

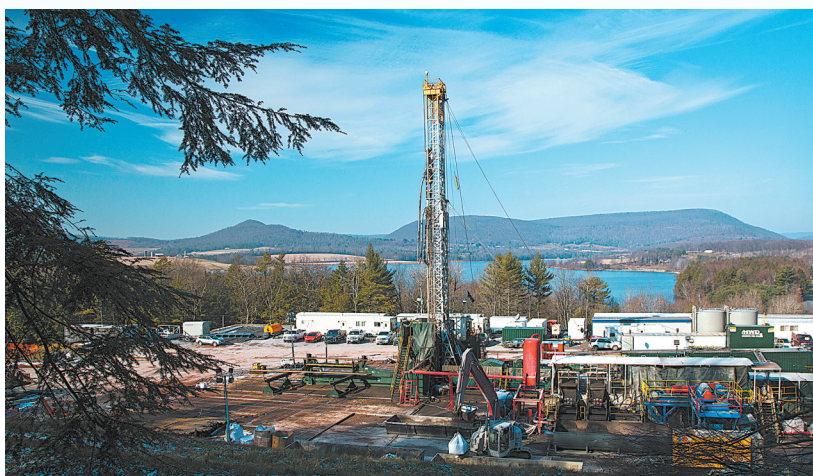
美国二叠纪盆地的采出水管理正经历根本性变革,回收、淡化、跨盆地处置及碳封存等多种技术组合,以及动态监管和清晰的法律框架,为采出水管理开辟了新路径

采出水:从烫手山芋到液体黄金的蝶变

●赵华

采出水是美国二叠纪盆地油气开采的最大副产品,日产量超过200万桶,且将持续增长。其含盐量是海水的7倍,并含有重金属、放射性物质及化学添加剂,严重威胁土壤、地下水和生态系统。传统深井处置采出水的方式会导致地层压力升高,迫使行业寻求新的解决路径。

以“减量化、再利用、资源化”为核心的循环经济模式,正为采出水管理提供系统性解决方案。为油田提供水处理技术的美国Hydrozonix公司系统梳理了采出水管理经验,展示了循环经济如何在油气行业具体落地。



知识名片

采出水是油气开采过程中随原油、天然气一起被带到地表的地下水,含盐量是海水的7倍,并含有重金属、放射性物质及化学添加剂,一旦泄漏将导致土壤盐渍化、植被死亡及淡水层不可逆咸化。在美国二叠纪盆地,采出水是油气开采的最大副产品,日均产量巨大且仍在持续增长。

采出水的污染特性

采出水是油气开采过程中随原油、天然气一起被带到地表的地下水,含盐量高是其污染问题,一旦泄漏,将导致土壤盐渍化、植被死亡及淡水层不可逆咸化(淡水被高盐废水污染后,水质永久变质,无法恢复饮用或灌溉功能),修复成本极高。

此外,采出水还含有天然放射性物质(镭-226、镭-228)、重金属(砷、铅、钡、锶),以及压裂液残留化学品(减阻剂、杀菌剂等)。烃类残留如苯、甲苯等挥发性有机物,具有致癌性和地下水迁移性。

采出水主要有3个泄漏途径:处置井套管破裂、地面设施破损、废弃井泄漏。

传统处置模式面临多重挑战

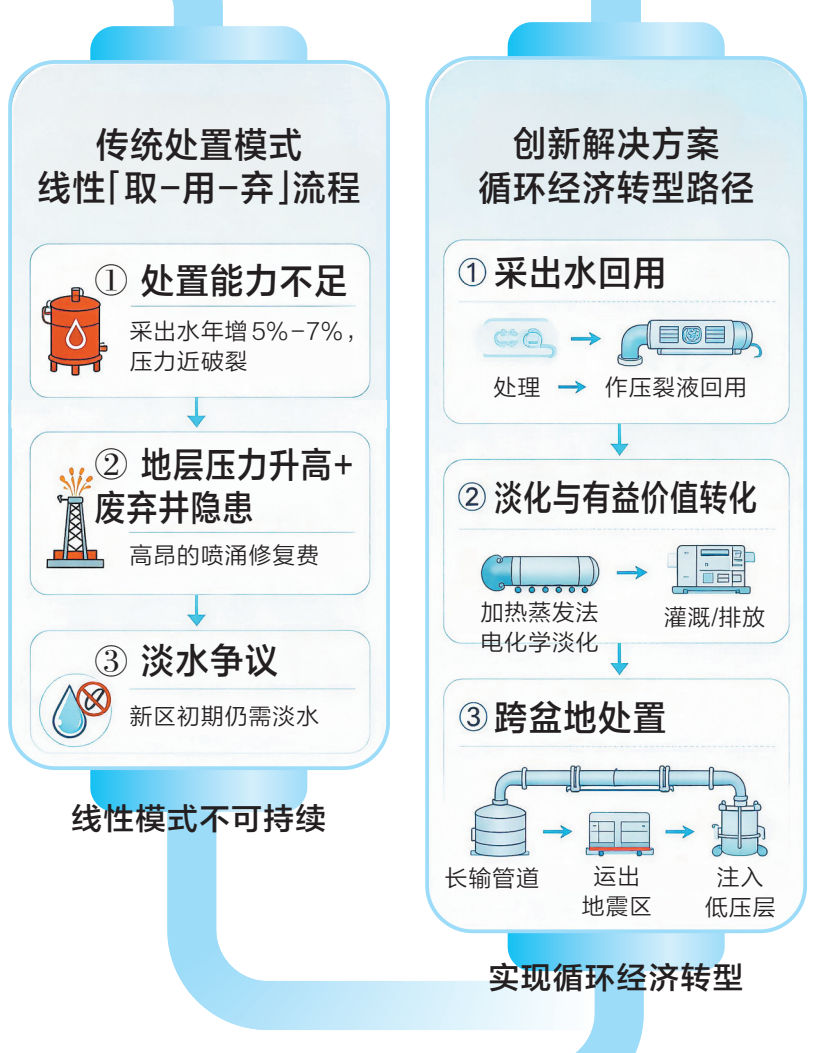
过去十年,美国陆上采出水管理逾90%依赖II类注入井,包括专用处置井和提高采收率的水驱井。然而,这一线性“取-用-弃”模式正面临日益严峻的挑战。

处置能力与产量增长不匹配。二叠纪盆地采出水量以每年5%~7%的速度增长,而深层盐水的注入压力已接近破裂压力。部分地区出现“注入压力竞标”,推高了处置成本,并加剧了地质风险。

地层压力升高与废弃井隐患。在特拉华盆地,多年持续注入采出水导致地层压力不断攀升,已逼近盖层(阻止下流流体向上迁移的隔水岩层)的破裂压力。压力升高直接影响废弃井的密封完整性,可能成为高压流体的优先泄放通道。虽然实际泄漏事件数量有限(得克萨斯州铁路委员会每年发现约10口未知泄漏井),但如果发生采出水喷涌事故,单次修复成本高达数百万美元。

淡水消耗争议。虽然大型油气公司承诺改用采出水和微咸水,但新区

从线性困境到循环转型:采出水管理的两条路径



块开发初期采出水量不足时仍需依赖淡水,这一矛盾尚未根本解决。

创新解决方案

面对上述挑战,美国油气行业正从3个方向探索解决方案,分别对应循环经济的“再利用、资源化”两大原则,以及作为转移风险的异地处置。

采出水回用对应“再利用”原则,但并非永久方案。采出水处理后可作为压裂液重复使用,目前回用比例约占采出水量的30%,理论上可达50%,但受限于空间错配(新开发区缺水、老油田有水平钻井需求)和周期性波动(油价影响完井活动)。通过建设大型集中回收中心,水处理中游公司可提升采出水回收利用的规模效应。

淡化与有益价值转化对应“资源化”原则,是最具前景的发展方向。由于二叠纪盆地采出水含盐量远高于海水,传统反渗透膜容易失效,需采用多效蒸馏、机械蒸汽再压缩、正渗透等技术或电化学工艺。利用油田余热驱动的系统可能将能耗降至3~5千瓦时/立方米,处理后的采出水可用于数据中心冷却、农业灌溉和地表水排放。得克萨斯州环境质量委员会正在制定排放标准,5项许可已进入审查阶段。业内预计,首张排放许可的获批将成为行业转折点。循环经济资源化的本质就是将原本需要付费处置的“负担”转化为可产生收益的“资产”。

跨盆地处置是转移风险的空间策略。通过长输管道将采出水运出地层活跃区,注入压力较低的地层。2019年,美国NGL公司率先通过LEX管道系统将采出水运送至安德鲁斯县的设施。这一模式可有效缓解局部地质风险,但投资较大,一条日输20万桶的管道需融资约1.5亿~2亿美元。

管理经验是监管与技术协同

二叠纪盆地在采出水管理方面积累了3个方面的经验。首先,监管体系的动态调整与数据驱动。得克萨斯州铁路委员会通过划定审查区域和地质扰动区域,审查半径从0.25英里扩大到2英里,在0.5英里范围内强制要求合格固井,在2英里范围内若发现未知井则扣减注入压力,倒逼企业主动封堵。同时,得克萨斯州区域监测网络TexNet提供的高精度数据也为决策提供了科学依据。

其次,采出水所有权与责任法律明晰。新墨西哥州2019年《采出水法案》明确所有权拥有者拥有采出水所有权;得克萨斯州最高法院随后通过

HB49法案,免除处理、储存、转移采出水的主体对处理后使用后果的侵权责任。这些立法为私营企业投资扫清了障碍,也激发了技术创新的积极性。

最后,产学研协同与跨州接力。新墨西哥州率先成立采出水研究联盟,开展水质成分、处理技术、立法支持研究,推动州长在第28届联合国气候变化大会(COP28)上宣布拨款支持采出水的有益再利用。但因政治反对未能落地,得克萨斯州随后成立了采出水研究联盟,并获得相关资助。这一模式也为其他地区提供了“先试点、再扩散”的实践范例。

未来趋势与可持续转型

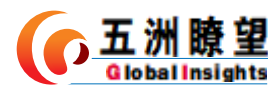
未来十年,全球采出水管理将呈现三大趋势,并将共同指向循环经济的终极目标,即以线性“取-用-弃”转向闭环“取-用-复-再生”。

有益价值转化将超过回收利用。随着淡化技术成本下降(5年内将每桶2~3美元降至1~1.5美元)和排放标准明确,处理后的采出水将优先用于供应数据中心、农业灌溉和生态补水。到2030年,西得克萨斯州规划的数据中心总耗水量每日可达5万~10万桶,相当于当前采出水总量的2%~5%,足以形成规模需求。这一转变将使采出水从需要付费处置的废物升级为具有明确市场价值的水资源,正是循环经济从减量化、再利用到资源化的完整体现。

碳与水结合成为新增长点。将采出水与二氧化碳结合用于提高采收率,可在增产的同时实现碳封存。美国政府对碳捕集与封存(CCS)项目的税收优惠政策是为每吨封存的二氧化碳提供最高85美元补贴。利用现有处置井进行碳封存的技术已申请专利,二叠纪盆地密集的天然气管道、压缩站和发电厂可作为低成本碳源,而数据中心等新兴设施的余热回收也值得关注。采出水将从环境负担转化为碳信用资产,帮助油气行业实现碳中和目标。

石油工业从耗水大户转变为净水生产者。通过淡化技术,油气行业可在提供低能耗能源的同时产出工业用水。这一转变不仅关乎行业经济性,更关乎干旱地区的水资源安全和生态可持续发展。

美国二叠纪盆地的采出水管理正经历从末端处置到资源化利用的根本性变革。通过回收、淡化、跨盆地处置及碳封存等多项技术组合,配合动态监管和清晰的法律框架,采出水正从曾经的烫手山芋蜕变为液体黄金。



美国环境保护署敲定新版可再生燃料标准

本报讯 经加工网近日报道称,美国环境保护署(EPA)近期正式敲定了《可再生燃料标准》(RFS)第二阶段最终规则。新规将2026年~2027年可再生燃料掺混配额设为历史最高水平,以提振本土生物燃料产业,为农业与乡村发展注入动力。

美国环境保护署署长李·泽尔丁表示,新规重回国会设立《可再生燃料标准》的初衷,旨在扩大本土生物燃料使用规模,为美国农作物打造更稳定的国内市场,切实提升农场主收入。美国农业部部长布鲁克·罗林斯透露,2026年新规将为美国生物燃料生产创造310亿美元产值,较上年增加20亿美元,农场主净收入预计提升30亿~40亿美元。

从具体配额看,为保障玉米种植者和乙醇生产商利益,美国环境保护署将2026年~2027年常规生物燃料(以玉米乙醇为主)配额维持在150亿加仑,生物柴油和可再生柴油配额较2025年提升逾60%,生物柴油掺混目标是56.1亿加仑。美国环境保护署测算,新规将为美国乡村经济创造逾100亿美元收益,在农业和制造业领域新增逾10万个就业岗位。

此外,新规还将推动美国乙醇、生物柴油等燃料的市场应用,预计2026年~2027年对外燃料依存度将减少30万桶/日。同时,美国环境保护署将2023年~2025年豁免的可再生燃料配额的70%重新分配至2026年~2027年。

此次新规剔除了《可再生燃料标准》计划中可再生电力的相关条款,重新聚焦液体和气体生物燃料。此外,美国环境保护署还宣布,2028年起,外国燃料和原料的合规价值将降至美国本土产品的一半,进一步提高本土生物燃料产业的竞争优势。

美国政府表示,《可再生燃料标准》第二阶段最终规则保护了玉米、大豆种植者和油料加工企业、生物燃料生产商的投资。未来,美国将以生物燃料产业为纽带,实现农业与能源产业的协同发展。(张雨潼)

全球能源化工行业市场信息服务商安迅思称,受中东局势升级影响,化工供应链受阻,成本预期大幅攀升

欧洲己内酰胺市场持续收紧

●庞晓华

全球能源化工行业市场信息服务商安迅思称,受中东局势升级影响,化工供应链受阻,成本预期大幅攀升,欧洲己内酰胺市场从相对稳定转向剧烈波动。

3月,欧洲己内酰胺合同结算价呈现持平与大幅上涨并存的格局,多数协议在市场环境恶化前的月初敲定。增量货源谈判艰难,多因现货供应不足或卖方拒绝将月初价格延续至下旬而陷入僵局。可采购货源报价上调,抑制了买家投机性的补库意愿。3月底,己内酰胺市场收紧,与年初供需相对平衡的格局形成鲜明对比。

地缘政治局势恶化推动能源与上游原料成本暴涨。4月,市场供应持续收紧,定价体系失衡,且普遍担忧下游疲软需求能否长期支撑成本上涨带来的价格压力。

此外,航运市场波动骤增,也加剧了区域基础设施与物流风险。船东大量船只改道,船用燃料价格上涨与供应趋紧。欧洲此前30%~35%的环己烷需求依赖中东进口。

氨与硫磺市场也受到关注。二者均为己内酰胺生产的关键辅料,供应短缺导致硫磺市场结构性紧张,给生产商带来压力。而以天然气为主要原料的氨,其供应与定价进一步增加了成本不确定性。由于能源与航运市场短期难以快速回暖,即便油价回落,生产成本也将维持高位。

面对持续的成本压力,欧洲己内酰胺及下游尼龙6生产商已采取行动。3月25日,德国恩泽力公司宣布,对欧洲、中东、非洲及美洲地区的己内酰胺、尼龙6基础树脂、薄膜级材料、挤出级材料及共聚物产品每吨涨价550



视觉中国 供图

当前欧洲己内酰胺供应相对稳定,但市场对关键原料供应收紧与成本飙升的担忧加剧。其中,环己烷成为核心薄弱环节,业内普遍预警其价格上涨与供应趋紧。欧洲此前30%~35%的环己烷需求依赖中东进口。

氨与硫磺市场也受到关注。二者均为己内酰胺生产的关键辅料,供应短缺导致硫磺市场结构性紧张,给生产商带来压力。而以天然气为主要原料的氨,其供应与定价进一步增加了成本不确定性。由于能源与航运市场短期难以快速回暖,即便油价回落,生产成本也将维持高位。

面对持续的成本压力,欧洲己内酰胺及下游尼龙6生产商已采取行动。3月25日,德国恩泽力公司宣布,对欧洲、中东、非洲及美洲地区的己内酰胺、尼龙6基础树脂、薄膜级材料、挤出级材料及共聚物产品每吨涨价550

欧元(约合4283元人民币)。此举强化了市场成本驱动特征,即定价走势由上游成本而非需求改善主导。

二季度的不确定性在于下游产业能否消化己内酰胺的成本驱动型大幅涨价。多数市场参与者担忧,价格持续攀升或将在本已脆弱的汽车、建筑等终端行业引发需求萎缩。分析人士指出,若霍尔木兹海峡航运恢复、能源市场企稳,部分买家预期5月成本压力将有所缓解。

欧洲己内酰胺市场4月价格坚挺,但市场信心极度脆弱。市场基本面由上游成本上涨、物流中断、原料不确定性主导,而非需求复苏。航运受阻、设施损毁、原料市场紧张等现实问题表明,二季度,波动仍将是市场基调。成本驱动型涨价与需求疲软的博弈,将决定当前的价格涨势能否持续,买家的谨慎情绪也将抑制涨价空间。



高油价或加速汽车市场电气化转型

近期,受中东局势影响,国际油价大幅波动,上行压力显著。分析人士表示,高油价正进一步凸显电动汽车相对于传统燃油车的经济优势,有望加速汽车市场的电气化转型。

随着油价持续走高,消费者购车意愿向电动汽车倾斜。能源咨询公司伍德麦肯兹的分析师大卫·布朗表示,近期油价50%的涨幅使电动汽车的经济吸引力大幅提升。数据显示,电动汽车占汽车销量比例超过10%的国家数量已从2019年的4个增至39个。其中,新兴经济体电气化发展迅猛。在东南亚、拉美和中东,电动汽车市场渗透率正迅速提升。这些地区对能源价格高度敏感,高油价强化了电动汽车的成本优势。

全球汽车市场格局正经历深刻调整。2025年,全球汽车销售排名出现历史性变化,部分传统汽车强国的长期主导地位被打破。电动汽车制造商凭借产品竞争力和成本优势,在全球汽车市场占据重要位置。此外,电动汽车已成为全球汽车贸易的重要增长极。东南亚、欧洲、拉美等主要市场需求持续攀升,为全球电动汽车产业提供了强劲增长动力。

不过,高油价也给电动汽车制造带来挑战。汽车生产属于能源密集型产业,部分依赖能源进口的国家面临成本上升压力。泰国等严重依赖中东能源进口的国家,在此轮油价冲击中尤为脆弱。而具备完整供应链和能源采购灵活性的地区将更好地应对这一冲击。分析人士指出,产业链垂直整合程度和能源来源多元化水平,将成为电动汽车制造商能否在不确定环境中保持竞争力的关键。

郭卫玲 张文杰 译自油价网

挪威巴伦支海天然气或成保障欧洲能源安全关键

挪威能源咨询公司Rystad最新研究显示,欧盟正重新审视2021年制定的北极政策。此举或将为挪威巴伦支海天然气资源在2030年后进入欧洲市场打开关键窗口,并提供低碳排放的天然气供应,以降低欧洲对全球液化天然气(LNG)市场的过度依赖。

巴伦支海已开放勘探区域蕴藏22万亿立方英尺(约6229.7亿立方米)的天然气资源,但从发现到投产通常需要5~10年,欧盟当前的政策信号将直接决定这些产量能否在2035年前后形成供应能力。在Rystad对欧盟27国及英国的基本情景预测中,挪威管道气供应2050年前将满足欧洲20%~30%的天然气需求,LNG的份额将从30%升至50%。

欧盟政策调整核心在于平衡气候目标与能源安全。分析指出,欧盟通过精确定义北极的地理和运营范围,区别对待已开放的挪威巴伦支海区域与前沿勘探区,并将开发资格与排放和环境标准挂钩。挪威上游生产过程碳排放全球最低,其管道气对欧洲来说是主要的低碳选项。如斯诺赫维特气田已实施二氧化碳回注技术,计划中斯诺赫维特-哈默菲斯特LNG设施的电气化将进一步减少碳足迹。一个结构严谨的政策框架,可将开发资格与甲烷和二氧化碳排放强度阈值、电气化及二氧化碳管理可行性、独立核查与透明报告机制相绑定。但将资源转化为实际供应仍面临基础设施的挑战。巴伦支海现有主要出口终端是哈默菲斯特LNG设施,其产能主要服务于斯诺赫维特气田,吸纳新增气源的灵活性有限。建设一条南接挪威海底管网的管道是潜在方案,但可行性取决于资源规模和项目开发时间表的匹配。

除碳排放外,保护生态系统、设定季节性作业限制,以及与萨米人、沿海社区及渔业进行结构化协商等环保措施也至关重要。同时,欧盟需考虑若天然气消费增速快于预期,更频繁的政策评估有助于降低资源搁浅风险。欧盟此次政策评估建立了定义清晰、标准严格的框架。该框架在将敏感的北部巴伦支海区域列为禁区的同时,明确区分已开放的挪威区域,并将全生命周期碳排放和甲烷绩效作为决策标准。田青译自Rystad网站

韩国出台新规禁止囤积和借售石化原料

鉴于中东局势升级,为防止市场供应出现混乱,韩国政府近日出台新规,禁止囤积和借售石化产品原料。韩国产业通商资源部表示,相关规定将于近期正式施行。

根据规定,由石脑油生产的乙烯、苯、甲苯等7种基础化学品将被禁止囤积和借售,相关企业的石化原料库存增幅不得超过上年同期的80%。

此外,韩国政府还将密切关注聚乙烯、聚丙烯等中间材料,以及医用输液袋原料的供需状况,一旦市场波动加剧,将考虑进行囤积和借售限制。若采取上述措施后供需状况仍不稳定,韩国政府将考虑调整相关企业的产量和出货计划。王英斌译自韩国KBS网站