附件2

2025年度陕西省关键核心技术攻关指南

（石油天然气产业链）

1.油田页岩油CO2驱高效开发技术研究

研究内容：（1）页岩油注CO2开发资源潜力与选区评价：基于测井-岩心-地化多源数据融合，构建页岩油与致密油叠加复合型资源注CO2开发资源潜力分类评价；结合区域碳源分布与储层评价，建立源汇匹配的页岩油注CO2开发选区标准，优选页岩油注CO2主力开发区域。（2）页岩油注CO2微观赋存－可动性调控机制：基于物理模拟实验及理论分析，定量表征CO2致密基质原油中的溶解扩散系数及其降压膨胀能演化规律；量化纳米孔喉内页岩油吸附态、游离态占比及其空间分布特征；开展不同压力条件下页岩油注CO2物理模拟实验，明确页岩油CO2溶解扩散及降压溶解气膨胀排油规律，厘清CO2动用页岩油机理与主控因素，明确典型页岩油注CO2开发适应性。（3）典型页岩油注CO2开发方式研究：研发建立页岩油藏“基质+人工缝”耦合的物理模型，开展油藏条件下不同注入方式（气驱、吞吐等）、不同压力下CO2在地层中的能量补充状况、页岩油动用状况以及生产特征变化，明确不同开发阶段CO2-页岩油渗流机制和运动规律，形成页岩油注CO2开发政策。

考核指标：（1）建立页岩油注CO2选区方法，优选1～2个主力开发区；（2）揭示注CO2动用页岩油规律，明确CO2动用原油的有效性；（3）研发页岩油藏“基质+人工缝”耦合物理模型1套；（4）提出一套页岩油注CO2开发技术对策；（5）发表论文2篇，申请/授权国家专利2件。

2.油藏封存体CO2封存状态时空演变机制与封存量核算

研究内容：查明CO2对盖层的浸入特征，阐释CO2长时作用对盖层长期封闭性的影响规律，揭示盖层封闭能力的演化机制；厘清油藏开发过程中影响CO2封存状态的主控因素及规律，建立考虑油藏开发动态的构造、溶解、束缚和矿化封存状态定量表征数学模型，阐明不少于2种注采制度下CO2封存状态变化规律，揭示跨时间尺度CO2封存状态演变机制，并结合矿场CO2运移特征和泄漏监测进行验证，提出一种油藏CO2实际封存量的核算方法。

考核指标：CO2长时作用下盖层长期封闭能力评价方法，误差±10%；全生命周期油藏CO2封存状态演变图版，量化不同时间尺度CO2封存状态的贡献；油藏CO2实际封存量核算方法，误差±5%；发表论文2篇；申请/授权国家发明专利2件。

3.不加热集输管道系统沉积物沉积规律及清管周期研究

研究内容：（1）不加热集输管道系统沉积物物性分析。 （2）不加热集输管道系统沉积物沉积规律研究：不加热集输管道系统沉积物沉积机理及沉积规律研究，从理论上分析不加热集输管道系统沉积物的沉积机理以及影响沉积速率的影响因素；不加热集输管道系统沉积物实验研究，通过改变流动参数、物性参数和运行条件、自然环境等，研究石蜡及沥青质沉积特性的变化规律；集输管网系统沉积模型的建立及优化，综合考虑油温、流速、原油粘度、环境温度等影响沉积速率的各种因素，结合模型沉积实验结果，建立合理的蜡沉积预测模型并优化。（3）不加热集输管道系统清管周期研究：清管周期模型的建立，利用建立的沉积预测模型，结合现场实际工况，建立适用于不加热集输管道的清管周期模型；综合考虑经济、安全等因素，确定合理的清管周期。

考核指标：（1）建立适用于不加热集输管道系统的沉积物沉积规律预测综合模型，误差率不高于20%；（2）发表论文1～2篇；（3）申请发明专利1-2项。

4.智能抗噪分布式声发射油田储罐安全监测技术

研究内容：（1）油田储罐缺陷检测声源信号特征提取实验研究。腐蚀、应力变形、裂纹及泄漏是油田储罐在运行中常见的安全隐患。研究在环境因素和应力的耦合作用下储罐发生腐蚀、变形等现象的机理，并针对不同缺陷开展声源信号特征提取识别和其传播规律的实验研究，建立缺陷识别分析模型进行定性及定量分析。（2）人工智能声发射信号处理技术研究。开展鲁棒的噪声消减法、噪声过滤、声源定位等信号处理技术研究，并结合经典的声信号处理技术和先进的人工智能技术（Vision Transformer、迁移学习等），建立储罐腐蚀区域的定位和安全隐患等级预测模型，从而实现油田储罐腐安全隐患的精准判定和预警。（3）移动型分布式声发射油田储罐安全监测系统研发及现场试验。开展声发射探头分布研究，确定合理的声发射安全监测布局，研发形成一套分布式声发射油田储罐安全监测系统，具备储罐缺陷的信号采集、信号识别及处理、缺陷分类及定位等关键功能；并在油田现场开展现场试验验证技术的可靠性。

考核指标：（1）研究储罐不同缺陷特征信号特征，建立储罐腐蚀区域的定位和安全隐患等级预测模型；（2）开发移动型分布式声发射油田储罐安全监测系统1套，缺陷检测精确率高于90%；（3）申请发明专利1～2件，发表学术论文1～2篇。

5.延安地区海陆过渡相页岩气地质工程一体化关键技术攻关

研究内容：（1）揭示海陆过渡相页岩气成藏机理，明确页岩气成藏主控因素，总结页岩气富集规律，开展页岩气储层精细描述，建立一套海陆过渡相页岩气储层地质－工程双甜点优选方法；（2）建立有机碳含量、储集性、含气性、可压性等关键参数测井解释模型，形成海陆过渡相页岩气层测井综合评价技术；（3）开展水平井井身结构优化、高效安全钻井及钻井液技术研究，形成适合于海陆过渡相地层的水平井钻井技术。（4）开展多簇参数优化设计及均衡改造配套技术研发，形成一套页岩气水平井精细控缝均衡压裂工艺技术。

考核指标：形成一套海陆过渡相页岩气地质－工程“双甜点”评价方法，预测准确率达到80%以上；建立一套海陆过渡相页岩气层测井识别技术，识别准确率超过85%；水平井平均机械钻速提高10%以上、钻井成本降低10%以上；形成一套水平井差异化均衡压裂改造工艺技术，多簇裂缝均衡改造率≥80%。发表学术论文4篇，申请发明专利4项。

6.深煤层不压井排液工艺技术研究

研究内容：开展深煤层排液技术研究，通过国内外排液采气工艺技术调研及适用性评价与分析，优选适用于2000米垂深深煤层具备宽排量范围、大扬程、快速部署技术特点且可长期稳定运行的高矿化度水排液采气工艺方式；排采管柱及井口配套可满足压裂返排后不压井起下管柱作业要求；满足整个深煤层气井排采周期快速起下泵等作业需求。基于优选的深煤层的排液采气工艺方法，开展相关技术装备设计研发、试制与测试；完成配套关键设备和相关控制系统研发；完成井下管柱及地面配套设备的一整套装备系统研发；形成运用这套井下及地面装备系统开展深煤层高矿化度水排液采气工艺流程方法，为现场安装施工及管理提供参考指南。

考核指标：（1）系统性能。井下泵扬程≥2000m，最大排量≥50m³/d，配套有检测调控设备，排量根据产液情况可大范围调节，适应高矿化度水（≤20×104mg/L），检泵周期≥12个月；管柱抗拉强度≥40t；安全允许下深≥2000米垂深。（2）地面设备可满足单次部署（设备进场安装、下泵至离场）时间≤3天。（3）井口不压井起下装置满足耐（静态）压10MPa，耐温：-28～100摄氏度。

7.高温微泡强化蒸发与分质结晶耦合技术

研究内容：（1）针对高盐废水中盐分的结晶分离和产品化回收的关键问题，绘制多元水盐体系的结晶热力学相图，揭示盐类析出的顺序和溶液组成的变化规律；建立纯物质体系下主要盐分的结晶动力学模型，进而研究多组分条件下的结晶动力学以及成核、生长机理。（2）揭示气液两相体系中气泡的形成和上升过程的传热传质规律，掌握气液相中气泡群分布与两相传热传质之间相互匹配的共性规律。（3）结合结晶热力学相图、动力学模型和两相传热传质机理，开发高温微泡强化蒸发与分质结晶耦合工艺，考察蒸发速率、浓缩比例、搅拌强度和结晶时间等参数对分盐产品的影响，优化高盐废水分质结晶过程的工艺操作条件，用于指导煤层气井采出高盐水处理技术中高温微泡强化蒸发与分质结晶耦合工艺的工程设计。

考核指标：（1）完成高温微泡强化蒸发与分质结晶耦合工艺包设计，实现盐的分离与工业化资源再利用，实现杂盐减量90%以上。（2）NaCl干盐中的NaCl含量大于92g/100g（GB/T 5462-2015二级日晒工业盐中规定的NaCl含量）； CaCl2干盐中的CaCl2含量大于90%（GB/T 26520-2021二级无水氯化钙中规定的CaCl2含量）。（3）处理后回用水的含盐量小于1000mg/L。

8.PE-RTⅡ型管材料ACP4731B质量提升攻关

研究内容：针对PE-RTⅡ型管材料ACP4731B进行产品质量提升攻关，完成4731B与国内外典型PE-RTⅡ管材专用料的对比剖析工作，对产品的基础性能、力学性能、热性能等进行详细的测试分析，并得到分子结构等信息，为产品质量提升工作提供数据基础，据此提出生产优化建议。（1）采用凝胶渗透色谱，聚乙烯在分离柱上按分子流体力学体积大小被分离开；对产品基础物性、热性能、分子量及分布等进行剖析；（2）通过对拉伸强度、屈服强度、拉伸标称应标、弯曲强度、冲击强度等力学性能的综合测试，得到产品力学性能相关试验参数；（3）根据4731b产品性能对比剖析结果，提出提升产品质量建议并配合现场实施；（4）对多批次4731b进行管材进行挤出加工试验；（5）对多批次4731b进行管材静液压强度测试；（6）多角度完善了与同类型样品的对比分析数据，提升产品市场竞争力；

考核指标：按照GB/T 18252进行分级试验；按照GB/T 17219进行原料卫生性能试验；按照GB/T 28799.1进行原料性能测试；按照GB/T 28799.2进行PE-RT管材测试较国内产品力学性能有一定的提升，达到国际水平；冲击强度及弯曲模量和进口产品对比；静液压状态下热稳定性：2.4MPa，110℃，≥8760h，无破裂，无渗漏；取得PE-RT Ⅱ型ACP4731B管材料认证证书。

9.废水多效蒸发降本技术攻关

研究内容：开发新型高效节能技术和污水提纯技术与装备，将工业生产过程低品位余热污水提纯的热源，多效蒸发技术通过多个蒸发器串联，将前一级蒸发产生的二次蒸汽作为下一级蒸发的热源，显著降低能源消耗；通过改进热交换器的设计和材料，多效蒸发系统能够进一步提高热能的利用效率，降低运行成本，与传统单效蒸发相比能源节省15%～30%；将超滤前段进水池及均质池出水直接进入低温蒸发系统，通过热法工艺处理高盐废水；研究污水中悬浮物、浊度、TDS、COD、油对低温蒸发系统连续运行的影响；分析低温蒸发系统产水的稳定性、TDS含量以及浓水段硬度、碱度、COD的取样数据；研究低温蒸发系统浓水对装置现有高密度沉淀池（高密2）及结晶系统的影响；验证试验装置运行的稳定性与连续性，形成利用工业余热的大型污水提纯装置成套技术，大幅度降低污水提纯过程对有效能源的消耗，消除循环水冷却损失，生产满足工业生产需要的高品质脱盐水，测试关键产品水质TDS ，电导率，能耗及废水回收率等实现攻关目标。

考核指标：产水水质TDS≤10mg/L，达到脱盐水指标；制水成本<5 元/m3；节省15%～30%的能耗。