

在石油勘探开发领域，因其能够直接探测孔隙流体的独特物理属性（如氢核密度、弛豫时间、扩散系数等），被公认为能够原位、无损、定量评价储层流体性质与孔隙结构的关键技术手段。它不仅在井下测井中不可或缺，其原理延伸至实验室岩心分析，更可为我们提供关于稠油储层微观世界与流体行为的精准洞察，是贯穿“岩心-测井-开发”全流程的核心分析技术。

### ► 稠油储层微观结构与可动性快速无损评价

#### 行业痛点

储层非均质性极强，传统岩心分析（如压汞法）耗时数周、破坏样品，且无法直接量化经济可采潜力（可动流体），导致布井风险高，投资决策依据不足。

#### 解决方案

基于低场核磁共振（NMR）弛豫谱技术，10-15分钟内无损获取岩心孔隙尺寸分布（ $T_2$ ）、可动流体饱和度（FFI）、束缚流体饱和度（BVI）及总孔隙度。结合SPEC的技术，可在数小时内完成传统需数周的毛细压力曲线测试。

#### 核心价值

提速决策，降低风险：将储层评价周期从“周级”缩短至“小时级”，为井位部署与开发方案提供关键数据，从根本上规避无效钻井投资。

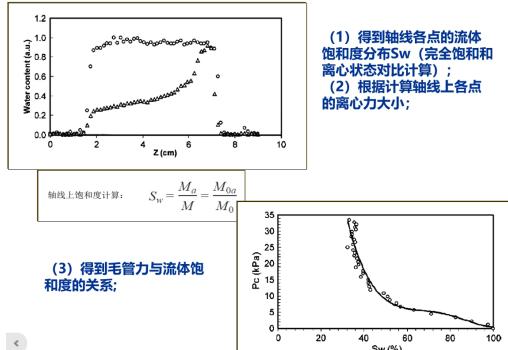
保真样品，价值最大化：无损分析确保珍贵岩心可重复用于后续实验。

精准开发：为SAGD、蒸汽驱等热采方式提供精准的储层适配性输入。



### 核磁共振1D投影分析技术

#### 岩心毛管压力曲线分析



### ► 热采过程（蒸汽驱/SAGD）动态可视化与优化

#### 行业痛点

热采过程如同“黑箱”，注汽参数依赖经验，无法直接观察蒸汽腔扩展、冷凝水分布及剩余油动用情况，导致热能利用率低，开发效果难以预判与优化。

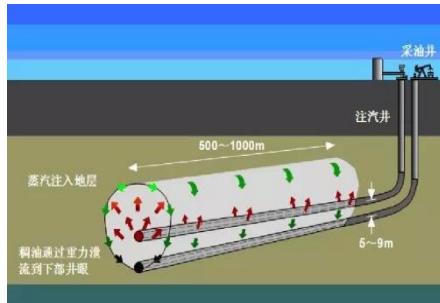
#### 解决方案

采用高温高压在线核磁共振成像系统，在模拟真实油藏条件下，利用快速自旋回波（FSE）或SPRITE序列，实时获取二维/三维饱和度图像，直观展示蒸汽腔扩展、冷凝水分布及剩余油饱和度场的动态演化。

#### 核心价值

机理透明化，优化工艺：揭示热采效率主控因素，为优化注汽速度、温度及井网配置提供直接依据，显著提升油汽比，降低单位产量蒸汽消耗。

规避开发风险：提前识别蒸汽超覆、窜流等不利现象，指导现场调控。



### ► 化学驱/CO<sub>2</sub>驱效果在线精准评价

#### 行业痛点

化学驱与CO<sub>2</sub>驱方案评价周期漫长，传统宏观实验无法揭示微观驱替机理与不同孔径剩余油动用规律，导致配方筛选试错成本高，方案针对性不强。

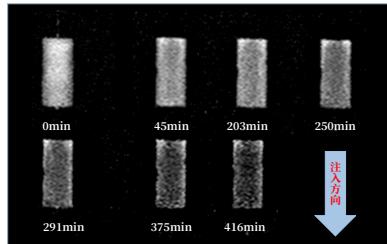
#### 解决方案

利用核磁共振在线驱替与多维谱分析系统，在驱替过程中，通过 $T_1$ - $T_2$ 二维相关谱与扩散谱（D-T<sub>2</sub>）技术，精准区分并定量分析稠油、水、化学剂或CO<sub>2</sub>等不同流体相态，动态追踪孔隙尺度剩余油变化。

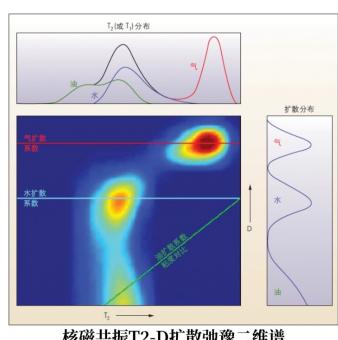
#### 核心价值

加速研发，精准揭示机理：将驱替评价周期从数月缩短至数天，明确波及与洗油效率，大幅节约研发时间与实验成本，支撑定制化方案设计。

支撑CCUS效益评估：为CO<sub>2</sub>驱油与地质封存提供孔隙尺度可视化证据与量化数据。



岩内心内两种不同粘度油与水T2-D谱



核磁共振T2-D扩散弛豫二维谱

**行业痛点**

传统稠油热采（如蒸汽驱）面临热能利用率低、小孔隙原油难以动用的双重挑战。新兴的“地热能+化学剂”复合驱替技术虽前景广阔，但其微观机理（如热能如何传递、化学剂如何改变孔隙尺度下的流体分布与界面行为）极不明确。缺乏对这一多物理场耦合过程的直接观测手段，导致方案设计停留在宏观猜测，无法精准优化能量与化学剂的协同作用，开发效率与经济效益存在局限。

**解决方案**

建立基准：驱替前，通过 $T_2$ 弛豫谱精确量化岩心孔隙结构与初始含油状态。

动态监测：在高温驱替中实时采集 $T_2$ 谱，直接观测：原油从大孔隙到小孔隙的动用顺序与程度、不同方案下剩余油分布的显著差异。

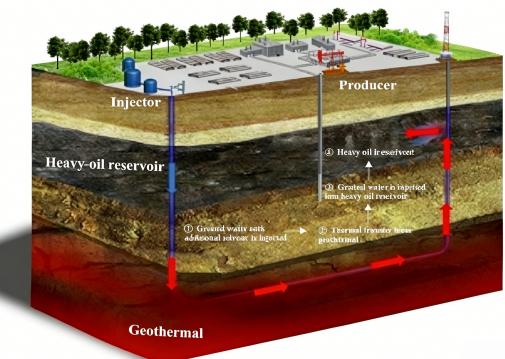
甄别机理：通过对小孔隙 $T_2$ 信号变化，直接证实化学剂能降低毛管力，提升小孔隙波及效率。

**核心价值**

提供机理判据：为“地热-化学”协同效应提供孔隙尺度的直接证据，将方案设计从经验提升为科学。

驱动精准降本：基于明确的微观数据，可快速筛选最优的化学剂类型、浓度与注入策略，避免昂贵的现场试错。

赋能前沿开发：为稠油与地热资源协同开发这一绿色前沿方向，提供关键的实验验证方法与决策依据。



醇类协同强化热流体波及与传质-传热开采稠油机理示意图

**► 海上稠油高效开发与流动安全保障****行业痛点**

海上平台空间受限、单井成本极高，传统分析难以及时进行。生产系统对结蜡、水合物生成、沥青质沉积等流动安全保障问题极为敏感，故障处理代价惊人。

**解决方案**

部署便携式核磁共振仪现场快速分析。实现岩心在现场仅用一小时级快速评价、利用低场核磁弛豫技术对采出液含水率、粘度及析蜡倾向进行实时监测。

**核心价值**

支撑实时决策，保障投资安全：在钻井现场快速确认储层品质，确保高昂的单井投资获得产能保障。

实现预测性维护：在线监测析蜡倾向与流体稳定性，优化生产制度，最大限度避免非计划关停与高昂的海上修井作业。

缩短海上油田评价周期：将样品送检陆地的漫长等待转化为平台即时决策。

**► 稠油加工过程分子监控与催化剂研究****行业痛点**

稠油加工反应过程复杂，分子变化难以追踪，传统分析滞后导致工艺优化与催化剂评价效率低，制约轻质油收率。

**解决方案**

利用高分辨率核磁共振仪器 ( $^1\text{H}/^{13}\text{C}$  NMR)，在线或定时分析原料、中间体及产物的分子结构演变，定量评估催化剂积碳。

**核心价值**

洞察反应：从分子水平揭示转化路径，为实时优化反应条件、提升目标产品收率提供关键依据。

赋能催化剂全生命周期管理：快速评估催化剂性能与失活机理，优化换剂周期，降低运营成本。

**联系我们**

邮箱：[sales@specnmr.com](mailto:sales@specnmr.com)

地址：北京海淀区中关村软件园华夏科技 109B

电话：13501067352 王经理

13381315350 秦先生

14787597772 李女士

13664644931 王先生

网址：[www.specnmr.com](http://www.specnmr.com)

欢迎垂询 携手共赢