

四川盆地须家河组深层致密砂岩气藏难动用 储量开发技术新进展

四川盆地深层致密砂岩气藏资源量大，主要分布在须家河组，但由于埋深大、储层超致密、压裂难度大和气井产能差异大等问题，一直无法规模、有效开发，造成此领域的勘探开发工作基本处于停滞状态。近几年，中国石化石油勘探开发研究院与西南油气分公司联合开展了勘探开发关键理论与技术的综合攻关研究，取得了积极进展。

1) 建立了深层致密砂岩气藏成藏模式，阐明了富集规律

识别了成藏事件及其发生时间和埋藏史，搞清了成藏事件的时空序列，建立了“先成藏、后致密、超压充注、晚期调整”的成藏模式，明确了“早期构造控带、差异致密控储、构造调整控产”的富集规律。深层致密储层微小孔隙中赋存了早期成藏并因储层致密化而被封存的天然气，这些致密储层在晚期构造调整过程中局部发育裂缝，形成高渗区，从而成为气藏“甜点”。

2) 确定了深层致密砂岩气藏“甜点”的储渗体类型

根据基质储层和有效裂缝的耦合样式，划分出2类5型储渗体，2类为断褶裂缝类和基质储渗类。断褶裂缝类可分为网状裂缝型和单构造缝型；基质储渗类可分为层理缝型、孔隙型和非储层型。其中断褶裂缝类为气藏“甜点”，是由层理缝型、孔隙型基质储层与有效构造裂缝耦合形成，发育微观裂缝、宏观裂缝和断裂破碎带，能够形成良好的渗流体系，并沟通微小孔隙，形成高产“甜点”，是目前经济技术条件下勘探开发的主要对象。

3) 提出了断褶裂缝体概念和裂缝发育模式

断层和褶皱的伴生缝为有效裂缝。断层伴生缝主要发育在断层上盘，裂缝发育密度主要受控于断面距离及断裂规模；褶皱伴生缝主要发育在轴部，裂缝发育密度主要受控于褶皱强度和枢纽面距离。断褶裂缝体是指致密砂岩中由断层、褶皱及其伴生缝组成的宏观及微观的破碎空间，可划分为断缝体、褶皱体和断褶缝体3种发育模式。

4) 形成了断裂-褶皱构造约束的多属性断褶裂缝体轮廓自动刻画和内幕裂缝参数反演技术

在地震精细处理基础上，首先通过地震检测技术，利用多种敏感地震属性自动解释出与裂缝相关的断层和褶皱；然后在断褶裂缝地质体的宏观层面，利用敏感地震属性检测出断层相关裂缝与褶皱相关裂缝，从而可精细刻画出断褶裂缝体的外形轮廓，描述裂缝体发育范围；再用轮廓体进行约束，通过叠前反演预测出裂缝密度和裂缝角度等参数，从而有效解决了深层致密砂岩储层裂缝的精细预测难题。

5) 开发了岩相分级评价及其约束的基质储层参数定量预测技术

岩相是优质基质储层形成的主控因素。首先建立不同岩相的测井和岩石物理识别图版，然后通过已有钻井构建不同岩相的空间分布初始模型，再以岩相为预测目标进行约束定量反演，预测出致密砂岩不同岩相的分布；在此基础上进行孔隙度、含气饱和度等定量参数反演，实现有利岩相及其物理参数的精细定量预测，有效解决深层厚层致密砂岩中相对优质、中-薄厚度的优质基质储层预测难题。

以上技术成果在四川盆地川西坳陷新场地区三叠系须家河组致密砂岩气藏开发评价中进行了应用，取得了良好效果，实施的8口评价井均获成功，气井无阻流量最高达 $246 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，平均稳定气产量 $14 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。目前技术推广至多个地区，近期计划开展规模产能建设工作。

(供稿 刘忠群)

《石油与天然气地质》来稿须知

1 《石油与天然气地质》主要以记录石油地质领域的重大科研成果、反映石油地质学科最新科技动态、促进国内外学术交流、提高石油地质研究和实践水平为办刊宗旨，是一份面向国内外公开发行的综合性学术期刊，为大 16 开、双月刊，主要栏目有“专家论坛”、“油气地质”、“勘探开发”、“技术方法”等。

2 来稿要求

1) 欢迎作者登陆《石油与天然气地质》门户网站 (<http://ogg.pepris.com>) 进行网上投稿。文稿一律以 word 统一进行排版，页面设为 A4 幅面。

2) 来稿力求主题突出、观点明确、短小精练、简明扼要，以 10 000 字为限（包括图表所占的位置）。文稿应包含题名（限 25 字以内）、作者姓名（以 8 个为限）、作者单位（含通信地址）、中文摘要（以 300 ~ 500 字为宜）、关键词（按《汉语主题词表》和《石油化工汉语叙词表》等专业词表标引 3 ~ 8 个）、中国图书资料分类法分类号、英文摘要（含题名、作者汉语拼音名、作者单位、摘要及关键词）、第一作者简介（包括姓名、出生年份、性别、职称或学历、所从事专业或研究方向）、正文及参考文献（中、英对照）。

来稿若属省部级以上的基金资助项目，请在首页底脚处注明，并注明项目编号。

3) 文中图、表随文出现，图以 6 幅为限、彩图，要有中、英文对照的图、表名称。图中若涉及到国界，请附相应正规出版的地理底图。各图形要求符合规范（图幅尺寸为：分栏图宽度不超过 8 cm，通栏图不超过 16 cm），需提供 cdr、eps 或 ai 等格式的可编辑的图件；照片要求反差好、层次分明、彩色。文中表格一律使用三线表。

4) 文稿正文（含图表）中的物理量和计量单位应符合国家标准或国际标准。对外文字母、单位、符号的大小写、正斜体、上下角标及易混淆的字母应书写清楚。文中首次使用的符号应标明其中文含义。

5) 文稿章节编号采用三级标题。一级标题形如 1, 2, 3, ……；二级标题形如 1.1, 1.2, 1.3, ……，2.1, 2.2, 2.3, ……；三级标题形如 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3, ……，2.1.1, 2.1.2, 2.1.3, ……。引言或前言不排序。

6) 文中引用的参考文献应一一按序标注。未公开发表的资料可用脚注标注。参考文献序号应与其在文中出现的先后顺序一致。参考文献著录的内容应符合国家标准。

参考文献著录主要格式如下。

专 著：[序号] 著者.书名[M].版本（初版不写）.出版地：出版者，出版年：起止页码。

期 刊：[序号] 著者.篇名[J].刊名，出版年，卷次（期次）：起止页码。

论 文 集：[序号] 著者.篇名[C]//编者.论文集名.出版地：出版者，出版年：起止页码。

科技报告：[序号] 著者.题名[R].出版地：出版者，出版年：起止页码。

学位论文：[序号] 著者.题名[D].保存地点：保存单位，年份。

专利文献：[序号] 专利申请者.题名：国别，专利号[P].公告日期。

电子文献：[序号] 著者.题名[DB/OL].出版地：出版者，出版年[引用日期].获取或访问路径。

著者姓名采用姓在前、名在后的写法。姓名用汉字的著者，用全姓名，不缩写。姓名用西文的著者，姓的首字母大写，姓与名之间空一字符；名用缩写（首字母大写），不加缩写点。如著者不多于 3 人，则全部著录；如为 3 人以上者，只著录 3 人，后面中文加“等”、英文加“et al”。著者间加“，”，最后两者之间一律不加“和”、“and”等连词。起始页码与终止页码之间用半字线“-”连接。

3 编辑部对来稿文字、形式有修改权，若不同意，可事先声明。

4 来稿一经刊用，编辑部即自动默认论文作者自愿将其拥有的对该论文的汇编权（论文的部分或全部）、翻译权、印刷版和电子版的复制权、网络传播权和发行权转让给编辑部。编辑部将按规定付酬（稿酬含电子版与网络版），并赠送样刊 2 册。

通信地址：北京市昌平区百沙路 197 号院中国石化科学技术研究中心 7 号楼 201 室《石油与天然气地质》编辑部

邮政编码：102206

电 话：010-56607717 010-56608309

网 址：<http://ogg.pepris.com>

电子信箱：ogg.syky@sinopec.com

联 系 人：张亚雄 张玉银

《石油与天然气地质》编辑部