



确保“十四五”开好局 以优异成绩庆祝建党100周年

协同攻关 为增效注入“微”动力

胜利油田、石科院联合研发的生物基驱油剂工业化生产及应用关键技术达到国际领先水平,预计未来创效超20亿元

□江建林 林军章 乔富林 高敏 陈子佩 文/图

日前,由胜利油田、石科院联合自主研发的生物基驱油剂工业化生产及应用关键技术顺利通过集团公司科技部组织的专家鉴定,整体达到国际领先水平。

该项目基于合成生物和发酵工程技术,成功开发

出万吨级生物表面活性剂发酵生产成套技术,围绕生物表面活性剂建立不同类型油藏生物基驱油剂,可使驱油效率提升20%以上,进一步加快了采油制剂绿色化、低成本化的推进步伐。胜利油田进行现场应用后,累计增油6.78万吨,获得经济效益7833万元。

绿色发展推动传统工业驱油剂更新换代

石油资源是国家能源安全的基础。截至2020年,我国石油对外依存度已高达73%,加大石油勘探开发力度尤为紧迫。但是,我国大多数油田均处于开发中后期,剩余资源品质总体降低、资源劣质化加剧。因此,通过提高采收率实现油田稳产上产,是目前技术攻关的重点方向。

表面活性剂驱油是一种有效提高采收率的方法,在实际应用过程中也收到了非常好的效果。但随着提高采收率技术不断向高温高盐等苛刻油藏扩展,现阶段应用较多的石油磺酸盐、烷基苯磺酸盐等表面活性剂存在适应性差、吸附损失大等问题,现场应用受到一定程度的制约。同时,采油过程中注入地下的大量传统工业驱油剂生物降解性差,易残留在地层中或随地下水迁移,造成土壤和地下水污染。进入“十四五”发展阶段,根据中国石化打造世界领先洁净能源化工公司和油田

绿色高质量发展的要求,油田驱油剂亟须朝着绿色可持续方向发展,实现传统工业驱油剂的更新换代。

生物表面活性剂是一种由微生物代谢产生的结构多样的表面活性物质,既有与化学表面活性剂类似性能,又具有用量少、绿色无毒、易生物降解等优点。它可以通过廉价且来源广泛的工业含糖废料和农副产品作为原料发酵而获得,能大幅降低应用成本。

“国内外研究表明,生物表面活性剂在提高采收率方面具有较大潜力,但想要将这一技术真正规模化应用于油田,则需要克服生物基表面活性剂发酵产率低、缺乏连续化生产工艺、对不同油藏类型适应性差等众多技术难题。”胜利油田石油工程技术研究院副院长曹嫣镔介绍。

面对困难,中国石化勇挑重担,积极组织石科院、胜利油田的科研骨干,联合清华大学、南京工业大学,组建了联合科研攻关团队,找准问题,对症下药。

菌种基因改造助力发酵产率取得突破

如何提高微生物发酵过程中目标产物生物表面活性剂的产量,是项目需要解决的首要问题。

早在“十一五”期间,项目组就开始关注生物基驱油剂的动向,开展可行性论证和实地考察,就如何提高生物基驱油剂的发酵产率这一关键技术问题进行思考和讨论。

经过深入而细致的分析,大家一致认为,“治病”得从“病根”入手:要想让微生物变得更“活泼”,发酵出更多的活性驱油剂,仅仅改变外部环境是不够的,必须从微生物的内部基因下手进行改造,才能实现发酵效率的质变。

近年来,我国基因工程的飞速发展为这个创意的实践提供了契机。基于合成生物技术,研发人员构建了多重基因工程改造菌株,使菌株的发酵活性实现了质的飞跃,发酵产量提升了40倍,突破了该领域的核心技术瓶颈。

在发酵产率得以提高后,研发人员开始集中精力揭开改造菌株的神秘面纱。

项目组联合南京工业大学、清华大学对改造菌株进行了大量基因组测序工作,证明了该项目所得改造菌株的原创性。在项目组专家的努力推动下,改造菌株成功获得了国际菌种认证,并在国家菌种保藏库中建立了专属菌种保藏号,拥有完全的自主知识产权。

随后,项目组基于国际首创的改造菌株开展了放大发酵生产试验。此时,微生物发酵产生的大量泡沫又成为了阻碍连续循环发酵的“拦路虎”。

发酵过程中,大量泡沫从罐顶溢流,造成了底物利用不完全、杂质污染等问题,严重制约了菌株的发酵效率。项目组从优化发酵罐设计和发酵参数入手,经过多次尝试,最终攻克了生物表面活性剂连续循环发酵工艺难题,创新解决了发酵泡沫对生产的制约问题,使发酵效率提升了60%以上,产品产率、底物转化率和发酵规模均处于行业领先水平。

在此基础上,项目组又通过技术攻关实现了脂

肪、鼠李糖脂、槐糖脂等3种主要活性产物的选择性强化发酵,可根据不同原油性质,调节发酵液中活性组分的比例,从而实现生物基驱油剂和原油性质的匹配。

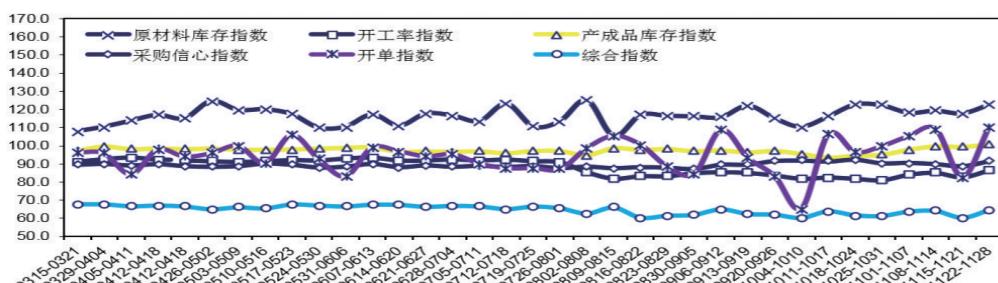


说明:为了更好地掌握和预测石化行业运行动态,化工销售设立了“化工产品采购指数(Chemical Customer Purchasing Index,CCPI)”,通过对化工行业下游样本客户的开工情况、库存情况、开单情况、采购信心等关键环节进行定量监测,来预测客户的采购需求,是一个综合性的量化指标体系,共涉及化工样本客户535家、化工下游行业76个、27个大类品种。

主要指标计算逻辑如下:综合指数=50%×下游开工率指数+10%×开单指数+15%×采购信心指数+15%×(100-原材料库存指数)+10%×(100-产成品库存指数),各分项指数由报告期数据比基期数据得出。其中基期数据参照各产品各行业正常运行情况确定,当下游运行正常时,各分项指数为100,综合指数为75。

化工产品采购指数(CCPI)走势

本周CCPI综合指数为64.6,比上周上升4.2,各分项指数与上周比:原材料库存指数上升4.9,开工率指数上升3.8,产成品库存指数上升1.5,采购信心指数上升2.9,开单指数上升27.7。



2021年11月22日~11月28日化工销售CCPI分产品指数情况

转变思路助力驱油剂效率显著提升

万事俱备,只差发酵产品现场应用的“临门一脚”,但这个过程却并非一帆风顺。

面对复杂多变的油藏条件,想要获得高采收率并非易事,必须针对不同的油藏条件“对症下药”,开出“良方”。项目组经过多次讨论,分析了水驱油藏、中低渗油藏和稠油油藏的开发矛盾,一致认为有必要在微生物发酵得到活性产物的结构骨架上,通过化学修饰进一步提高生物表面活性剂的活性,使其更好地发挥驱油潜能。但由于发酵产物的组成十分复杂,且常规改性修饰手段对产品特殊的活性成分结构均束手无策,目前没有现成的经验可供借鉴。

面对发酵产品现场应用的“卡脖子”难题,石科院研发团队开始了新一轮的技术攻关。通过分析现场取回的发酵液样品,研发人员认为偏低浓度的活性成分可能会严重影响改性的成功率,改性前需要先将发酵液进行浓缩。然而就是这一步简单的浓缩,却让研发人员犯了难:当产物浓缩到50%以上时,发酵液黏度增加明显,需要很高的能耗才能进一步浓缩到70%。

为了验证改性生物基驱油剂在实际应用过程中的可行性,石科院与胜利油田工程院的研发人员加班加点,共同进行模拟现场状况的洗油、润湿和驱油试验。经过半个多月的奋战,不仅使得生物基驱油体系更“接地气”,而且激发了双方科研人员的灵感和创意,对改性分子构效关系的认知更加全面深刻。

胜利油田规模化应用后创效超20亿元

至此,该项目通过基因工程研发,得到了国际首创的新型高效发酵菌株,解决了发酵产率低的“卡脖子”难题,通过发酵工艺优化,实现了生物表面活性剂的连续循环发酵。

通过创新分子改性思路和方法,整体改性技术具有条件温和、无“三废”产生、低成本、快速高效、绿色环保的优

势的化学反应类型进行深度探究。攻克了传质效率差、反应周期长、转化率低、过程能耗高、三废副产物多等一系列技术难关后,他们成功开发出一种高效绿色的改性方法,实现了发酵活性产物的常温水溶液改性,并顺利实现了放大试制。

更令人欣喜的是,改性后的发酵产品对目标区块原油表现出了极佳的适应性,能够通过深度润湿、乳化降黏等方式,将原油的黏度降低90%以上,相比改性前有了质的飞跃。最终,基于石科院稠油高效化学开发平台的积累及深厚的稠油化学剂研发经验,经过大量配方优化试验,技术人员得到了集乳化降黏、超界界面张力等优良性能于一体的改性生物基驱油剂。室内模拟驱油评价显示,该驱油剂将目标区块原油的采收率提高20%以上,超额实现了项目目标。

目前,围绕性能优异的改性生物基驱油剂,项目组已申请了20余项国家发明专利,其中10项已获授权,形成了一系列具有自主知识产权的生物基驱油剂改性产品和方法。

为了验证改性生物基驱油剂在实际应用过程中的可行性,石科院与胜利油田工程院的研发人员加班加点,共同进行模拟现场状况的洗油、润湿和驱油试验。通过分析现场取回的发酵液样品,研发人员认为偏低浓度的活性成分可能会严重影响改性的成功率,改性前需要先将发酵液进行浓缩。然而就是这一步简单的浓缩,却让研发人员犯了难:当产物浓缩到50%以上时,发酵液黏度增加明显,需要很高的能耗才能进一步浓缩到70%。

为了验证改性生物基驱油剂在实际应用过程中的可行性,石科院与胜利油田工程院的研发人员加班加点,共同进行模拟现场状况的洗油、润湿和驱油试验。通过分析现场取回的发酵液样品,研发人员认为偏低浓度的活性成分可能会严重影响改性的成功率,改性前需要先将发酵液进行浓缩。然而就是这一步简单的浓缩,却让研发人员犯了难:当产物浓缩到50%以上时,发酵液黏度增加明显,需要很高的能耗才能进一步浓缩到70%。

通过创新分子改性思路和方法,整体改性技术具有条件温和、无“三废”产生、低成本、快速高效、绿色环保的优势,而且可使发酵产物多项性能得到质的提升。研发得到的高效生物基驱油剂“发酵—改性”组合工艺技术具有中国石化自主知识产权,成功消除了技术瓶颈。

所得发酵产品超高的性价比及绿色环保的社会效益,让项目组看到了其在现场应用的光明前景。项目组成员团结协作,加班加点,通过大量的室内模拟试验,成功得到了生物基驱油剂最优的现场注入工艺,形成了生物基驱油剂工业化生产及应用成套技术,最终打通了现场规模化应用的最后一环。

6月23日,项目“生物基驱油剂工业化生产及应用关键技术”通过了集团公司科技部组织的专家鉴定。专家一致认为:该项目加快了采油制剂绿色化、低成本化推进步伐,有助于油田提高采收率技术升级发展,为打造绿色生态油田贡献了重要的技术力量,整体达到国际领先水平。

目前,在联合科研平台的积极推动下,生物基驱油剂已在水驱、低渗透和稠油油藏和中低渗油藏5个区块32个井组实施复合驱,累计增油3.9万吨;125口油井实施生物基驱油体系复合单井吞吐,累计增油2.8万吨。经过经济效益分析,该技术现场实施后实现增油取得经济效益7833万元。

长远来看,该项目形成的生物基驱油体系在水驱、低渗透和稠油油藏覆盖地质储量9.2亿吨,未来5年,生物基驱油剂在胜利油田推广应用量将达到20万吨,增油量达到110万吨。据此核算,该技术规模化推广后,产品销售和增油取得经济效益将超过20亿元。