



基于数字岩心的致密储层孔喉结构定量表征及渗流特征分析

杜猛^{1,2,3}, 杨正明*^{1,3}, 吕伟峰^{3,4}

1. 中国科学院大学, 北京 100493;
 2. 中国科学院渗流流体力学研究所, 河北廊坊 065007;
 3. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083;
 4. 提高石油采收率国家重点实验室, 北京 100083;
- TEL:18810363272; E-MAIL:dumeng22@ucas.ac.cn

摘要

孔喉结构定量表征及渗流特征分析是致密油高效开发的关键。本研究结合CT扫描技术和AVIZO可视化软件构建了致密储层的三维数字岩心, 从多个维度综合开展微观孔喉结构定量表征。在此基础上, 进行了核磁共振(NMR)离心实验, 以监测致密储层中的流体迁移规律, 并基于核磁共振 T_2 谱分析了流体渗流特征。结果表明, 该区储层平均孔隙度为8.3%, 平均渗透率为1.602mD, 属于低孔低渗致密储层。孔喉分布主要为连续带状和孤立状, 孔隙连通性对渗流的贡献大于孔隙尺度。微米级孔隙半径主要为4.47-31.56 μm , 喉道半径主要为3.35-13.37 μm , 根据产状和开度, 裂缝类型可分为3类, 主要为高角度构造裂缝和垂直裂缝。可动流体饱和度随着渗透率的增加而增加, 相比于小孔隙, 裂缝和微米级孔隙的流动阻力较小, 更有利于流体流动。这项研究为类似致密油藏的勘探开发提供了新见解。

样品

从准噶尔盆地选取6块典型致密砂砾岩岩心, 按岩性划分为两类如表1所示, 孔隙度由孔隙度测量仪(型号PORG—200)测得, 渗透率由氦气法测定, 参考标准按照GB/T 29172-2012执行。

表1 岩心样品信息表

样品类别	岩心编号	直径/mm	长度/mm	孔隙度/%	渗透率/mD
I类	H1	24.91	58.29	7.1	0.374
	H2	25.17	59.18	6.7	0.562
	H3	24.92	58.37	8.3	0.161
	Z1	24.95	58.67	8.7	0.215
II类	Z2	24.87	59.81	6.1	0.109
	Z3	25.04	58.37	5.8	0.142

方法和程序

- CT扫描实验装置采用自主研发的岩心在线CT扫描系统, 扫描电压为120KV, 电流为130mA。采用中国石油勘探开发研究院的CT图像分析软件(CCTAS)进行数据处理。
- 核磁共振实验系统, 型号为MacroMR12, 共振频率12.798MHz, 最短回波时间为0.1ms, 可对致密岩心纳米级孔喉流体信号进行捕捉。

结果和讨论

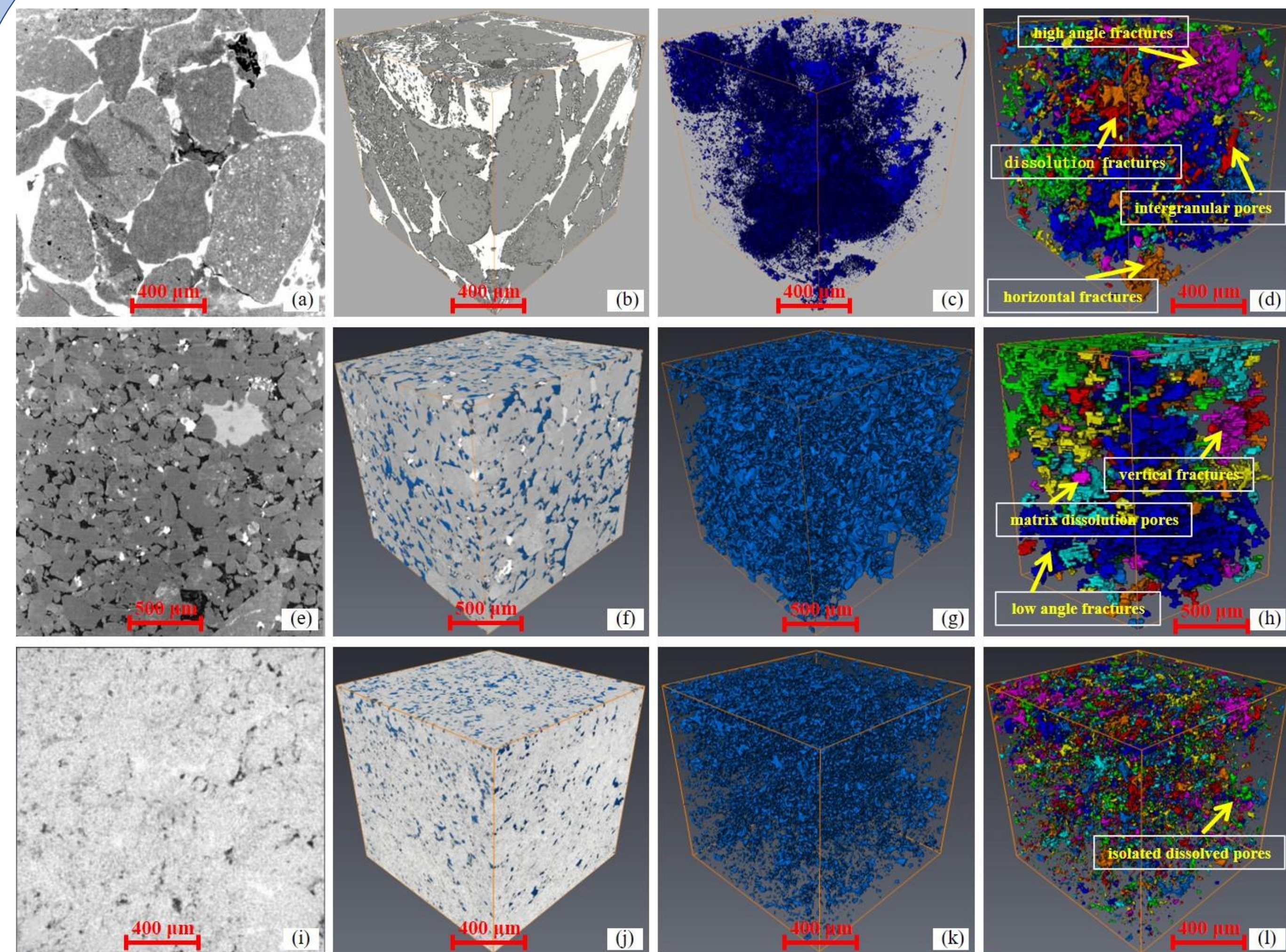


图1 3D数字岩心孔隙网络重构及孔隙裂缝连通性识别结果

- 数字岩心孔喉识别结果(图1)表明岩心孔喉的分布主要是连续带状的和孤立状的。连通孔喉主要以富集带分布, 这是由于气孔、粒间孔和溶蚀片裂缝的相互连接, 而不连通孔主要以孤立形式分布。
- 可根据孔喉的空间配置关系将其划分为孔隙—裂缝发育型、溶孔发育型及裂缝发育型3类, 孔喉连通性比孔喉尺度对渗流贡献更大。

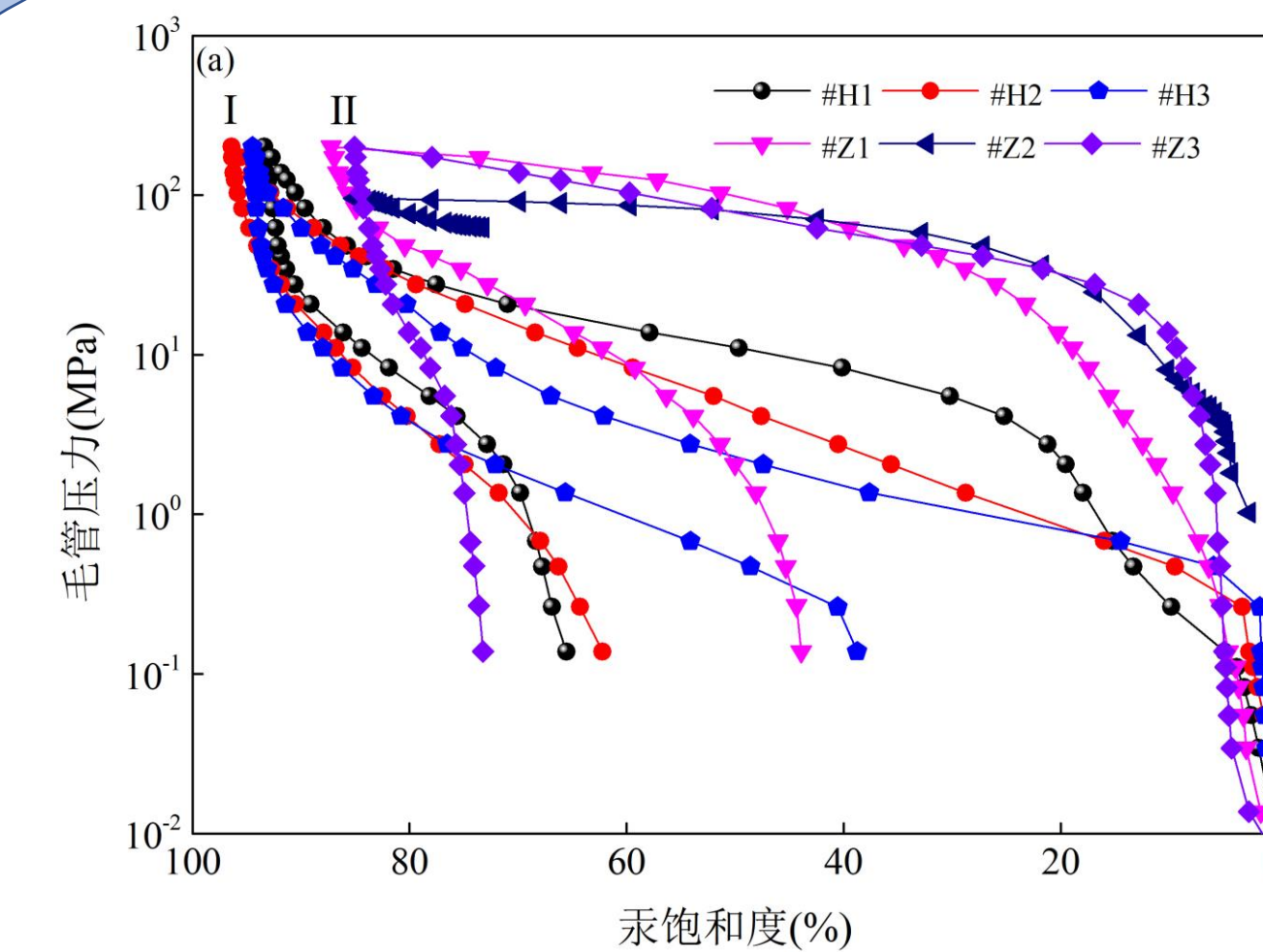


图2 高压压汞识别孔喉分布

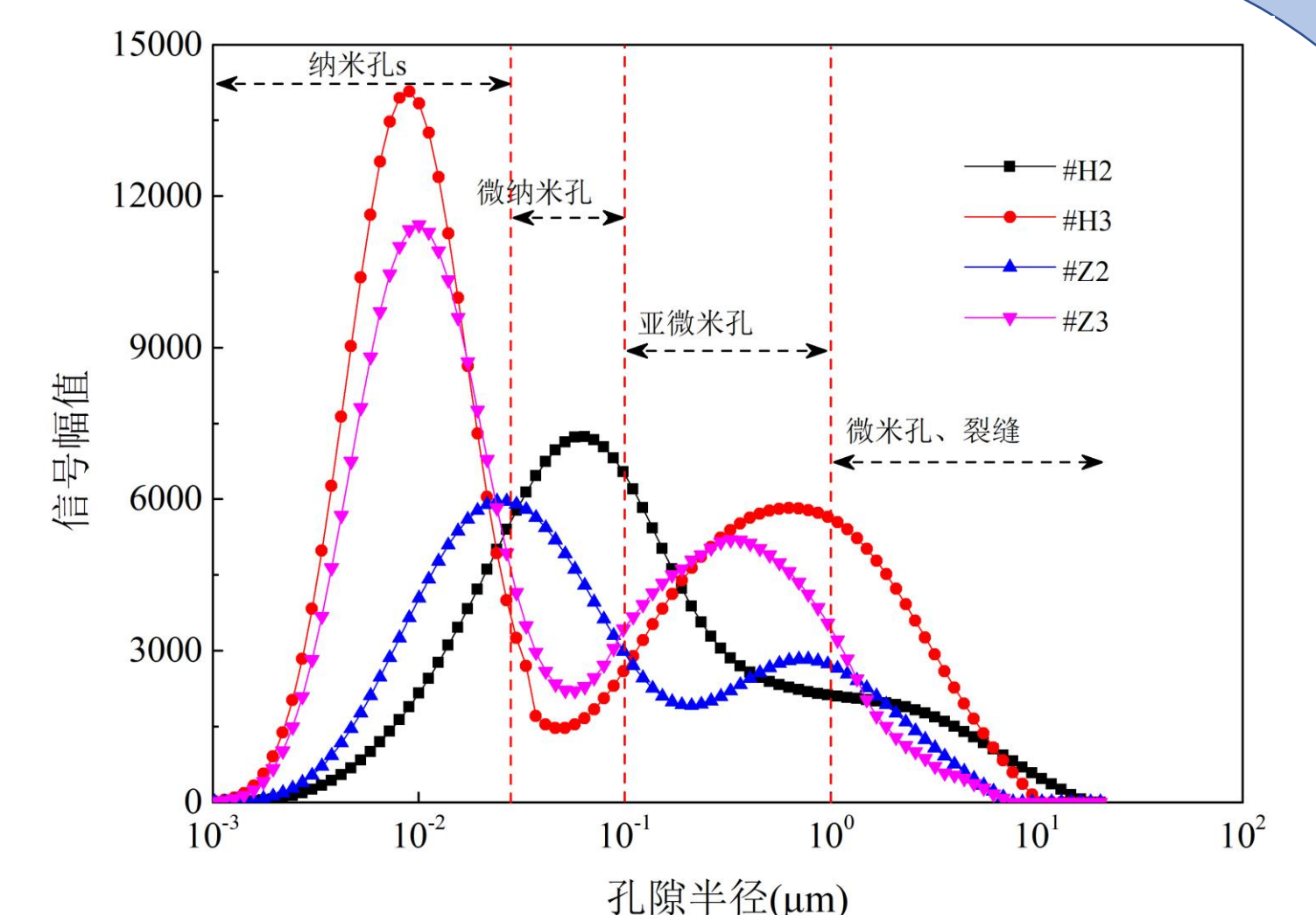


图3 核磁共振实验结果

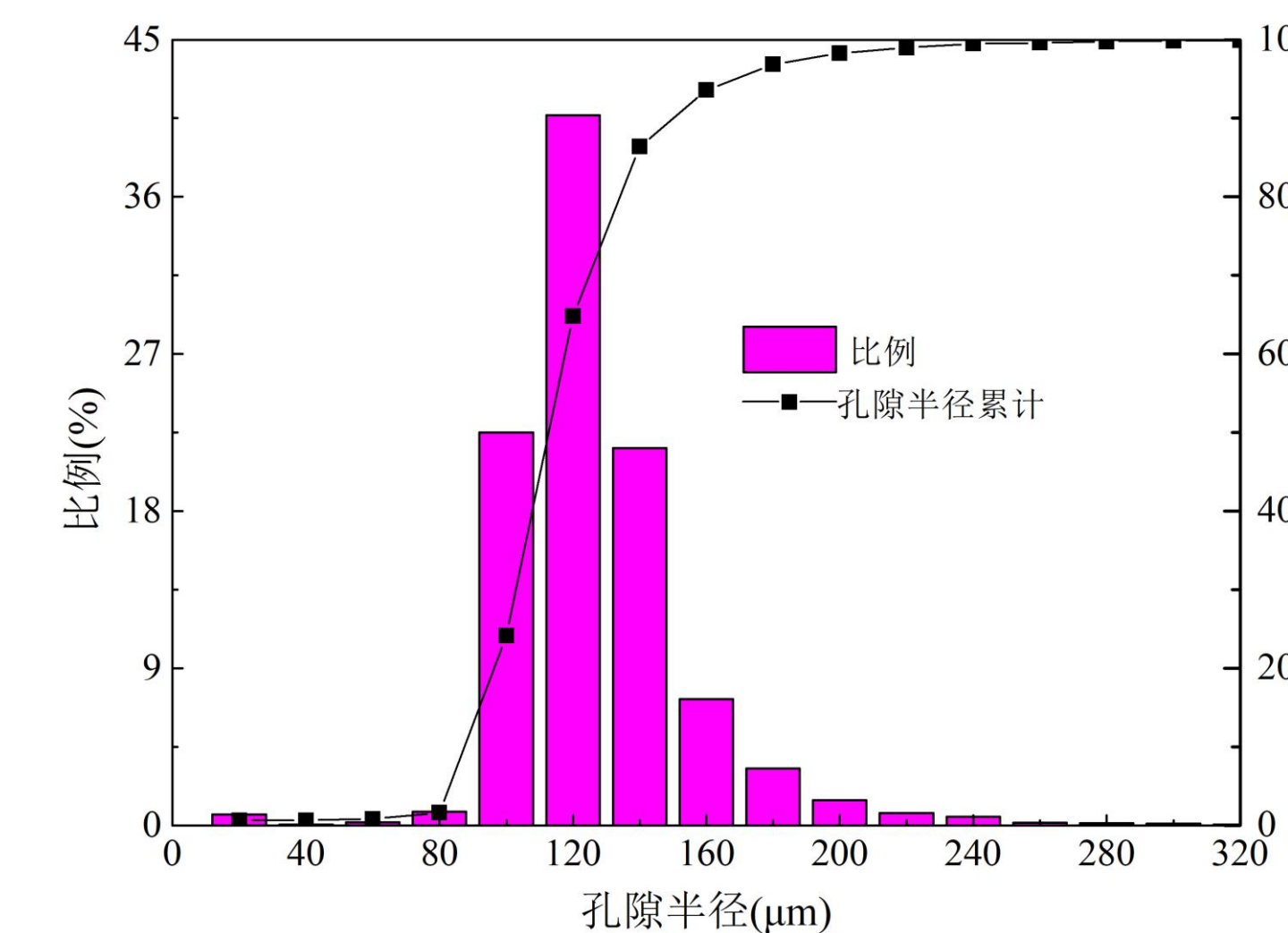


图4 微米CT孔喉表征结果

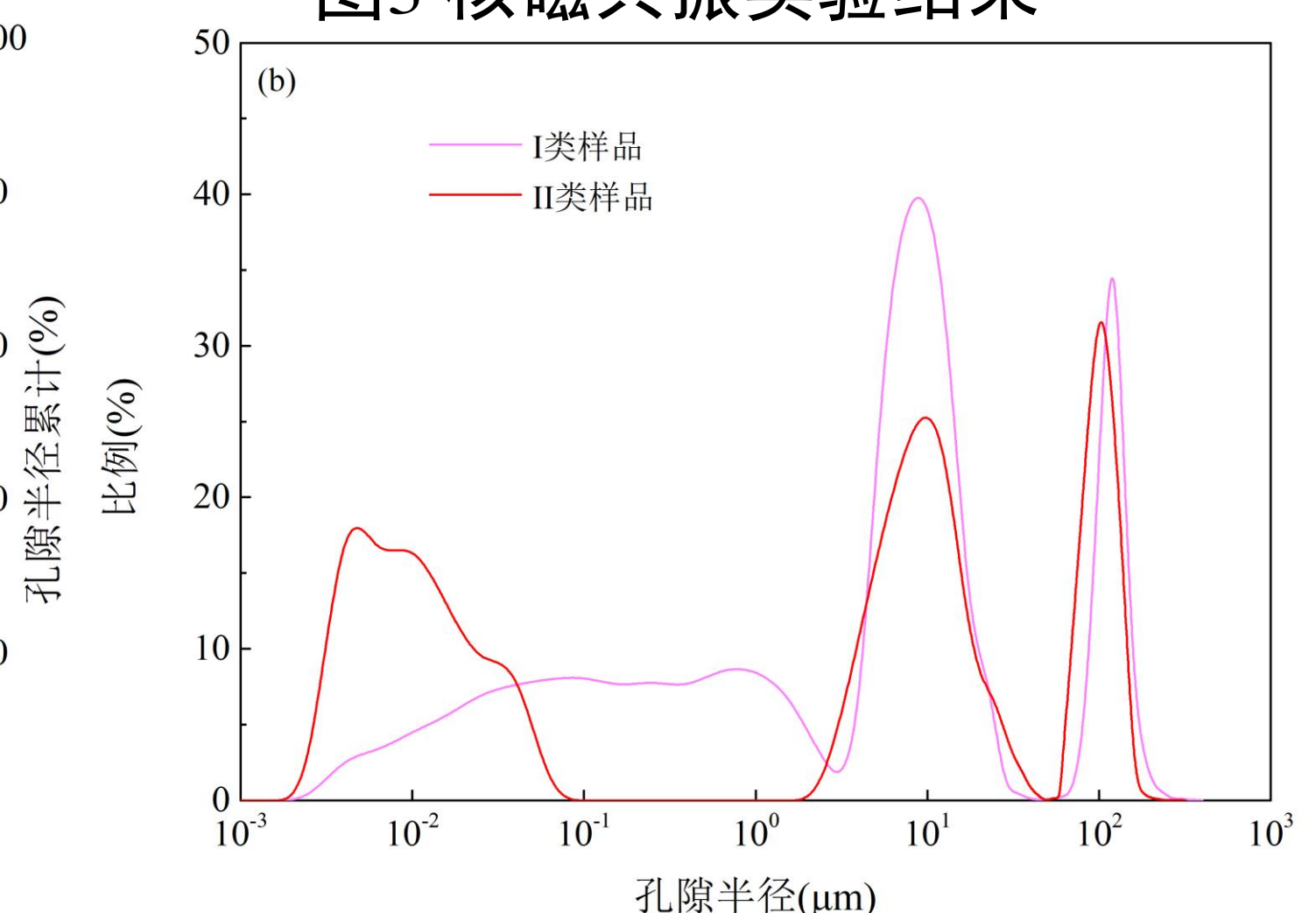


图5 孔喉全尺度表征结果

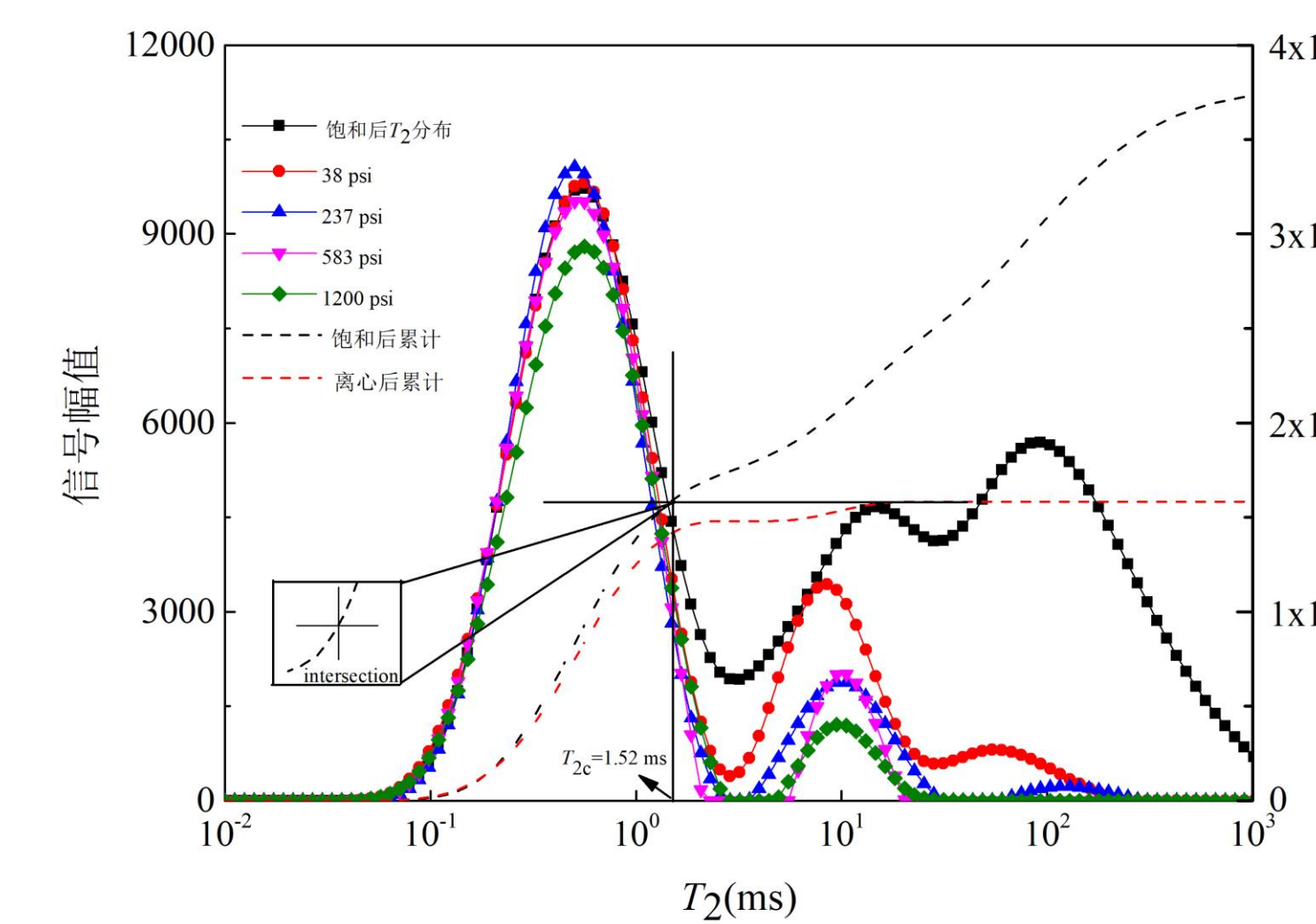


图6 核磁共振离心实验结果

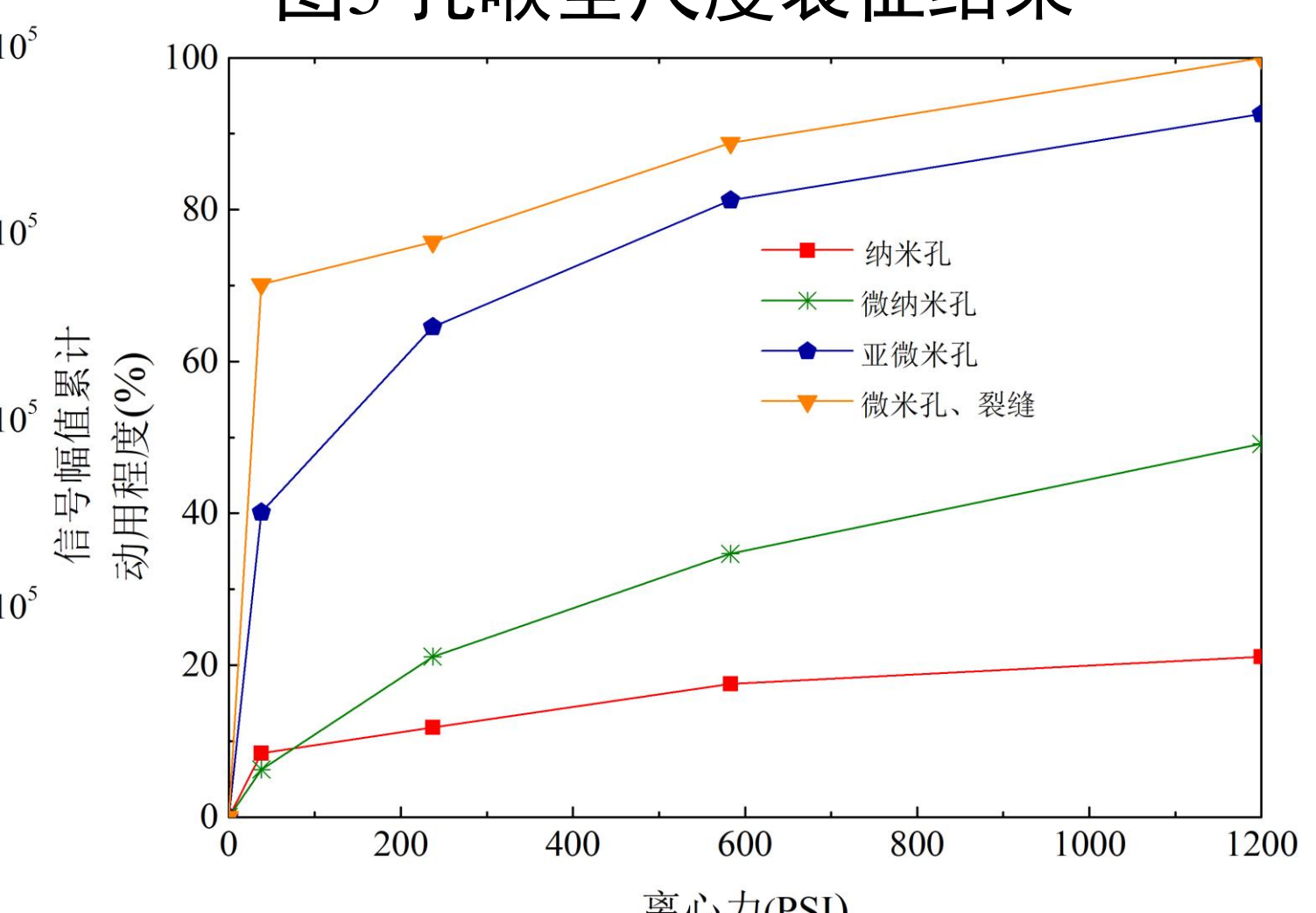


图7 孔喉流体动用特征

- 通过高压压汞、核磁共振、微米CT等手段表征了不同尺度级别孔隙, 获取了全尺度孔径分布(图2-5)。
- 根据 T_2 谱分析了不同级别孔喉流体微观动用特征(图6-7)。

结论

- (1) 研究区致密储层孔喉尺度为纳米—微米级不等, 数字岩心可视化及核磁共振离心实验表明亚微孔、微孔和裂缝对渗流的贡献更大。
- (2) 低渗透通道易出现水敏现象, 可移动流体饱和度随着渗透率的增加而增加。开发过程中应避免出现底水锥进和油井水淹等问题。