列技术挖掘南海老油田新潜力

◎本报记者 操秀英

南海西部油田是我国海上石油勘探的发祥地，诞生了我国海上石油勘探的多个“第一”。然而，经过50余年的发展，这些油田“老了”，含水率越来越高，开发成本日益上升，维持高产量的难度越来越大。

“但是，在保障国家能源安全的大背景下，我们的目标又是增产。”中国海油湛江分公司工程技术作业中心总经理刘和兴近日对科技日报记者说，“除了建设新的开发项目，如何挖掘老油田潜力，是我们必须面对的课题。”

而要做好这一课题，唯一途径是科技创新。

超短半径水平井、深度酸化、数字辅助钻井……在一系列自主创新技术成果的加持下，2023年，南海西部油田依然保持在全国十大油田之列。

“吃干榨尽”边际油藏

南海西部石油的开发，面临着“老小边穷”的系列挑战。老，是指老油田井槽资源紧缺；小，是指调整井单井增油量小；边，是指井位部署需迈向更深更远；穷，是指调整井项目经济性差；低，是指低渗透低渗储层开发难度大。

其中，油田“老小边”问题尤为突出。中国海油湛江分公司钻井总监胡杰说，这些近井地带的边际油藏看得见，吃不着。

如何将陆地油田开采边际油藏的超短半径水平井技术应用于海上油田？

“海上油田的环境与陆地油田有着巨大差异，海上油田的套管层次、地质条件等因素都给技术改造带来了极大挑战。”胡杰说，同时，南海西部边际油藏“又小又散”，这就要求相关技术必须实现对水平段轨迹的精准控制，同时尽可能

能延长水平段长度，以增加产能。

最终，胡杰和团队研发出更灵活的新型钛合金钻杆，引进小尺寸的铰接螺栓，实现钻井工具“指哪打哪”，完成可控轨迹超短半径水平井技术的适配性改造。

随后，该技术成功应用于文昌某油井，使其成本从4500万元降低到1800万元。该井投产后，日产量超计划产量的67%。

“可控轨迹超短半径水平井技术的成功应用，极大提高了边际油藏开发的经济性，为老油田的精准挖潜开拓了全新思路。”刘和兴说，以年均应用于10井次的规模测算，相较于常规老井侧钻实施调整井，该技术降低成本超亿元，年均增油量18万立方米。

让“乡间小道”扩容

石油“藏”在地层深度岩石孔隙中，通过一个个吼道流到井底，再被“抽出来”。如果把常规储层原油流出的通道比作宽阔的“高速公路”，那么低渗透储层就是狭窄崎岖的“乡间小道”。如何让“乡间小道”扩容，也是老油田潜力挖掘的重要课题。

中国海油湛江分公司完井总监简成介绍，目前，储层改造方法主要有压裂和酸化。由于海上平台空间受限、作业成本极高、作业难度大，压裂法几乎无用武之地。“酸化的成本较低，所需的设备和材料相对简单，施工过程也较为简便，可以大大降低油气田开发的成本。”简成说。

简单来讲，酸化就是用酸性物质将岩石溶解，使得石油通过的孔道变大。但常规的酸化只能解决近井地带的问题，距离井稍远一些“道路”依然不畅通。中国海油湛江分公司项目组织积极探索，创新提出“深部酸化”的概念，将狭窄的孔隙、吼道扩容。

项目组探索形成一套深部酸化改造



可控轨迹超短半径多分支井技术在文昌海域应用。

受访单位供图

液体系和深部酸化完井方式，根据不同类型储层对症下药，攻克低渗、特低渗“顽疾”，建设了原油流动的“高速公路”。

刘和兴介绍，目前，中国海油湛江分公司已经成功实施9口井的深部酸化储层改造作业。这些井的产量达到计划产量的197.1%，储层改造效果显著。目前南海西部油田低渗、特低渗储层占比超30%，储量巨大，未开发低渗储量8000万吨以上，深部酸化的应用前景广阔。

大数据辅助“降本增效”

由于海上环境复杂多变，钻井过程中经常遇到未知岩层，导致进度延误、成本超支。仅凭个人经验和直觉难以应对日益复杂的钻井环境，急需一种新方法来提升钻井效率，降低作业风险。

文昌油田开发完井项目经理郑金

龙带领团队，收集并整理了大量钻井数据，研发出一套大数据智能辅助钻井系统。该系统能够实时采集钻井现场的各种数据，利用高级算法对数据进行快速识别分析，并自动生成最优钻井策略。同时，系统还具备自我学习功能，能够不断优化算法，提高预测准确率。

大数据智能辅助钻井系统在文昌探井中应用30余口井，作业效率显著提升，成本大幅降低。

“中国海油湛江分公司在完井油气增产技术及智能完井领域取得的显著技术成果，不仅展现了我国海洋油气勘探开发能力的不断提升，更是技术创新与实际应用深度融合的典范。”中国石油大学（北京）安全与海洋工程学院院长杨进说，随着这些技术的持续优化与推广应用，该公司将在老油田稳产上产方面取得更大的成绩，进一步引领我国海上油气勘探开发技术的新潮流。

稳定、性能测试等系列工作。

“好用！”液压负责人对着这个“新家伙”啧啧称奇。该试验台的设计者李明介绍：“设备初次亮相便在升船机检修现场大展身手。”

新装备的研发源于现实需求。以往，三峡升船机液压器件的维护和参数整定在复杂的系统上开展，所耗时间较长，影响通航效率。

为破解这一难题，三峡局升船机管理处充分考虑液压故障诊断处理、系统维护工艺、器件快速整定、集合底层运维等方面需求，研制出了多功能液压试验平台，并于2023年7月完成安装与调试。

“从元器件到软件开发，三峡升船机的多功能液压试验台全部采用国产化产品，实现了自主可控。”李明告诉记者，在本次停航检修中，多功能液压试验台积极发挥快速整定测试作用，对多种液压元器件进行了参数整定与关键性能校核，几分钟内精确完成，节省时间半个月以上。

节省检修时间

“启泵！”“电磁阀给电！”三峡升船机2号塔柱189米高程的机房内，停航检修液压负责人发出指令，技术员李明在一套崭新的试验平台程控界面上操作，对下厢头液压系统拆除的溢流阀进行调整。

只见一人反复旋转阀门手柄，一人配合观察参数、分析曲线变化，短短2分钟，检测数值达到设定值，顺利完成参数

新装备保障三峡升船机如期复航

◎本报记者 何亮

今年国庆“黄金周”期间，坐船打卡“国之重器”成为热门旅游项目，“两江一峡”、长江夜游持续火爆。数据显示，国庆期间，三峡升船机通过旅客2.4万人次，同比增长31.0%；葛洲坝三号船闸通过旅客6.7万人次，同比增长11.1%……三峡枢纽河段客流高位运行的背后，离不开长江三峡通航管理局（以下简称“三峡局”）技术团队运用新装备，助力三峡升船机在国庆前夕安全检修、如期复航。

提升检修效率

“这次停航检修，闸首桥机钢丝绳润滑装置改造是一大亮点。”三峡局升船机管理

处设备技术办负责人告诉科技日报记者。

布置在三峡升船机上下闸首航槽顶部的3台桥式启闭机，是保障升船机通航运行、设备检修、防洪度汛的关键设备，其起升机构钢丝绳是桥机运行的关键构件，定期润滑维保十分重要。

在以往的钢丝绳润滑维保实践中，人工操作存在涂抹润滑效果不佳、用量无法精准控制、需定制非标润滑设备等问题。

为确保桥机钢丝绳精准可靠、绿色低碳润滑，升船机管理处技术人员自主设计并研发一套桥机钢丝绳润滑装置。新装置包括支架、油量控制机构、出油槽、涂油轮组和限位及导向机构，具有操作简单、结构稳定、作业空间需求小的特点。

经过不断优化和完善，2023年12月，该项成果试验性用于三峡升船机上闸首

500吨桥机钢丝绳润滑作业，在有效提升钢丝绳润滑效率的同时可避免油液滴落，达到了预期效果。

在此次计划性停航检修期间，升船机管理处使用该装置对其余两台桥机钢丝绳润滑装置进行了更新并完成安装调试，创新成果正式应用。

节省检修时间

“启泵！”“电磁阀给电！”三峡升船机2号塔柱189米高程的机房内，停航检修液压负责人发出指令，技术员李明在一套崭新的试验平台程控界面上操作，对下厢头液压系统拆除的溢流阀进行调整。

只见一人反复旋转阀门手柄，一人配合观察参数、分析曲线变化，短短2分钟，检测数值达到设定值，顺利完成参数

不用抗生素，水产养殖也能防治“细菌病”

◎本报记者 张 鑫
通讯员 于舒雯 张国祥

10月10日，在辽宁省大连市甘井子区双台沟村的大连天正实业有限公司养殖场内，大连理工大学生物工程学院硕士生王楷翔团队正在查看“海康宝”系列产品试用情况。

“与去年同期相比，使用‘海康宝’系列产品后，水产生物的患病率下降了30%，饲料使用成本减少了5%左右。”王楷翔说。目前，其所任团队已突破包括多联多价抗原技术、壳聚糖-海藻酸钠包被技术等在内的多项卵黄抗体领域技术，累计申请国家专利8项，发表相关

SCI论文6篇，令水产养殖不用抗生素也可以防治“细菌病”。

研发绿色、安全、高效的抗生素替代品

团队指导老师、大连理工大学生物工程学院副教授李晓宇介绍，仅在大连，每年海洋生物因细菌性感染带来的经济损失就达数十亿元，主要涉及大菱鲆、海参等高价值养殖物种。鳃弧菌病、迟缓爱德华菌病、溶藻弧菌病等由细菌引发的病症，常常导致养殖鱼类严重感染。感染后，养殖鱼类的死亡率非常高，进而导致水产养殖场产量锐减，带来经济损失。



团队成员在辽宁省庄河市海洋村同养殖户观察交流使用“海康宝”后的水产养殖情况。

张若天摄

“长期以来，在海参养殖中使用抗生素预防疾病的现象多发，逐渐成为产业发展的痛点。自2019年7月10日，农业农村部第194号公告全面叫停饲用抗生素后，海参行业迫切需要绿色、安全、高效的抗生素替代品。”李晓宇说。

针对这一市场需求，从2022年10月起，在李晓宇的指导下，王楷翔结合所学提出新型替代疗法——多联多价卵黄抗体技术，即在原先卵黄抗体技术的基础上，把能应对多种中和抗原的多价卵黄抗体结合在一起，制成了多联多价的卵黄抗体。

如今，王楷翔团队已突破多项卵黄抗体领域技术，并据此成功开发出针对海参、大菱鲆以及东方红鲳鲷养殖用特异性卵黄抗体饲料添加剂“海康宝”系列产品，在国际上率先实现对黏附素及肠毒素两个靶点的双重阻断。

助力养殖户提高经济效益超2300万元

与其他同功能产品相比，“海康宝”治疗成本低，仅为其他产品的50%，治愈率却高达90%，超出其他产品两倍以上。它无需注射或拌料使用，洒在养殖水体中就能发挥作用。

为了检验产品能否真正解决养殖户

养殖困境，团队成员进行了走访，足迹遍布全国三省12市县，普及养殖知识，帮助养殖户解决疫病难题，签订了超700份特约养殖户合作协议，助力养殖户提高经济效益超2300万元。

“参苗爱得细菌病这个问题困扰了我这么多年，还真让你们解决了！”10月8日，辽宁省大连市庄河市海洋村村民焦玉强向王楷翔感慨，“上一批参苗培育的时候，我在一个池子里用了海康宝，这个池子的海参还真没得病，效果跟用药一样，还不用担心药残。”

除了辽宁省，“海康宝”还在福建省霞浦县开展规模化试点，至今已有了38户养殖户参与。不仅如此，3家规模化养殖企业试点应用王楷翔团队研发的海康宝系列产品后，实现增收超3000万元。

“我们的所有产品目前都是以成本价提供给养殖户和企业试用，目的是调查到真实的使用效果，不图经济利益。”大连理工大学生物工程学院博士研究生张万说。

辽宁省水产学会副理事长徐永平介绍，通过2023年和2024年海参价格核算，“海康宝”治愈率与其他同类产品相比提高60%—75%，为参与试点的300余养殖户总计减少了1000多万元经济损失，带动养殖户人均年增收11.15万元。

成果播报

全球最大吨位全地面起重机下线

科技日报讯（记者俞慧友）记者10月11日从中联重科获悉，由其自主研发的全球最大吨位4000吨级全地面起重机日前在湖南省长沙市下线。这是中联重科继打造2000吨、2400吨世界级起重机装备后，再一次刷新这一领域的世界纪录。这一起重机实现了领域内技术含量最高、起重性能最强、风电吊装工况覆盖最多、转场施工最便捷等多个“行业之最”。

据介绍，全地面起重机是一种兼具汽车起重机和越野起重机特点的高性能装备。它既能像汽车起重机一般快速转移、长距离行驶，又可满足在狭小、崎岖不平或泥泞场地上的作业要求。

中联重科工程起重机分公司研发中心主任罗贤智说：“此次我们研发的4000吨级全地面起重机，主要为陆地超大、超高风机安装量身研发，可对6至10兆瓦的风机进行安装，是业内唯一满足185米高度风机安装的全地面起重机。”

该4000吨级全地面起重机还配有标准3米宽度设计的10桥全地面底盘，创新了整机高集成设计、长柔大惯量臂架平稳安全作业控制等多项先进技术，装备了由中联重科自主研发的行业承载能力最强的超重载车桥。“它的下线，将引领全球全地面起重机进入4000吨级的新时代。”罗贤智说。

另悉，中联智慧产业城起重机械园区于近日开园。随着这一全球首个覆盖轮式起重机所有部套、全工艺流程的智能园区开园，智慧产业城四大主机园区均建成并实现投产。

截至目前，产业城创新了150多项行业领先技术，汇聚了12个全球领先的智能工厂，20条无人化“黑灯”产线，300条行业领先的智能产线和2000多台工业机器人，700余项产线专利技术和1个国际标准秘书处。在中联智慧产业城里，通过智能排产、工业AI、数字孪生、全流程智能物流等数字化技术与制造深度融合，中联重科可实现平均每6分钟下线一台挖掘机，每7.5分钟生产一台剪叉式高空作业机械，每18分钟制造一辆起重机，每27分钟打造一台臂架泵车。



4000吨级全地面起重机下线。

受访单位供图

机器人组团“上岗” 智能建造更高效

◎本报记者 龙跃梅
通讯员 朱丽娟 李雅剑

地面整平机器人、建筑清扫机器人、测量机器人、混凝土内墙面打磨机器人……10月12日，科技日报记者在广东省东莞市人民医院科教综合楼和急救中心项目建设现场，看到了一个个有着拿手绝活的机器人在工地上忙碌着。

测量作业是工地上的一项十分重要的基础性工作。然而，传统的实测量过程繁琐，工作人员需要携带多种测量工具，耗时耗工效率低，采样率低，且结果易受测量工具和人工操作影响，测量机器人则可以解决这些问题。测量机器人是一款用于施工质量检测的建筑机器人。它通过模拟人工测量规则，使用虚拟靠尺、角尺等完成实测量，具备全自动测量、高精度成像、智能报表生成、多维度分析等功能，测量结果较人工更客观和准确。

“五字诀”方案助老房子变好房子

科技日报讯（记者俞慧友）老破小房屋如何变新居是民众关注的热点之一。记者10月11日从中国建筑第五工程局有限公司（以下简称“中建五局”）获悉，该局针对现有老房的系列通病缺陷，提出旧房改造的五字诀即“旧改五字诀”一揽子解决方案，并融入自主研发的系列创新技术与产品，提出了老房子变好房子的中建方案。

“旧房存在诸多居住问题，如墙体结构损坏、基础设施老化、空间局限、采光保温隔音差、渗漏、异味等问题。我们针对这些问题，结合新时代居住需求，创新提出了诊、拆、改、防、提的‘旧改五字诀’一揽子解决方案。”全国工程勘察设计院首席大师、中建五局总工程师兼设计研究院院长杨瑛说。

“诊”指以科技手段对房屋的结构安全、全屋渗漏、保温节能、厨卫返臭、围护隔音等方面进行诊断；“拆”指进行机械化拆除、亚静

音化拆除以及拆除后再利用；“改”指改后线路用电便捷化、内墙功能多样化、外墙防渗透、排水异层变同层、卫浴墙地可逆装；“防”指防臭、防水、防噪、防油污、防盗窗等技术处理；“提”指通过电梯加装、适老设计、智能化家居改造等手段提升居住的便捷化程度。

为展示旧改中建方案，中建五局工程创新研究院联动装饰公司，以二十世纪六七十年代两套砖混结构住宅为样板，在进行充分市场调研后，梳理出老百姓对好房子的真实需求，提炼出了134条痛点问题与解决方案。团队以“旧改五字诀”为指导，创新应用了其自主研发的装配式内墙改造技术、三维扫描数字模型设计、同层微降排水系统等12种新技术，地聚合物高延性抗震砂浆、地聚合物再生骨料地板、晾晒一体窗等16种新产品和材料，

非回填微架空干法、可逆拆卫生间微降板装配、装配式快接管等6种新工艺，精准解决老房通病。

中建五局华南公司项目技术总工李大强介绍，测量机器人运用AI测量算法处理技术，在提升测量效率、提高测量精度、全方位测量等方面，为项目提供了完整的质量检测解决方案。测量机器人也“不甘示弱”。

在传统施工工序中，混凝土摊铺施工受混凝土特性、施工工艺和工期、管理水平等因素影响。地面整平机器人通过混凝土地面全自动整平施工，在提升施工精度、提高施工效率、降低劳动强度等方面发挥了特殊作用。有了高精度地面机器人，施工水平合格率可稳定在95%以上。此外，与传统相比，该机器人还可节省施工综合成本约28%。李大强介绍，地面整平机器人集成了自主开发的全自动导航系统、双自由度自适应系统、集成智能运动控制算法、高精度激光识别测量和实时控制技术，为项目提供智能建造新型解决方案。