

# Discussion on the Physical Characteristics and Influencing Factors of Dense Sandstone Reservoir

Yang Jiang

Northwest University

Email: 453426376@qq.com

## Abstract

The demand for energy in China continues to expand, especially the demand for oil and gas resources continues to increase. However, with the passage of mining time, the amount of available energy continues to decline, and the current mining volume has been greatly affected. Although the current understanding of tight oil is relatively low, the discussion and analysis of the physical properties of tight sandstone reservoir and its influencing factors can lay a good foundation for the subsequent exploration work and also provide a theoretical basis for the subsequent classification and evaluation of the reservoir. Based on this, this paper starts with the analysis of the relevant parameter characteristics, carries out the specific reservoir physical property analysis, defines the specific influencing factors, and provides a theoretical basis for the relevant work.

**Keywords:** Dense Sandstone; Reservoir Analysis; Physical Characteristics; Influencing Factors

## 关于致密砂岩储层物性特征及其影响因素的探讨

蒋杨

西北大学

**摘要:** 国家对能源需求不断扩大,尤其是油气资源需求量不断提高,但随着开采时间的推移,可获取的能量量不断下降,现阶段的开采量受到了重大影响。虽然目前对致密油的了解程度相对较低,但通过对致密砂岩储层物理性质特征及其影响因素的探讨分析,可以为后续的勘探工作奠定良好的基础,还可以为后续的储层分类评价提供理论依据。基于此,本文以陇东鄂尔多斯盆地地区相关参数特征入手进行分析,展开具体的储层物理性质特征分析,明确具体的影响因素,为相关工作提供理论基础。

**关键词:** 致密砂岩; 储层分析; 物理性质特征; 影响因素

## 1 案例分析

本文以陇东鄂尔多斯盆地地区油田致密油储集层长 4+5 和长 6 储层为研究分析对象,综合考虑储层内部的孔隙度和渗透率之间的关系和空间关系,综合评估了储层的总体物理性质,为储层的微观特性的研究奠定了坚实基础。研究围绕鄂尔多斯盆地西南部的陇东地区上三叠系延长组长 6、长 8 油层组致密储层为实例,利用铸体薄片和扫描电镜对其物理性质和相互关系进行了初步探讨。碎屑组份在某种意义上是决定了储层性质的主要因素,石英、长石等因素对各储层的影响也各不相同。

根据国家石油天然气行业标准,本文研究的长 4+5 储层的孔隙度为 2.86%-17.34%,平均峰频次为 10.54%,其中渗透率在  $0.0038 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  范围内,平均值为  $0.79 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,平均峰频率是 18.33%,符合致密油砂岩储集层标准。该研究区长 6 孔隙度为 1.46%-19.1%,平均值为 10.75%。渗透率在  $0.0009 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 30.22 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  的范围内,平均值为 34.04%,是低孔—特低孔。长 4+5 储层的储集能力和渗流能力都比

长 6 储层差，而长 4+5 储层的低孔（57.82%）和特低渗（22.96%）的发现率都比长 6 储层低孔（68.17%）、特低渗（25.80%）的发现率较高<sup>[1]</sup>。

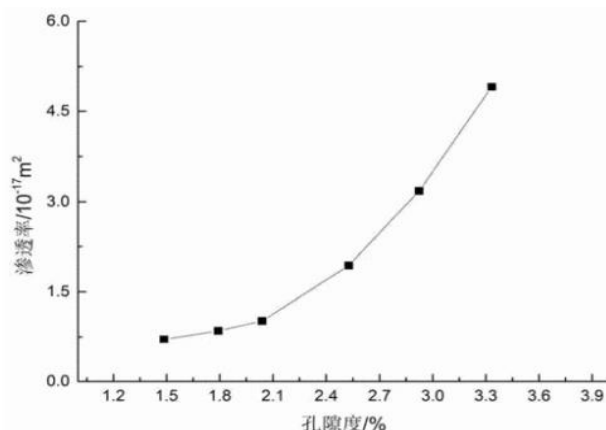


图 1 孔隙度和渗透率关系图

## 2 碎屑组份对物理性质的影响分析

碎屑组份是孔喉的重要影响因素，也是其形成的重要组成物质，其组份特性对成岩类型、程度及孔喉特性有一定的作用。碎屑岩的种类和含量对储集层的孔隙度和渗透率的影响不同，从长 4+5 储层的孔隙度和主碎屑组份的关系来看，这一区段的物理性质受碎屑组份的控制作用很小，三类碎屑颗粒与储集区的物理性质关系不大。这说明长 4+5 储层的储集层物理性质受到了成岩改造的作用，其物理性质变化十分复杂，单凭一种碎屑组份的含量很难对其进行物理性质的调控。储层孔渗特征主要是由碎屑组份含量及其赋存特征等多方面影响的。从储层剖面上可以看到，砂岩储层的渗透性与长石含量呈显著的正向关系，说明了长石的存在有利于提高储层的渗透性。长石和石英的比例呈较低的负向关系，相较于长石的相关程度，石英相关程度明显更高，同时岩屑含量特征表现为中等正相关<sup>[2]</sup>。通过 SEM 分析发现，这一区段的岩屑溶蚀形成了二次溶融孔隙，对储层的物理性质起到了积极的促进作用。石英颗粒的加入可以改善砂岩储层的抗压实能力，但受到塑形颗粒和压实作用的同时影响，存在容易被填充的残余粒间孔。而在成岩期，由于石英增大的作用，使物理性质受到了更多的损害。长石对储层的存在相对复杂的影响，储层孔隙在长石溶孔（溶蚀作用）影响下的占比会显著提升，但这一过程中产生的离子如无法实现有效运移，沉淀往往会在短距离内出现，这不仅会导致孔隙产生，同时会破坏连通性<sup>[3]</sup>。

长 6 储层石英、长石含量与渗透率无明显关系，说明储层碎屑组份只对储层的孔隙度产生了一定的作用，而储层的渗透性则受到多种因素的制约。显微观察发现，侵蚀孔隙间的连通不均匀，且有较大的孔隙和较小的喉道系统削弱了孔渗流的相关性。对于储层的渗流能力来说，高岭石化长石生成的管束状喉道和晶间孔会导致其显著下降。另外，伊利石类等黏土矿物对储层喉道的连接特性有显著的影响。SEM 显示，伊利石在喉道中形成的桥式分布有利于增加储层的渗透率。对于储层润湿性来说，粘土矿物薄膜带来的影响较为深远，这种影响在渗流特征方面也有着直观体现。从以上分析可知，储层储集能力不但受其物理性质的影响，存在差异的孔隙结构网络成岩较为复杂作用也与储层致密联系紧密。为了分析孔隙与渗流之间的关系，寻找影响形成储层性质的重要因子，必须深入研究储层的成岩过程，并对其进行定性、定量的研究<sup>[4]</sup>。

## 3 碎屑结构对物理性质的影响分析

以陇东鄂尔多斯盆地华庆长 6 储层（HQ 储层）、板桥合水长 6 及长 8 储层（BQ 储层）和马岭长 8 储层（ML 储层）为例，根据区域地质特点，从储层的基本特点出发，运用各种分析和检测技术，对该区储层

的微观特性和差异进行了分析，并与核磁共振等技术结合，深入探讨碎屑结构对物理性质的影响，并将这些特点与生产实践联系起来，确定了各种影响储层物理性质的主要因素。

### 3.1 基本影响

对于储层的物理性质来说，碎屑结构能够通过多种方式对其进行产生影响，如碎屑颗粒的空间排列、分选好坏、粒度大小等。围绕储层粒度的分选好坏、大小差异进行分析可以发现，二者能够基于水动力条件、沉积环境等进行判断，同时空间排列、展布特征带来的影响也较为深远。分析粒度可以发现，相关的主要参数包括分选系数、平均粒径、标注偏差，碎屑颗粒集中程度可通过平均粒径进行反映，碎屑颗粒的均匀、分选程度可基于分选系数进行反映。在相关研究中，一般认为越大的碎屑颗粒代表分选越好，储层也存在更好的物理性质。如基于基本相同的水动力条件，对储层孔渗、分选系数、平均粒径三者的关系进行研究，即可明确储层受到的储层粒度影响。本文选择的研究区域存在相差不大的储层碎屑颗粒，主要体现在分选、力度、磨圆度等方面，本节主要聚焦储层物理性质受到的碎屑结构影响，不关注其他因素。对研究区碎屑粒径中值、渗透率、孔隙度三者进行分析不难发现，物理性质与粒径中值存在正比关系，储层的物理性质随变大的粒度中值变大而优化，这是由于越大的颗粒对应存在越大的孔隙。对于变大的粒径中值来说，其代表大颗粒碎屑存在更大占比，变粗的粒度会导致砂岩具有更强的抗压实能力，在保存原始空隙方面也具有显著优势。进一步围绕相关系数进行分析可以发现，孔隙度和粒径中值的相关性明显高于渗透率与粒径中值，可见颗粒接触方式等因素同样会影响成岩作用。

越小的分选系数代表存在越好的颗粒分选，分选系数会随隔离均匀性提升而变大，进而对应存在越差的颗粒分选。对研究区的储层物理性质和碎屑颗粒分选系数进行分析可以发现，储层孔渗和颗粒分选系数存在负相关的关系，储层物理性质会随提升的分选系统而变差。在固定的碎屑粒度下，储层孔隙度受到的不同排列颗粒影响不同，如存在球状的颗粒，此时存在接近 1 的分选系数，基于立方体排列的球形颗粒存在最大 47.65% 的孔隙度，如排列方式为菱面体，会出现 50% 左右的孔隙度损失。受较差的颗粒分选影响，杂乱排列的不等径颗粒对应存在最大的孔隙度损失，储存此时存在较差的物理性质。基于岩石学特征进行分析不难发现，研究区储层存在中等占比较多、分选较好的碎屑颗粒，但大量杂基也同时存在，杂乱排列的不等径后期碎屑颗粒使得储层存在整体变差的物理性质，可见储层物理性质受到的碎屑颗粒排列影响较为深远。

### 3.2 具体对比

通过对比可得出以下结论：第一，对比研究区 HQ 储层、BQ 储层、ML 储层可以发现，岩屑长石砂岩为 BQ 储层的主要岩石类型，同时存在基本相同的碎屑，而相较于该储层，HQ 储层的火成岩、中长石屑含量更高。相较于 BQ 储层，ML 储层的变质岩、石英屑含量略高。在填隙物类型方面，三种储层差别不大，含量最高及次高的分别为伊利石、绿泥石。第二，BQ 储层存在整体较细的碎屑颗粒，ML 储层以中砂、极细砂为主要粒度，BQ 储层则为细砂和极细砂，其中砂含量高于 HQ 储层，但极细砂含量相对较小。第三，在储层物理性质方面，ML 储层优于 BQ 储层，HQ 储层与 BQ 储层相差不大。在整体层面，BQ 储层存在相对较差的物理性质，属于典型的低孔、特低-超低渗透致密砂岩储层。第四，对储层碎屑组份进行分析可以发现，储层物理性质与长石、石英等碎屑颗粒不存在显著相关性，但在 35% 以上含量的石英影响下，储层对应存在持续提升的渗透率及孔隙度。同时，储层物理性质还会受到云母、岩屑含量的直接影响，如存在 5% 以上的云母含量及 20% 以上的岩屑含量，这种影响会进一步放大。第五，储层物理性质与碎屑颗粒粒径中值间存在正相关的关系，不同的排列的颗粒则会直接影响孔隙度，杂乱排列的不等径碎屑颗粒使得储层物理性质大幅下降。

## 4 结论

随着油气勘探和开采技术的不断进步，在致密砂岩储层的开发中，已有不少成果。但在勘探和开采过程中，一些问题也逐步显露出来，如油田在投产后就处于高含水率、后期产量偏低等，这与致密砂岩储层物性存在一定联系。本文研究的长 4+5 储层的平均孔隙度、平均渗透性分别为 10.54%、 $0.79 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、长 6、10.75%、 $0.908 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，是一个典型的致密砂岩储集层。长 4+5 储层的孔渗特征受主碎屑组份的控制，其物理性质受到构造变形的影响而变化，且石英和长石的含量与孔隙度呈极低的负向关系，同时与渗透率无明显的相关性，这一研究成果能够为油气勘探和开采提供一定参考。

## 参考文献

- [1] 何子琼,王诗怡,蒋正昊.鄂尔多斯盆地华庆地区长 6<sub>3</sub> 致密砂岩储层微观特征研究[J].云南化工,2023,50(01):139-142.
- [2] 戴亚威,袁珍,武富礼,.基于压汞实验的致密砂岩储层物性响应及分形特征[J].河北地质大学学报,2022,45(06):26-32.
- [3] 沈鸿强.泌阳凹陷深层系致密砂岩储层的成因机理及成藏过程研究[J].石化技术,2022,29(09):156-158.
- [4] 王小娟,洪海涛,吴长江.四川盆地川中地区侏罗系沙溪庙组致密砂岩储层特征及成因[J].吉林大学学报(地球科学版),2022,52(04):1037-1051.