

储层非均质性研究

刘利娟（长江大学地球科学学院，湖北 武汉 430100）

摘要：储层非均质性是储层的基本属性之一，而且储层非均质性在一定程度上限制并影响着储层的储集和渗流的能力。阅读了大量文献，总结了储层非均质性的研究进展以及其未来的发展趋势。

关键词：储层非均质性；研究方法；研究现状；发展趋势

首次将储层非均质性研究应用于油气藏是为了反映油气藏分布的规律，提高剩余油的采收率。我国大部分的油气田都已进入开发中后期，进行剩余油挖掘的难度也越来越严峻，而储层非均质性则是研究剩余油的分布规律以及油气田开发方案部署所需研究的重要部分，陆相碎屑岩是我国油田主要的油气储层，该类储层的地质条件较为复杂，导致储层非均质性较强，只有加强对储层非均质性全面的研究，才能促进我国油田开采事业的发展。

1 研究现状

储层非均质性研究，自 1985 年国际上召开的储层表征技术讨论会开始就掀起了储层研究的热潮。由于我国的油气田大多以陆相为主，地质条件较为复杂，这就导致了储层的砂体物性变化大，具有较强的非均质性，所以对储层非均质性进行深入的研究，有助于寻找探索剩余油及其分布规律。由于最开始对储层非均质性没有统一的认识，所以有多种分类方法，主要是根据储层的规模、成因以及储层对流体的影响程度等方面进行分类。国内主要采用的是裘亦楠等人的分类方法，该方法不仅研究了储层非均质性的规模，同时把油田实际开发生产的情况参与到储层非均质性的研究中；主要是将碎屑岩储层非均质性按照由大到小的顺序分为 4 类，包括层间非均质性、平面非均质性、层内非均质性、微观非均质性；层间非均质性是通过研究层系的旋回、砂层间渗透率的差异程度、隔层分布等方面来反映向上多油层之间的差异。平面非均质性则是通过分析砂体单元的连通程度、几何形态、规模、平面孔隙度、渗透率的平面变化以及方向性等反映储集砂体在平面上存在的差异。层内非均质性是指单个砂层在垂向上的差异，也是单砂层垂向上注入波及体积的关键因素。微观非均质性的研究内容是孔隙、颗粒以及填隙物的非均质性，主要研究内容为孔隙和吼道的大小、均匀程度、配置关系及连通程度、以及岩石的成分、颗粒排列方式、产状以及敏感性特征等；并且在生产中得到广泛应用。

近年来，国内外对油气藏机理研究的不断深入，此项研究已经扩展到对剩余油的影响、油气成藏的影响。随着油田注水开发研究的深入，储层非均质性对采收率的影响日益显著。促使对储层非均质性研究向更高更深层次的方向发展。储层非均质性的研究为我国大部分的

高含水的油田增添了新的动力，该项研究为高含水的油田提供了稳产、增产的保证，其研究领域也由原来的三角洲、河流、滩坝等扩展到岩性、砂砾体等储集体，现在已经开始涉及火山岩及页岩等非常规的储集层。通过阅读文献，我们总结出：以河湖泊相为主要碎屑岩储集层中隔夹层结构现象较为普遍，油气运移的路径也较大，其成岩作用也得到了抑制，碎屑岩储集层在岩性和物性平面上也有着不均一的变化。以牛庄洼陷沙三段中亚段浊积岩研究为例，于翠玲等人证明了沉积相是控制油气成藏分布的关键因素，扇中亚相浊积水道微相是油气聚集的最为有利的相带，同时也是储集物性最好的；经实际开发研究证明：发现的油气大多也是聚集在该相带，而水道间和朵叶体微相较为略差，外扇亚相则是最差的；局部的胶结及溶解作用主要是成岩相的影响，该影响就导致了油气在砂体内部垂向上的分布不均匀性，但是这并没有影响油气在水平面上的大规模聚集，因此较于沉积相来说，成岩相对于油气成藏分布的影响则是次要的。

2 储层非均质性研究方法

2.1 非均质综合指数法

储层的非均质性程度主要体现在渗透率的变异系数、渗透率级差、突进系数等参数上。该方法主要是通过测井数据、岩心数据等参数体现，从而能够更好的体现储层的特点以及流体渗流的特征；利用这些参数进行数学方法的处理最终确定储层非均质性。由于每个油藏具有的特点是不同的，参数的特性也不相同，所以对于储层非均质性的表征，传统情况下一般是采用单参数来进行表征，主要是通过渗透率的变异系数、渗透率级差以及单层突进系数等参数来反映储层的非均质性，如果只是单一的考虑某个或某几个参数，只能从某一侧面来反映储层的非均质性，如果遇到多种参数并存时，并且它们表征的储层的非均质程度也不一样，这样就会很难做到统一处理。此时，我们就需要优选综合指数法以及渗透率参数法对储层的非均质性进行定量表征。由于非均质综合指数法综合考虑了各种储层非均质性的影响因素，所以使得对储层非均质性的评价更为精确。

2.2 储层随机建模

储层随机建模是一种直观、可视化方法。它不仅可以直接反映储层的内部结构，而且可以定量描述油气储

层特征以及非均质性。目前, 储层随机建模的方法有很多种, 比如布尔的随机点法、与高斯分布有关的方法以及指示模拟算法等方法。储层随机建模方法是在已知信息和随机函数的理论基础上, 应用该模拟方法会产生多种不同的地质结果。虽然产生的结果较多, 但可以真实地反映储层属性的非均质性。它可还以用来完善油田井网控制地区预测和评价, 主要的工作步骤为: ①首先建立地层框架模型; ②进行地层属性模型建立; ③进行模型的地质约束条件建立; ④对地质模型的属性数据进行变差函数分析; ⑤进行岩石物理属性的建模。近年来, 随着沉积微相划分技术的发展, 地质建模更加准确可靠; 并且在流动单元的基础上建立地质模型, 可以大大提高储层随机建模的预测精度; 为了提高储层随机建模的精确程度, 加入了高分辨率层序地层学的方法, 用来进行地质约束。现阶段主要综合运用多学科知识, 解决油田实际生产中的问题。随着剩余油挖掘难度的增大, 储层随机建模已经成为油气勘探和开发的重中之重; 研究各种随机建模方法具有较大的理论意义和实践意义, 其发展前景亦十分广阔。

2.3 高分辨率层序地层学

高分辨率层序地层学是在油田开发后期需要对油藏进行精细描述而发展起来的。最开始是由于缺少静态数据资料、地质解释本身具有的多解性, 这就造成了在对储层进行精细描述单砂体连通性和规模评价时经常存在不确定性的结果。闫海军等人对吉林油田黑 59 区块注气储集层进行研究, 通过对储集层进行精描及其单砂体的精细解剖研究分析, 该方法不仅表明了储集层中纵、横向的分布规律, 同时也反映了单一因素下砂体发育的期次及其规模等特征。目前, 高分辨率层序地层学在我国的大部分含油气盆地均有应用, 采用高分辨率层序地层学理论, 储层精细描述和单砂体精细解剖过程中存在的不确定性可以被效降低; 这样就大大的提高了储集层砂体分布预测的精确性。

2.4 储层流动单元

流动单元是依据影响流体流动的各种地质参数(非均质系数、孔隙度、渗透率、毛管压力等)在储层中划分的纵向、横向都连续的储集带。主要表现为储层的非均质性; 在该储集带上影响各处流体流动的地质参数以及岩层特点都类似, 所以它具有类似的开发特征。实际上, 不同的储层流动单元具有不同的渗流特征。目前, 国内外学者对储层非均质性的研究主要是以流动单元为主, 因此砂体内部构成部分的研究在含油气盆地沉积学中占有越来越重要地位。该研究方法主要分为两大类: ①沉积相法、层次分析法以及非均质综合指数法等, 主要研究地质方面的因素, 其优点在于将沉积学和层序地层学理论应用在流动单元的工作中, 具有理论支持, 结果可靠; ②以数学方法为主, 包括流动分层指标法、孔

吼几何形状法、生产动态参数法以及多参数综合法等。这类方法主要运用数学的手段, 利用取心井的岩心资料和其他取心井的测井曲线资料, 来完成储层流动单元的划分, 这类方法获得的数据更为真实可靠。近年来随着储层流动单元的深入研究, 主要的研究趋势是与油藏数值模拟、地质建模、层序地层学以及多种数学方法手段结合, 大大提高了储层非均质性研究的准确性, 也提高了研究的精确程度。

2.5 洛伦兹曲线法

洛伦兹曲线法最开始反映的是国民收入与分配的不均衡程度, 后来研究者们将其应用到储层非均质性的描述中来。结合油田开发的实际情况, 运用洛伦兹曲线法对储层非均质性进行评价, 能够比较直观、真实地反映储层的非均质性程度。洛伦兹曲线法是将岩心或测井资料所测得的渗透率进行从大到小的顺序排列, 然后计算出渗透率的贡献值及其对应的岩样百分数, 接着以渗透率的贡献值为 Y 轴, 岩样百分数为 X 轴, 最后根据获得的计算结果绘制洛伦兹曲线。

3 研究趋势

随着油气田开发难度的不断增大, 尤其是在油田开发的中后期, 需要对老区剩余油以及怎样提高采收率进行分析研究, 储层非均质性则是其更为重要的研究内容。经过近几十年的发展, 储层非均质性已经由最开始的基本分类方案、储集空间的精细刻画以及描述渐渐的向储层非均质性表征方向发展, 由常规的河流、三角洲及滩坝等储集体扩展到了非常规的岩性、火山岩及页岩气等储集体方向发展; 由传统的定量表征的方法逐步向不同非均质性的单项参数; 向基于不同算法理论反映综合非均质性特征的非均质综合指数发展; 由单一学科向多学科趋势发展, 结合了储层随机建模、高分辨率层序地层学、洛伦兹曲线、储层流动单元等多种手段进行油藏的精细描述; 综合高分辨率的地震数据、测井数据、多种数学方法以及结合油田工区的实际生产数据资料进行储层非均质性的研究, 这将会是储层非均质性研究的未来发展趋势。

参考文献:

- [1] 张云鹏, 汤艳. 油藏储层非均质性研究综述 [J]. 海洋地质前沿, 2011, 27(03): 17-22.
- [2] 裴亦楠, 薛叔浩. 油气储层评价技术 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
- [3] 吴元燕, 吴胜和, 蔡正旗. 油矿地质学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2005.
- [4] 陈志香. 高集油田高 7 区阜宁组储层非均质性及剩余油分布 [J]. 海洋石油, 2003(02): 51-54.

作者简介:

刘利娟 (1995-), 女, 汉族, 山东莘县人, 硕士在读, 主要从事地质工程方面的研究工作。