

# Analysis of Reservoir Fine Evaluation Method and Research Application

Shuying Dai

Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shannxi, 710000, China

## Abstract

Based on a variety of reservoir parameters, this paper expounds the current methods of studying reservoir physical characteristics, analyzes the factors affecting reservoir heterogeneity, describes the relevant parameters of reservoir heterogeneity and the key of application, analyzes the development trend of reservoir evaluation research, and provides a scientific basis for the reasonable development of oil fields.

## Keywords

reservoir physical property; introduction to methods; reservoir characterization

## 浅析储层精细评价方法及研究应用

戴姝颖

西安石油大学, 中国·陕西 西安 710000

## 摘要

利用多种储层参数, 阐述了目前研究储层物性特征的方法, 分析了影响储层非均质性的因素, 描述了储层非均质性的相关参数和应用的关键, 分析储层评价研究的发展趋势, 为油田合理开发提供了科学依据。

## 关键词

储层物性; 方法概论; 储层表征技术

## 1 国内外研究现状及发展趋势

随着现代地学的进步和发展, 新的技术和方法大量应用于现代地学, 相关学科不断相互交叉和渗透。通过实验模拟以及对现代陆上和水下沉积物的研究, 油气勘探开发实践与沉积学理论的密切结合产生了储层沉积学。随着数字模拟技术和计算机技术在储层沉积学研究中的广泛应用, 使储层沉积学由定性向定量发展, 并在解释储层非均质性、解释残余油、提高采收率、地质模型的建立等方面发挥着更加重要的作用。

### 1.1 储层沉积学研究现状

近些年来, 砂岩成岩后生作用及次生孔隙研究已成为国内外石油地质学家和沉积学家非常关注的课题。研究表明, 碎屑岩储层的发育程度、物性条件及其时空展布主要受诸多因素的影响和控制, 包括储层在地质历史时期所经历的沉积和成岩作用以及构造活动等。在宏观上, 沉积作用主要对储层的砂体类型、砂体形态、砂体规模、储层的原始物性

条件及其空间分布进行影响和控制。在微观上, 成岩作用与构造活动等主要对储层孔隙的演化、储层的物性等方面对储层进行影响和改造。

### 1.2 储层物性影响因素研究现状

物性特征是决定储层储集性能的关键, 是油气藏地质特征的具体体现, 其直观特征是砂岩的孔隙度和渗透率。对储层物性影响因素的分析能够为油气勘探提供理论依据, 具有指导意义。目前, 对储层物性影响因素的分析手段主要有岩心分析、测井资料综合解释、试井分析、薄片观察、实验模拟等。

前人的研究表明, 储层物性的影响因素很多, 不同地区、不同的油气储层其物性影响因素各不相同。尹诗琪等<sup>[1]</sup>从岩性、胶结物含量、孔隙类型和沉积相个方面对陕北地区延长组长段储层的物性进行分析, 其结果显示, 分流河道较河口砂体物性好, 但分流河道顶部较河口砂体顶部储层物性差。此外, 砂岩成分、压实、压溶、溶蚀和胶结作用亦是其物性的主要影响因素。

可见, 不同地区、不同储层的储层物性主要影响因素各不相同。因此, 正确分析储层物性影响因素能够为油气勘探和利储层预测提供地质依据。

【作者简介】戴姝颖(1993-), 女, 中国陕西西安人, 硕士, 从事油田政策研究。

### 1.3 储层评价研究进展

对不同类型的油藏进行合理的分类和评价,是油藏评价的根本任务。随着中国石油资源的不断开采,油气藏的评价也越来越引起世界各国的关注。当前,油气藏的评价已从定性逐步过渡到定量,从过去仅以孔、渗流为主的单一指标逐步过渡到以多指标为主的多指标综合评价。Wilkes等<sup>[2]</sup>采用特殊的混合体系的稳定性碳同位素来评估油藏中的石油的生物降解。Bastia等人<sup>[3]</sup>在研究了印度东北陆缘孟加拉扇中、上覆岩层在板块撞击前后的沉积史基础上,对本区深层油气藏进行了预测。Shafie等<sup>[4]</sup>在人工神经网络和微粒群算法的基础上,开发出一种用于评估天然裂缝型碳酸盐岩油藏的蒸气驱油效果的筛选工具。

当前,国内外对储层的评价多采用多种数学、地质、试验等方法,对储层的物理特性(如孔、渗、裂等)进行分析。目前,中国对这些问题的研究,大多侧重于对油藏的评价指标进行优化,运用多种地质统计和数学方法对油藏进行全面的归类,并对各类油藏与石油和天然气的分布之间的联系进行了分析,从而为石油和天然气的勘探和开发提供了依据。

## 2 常用的储层评价研究方法概述

如今储层的综合评价已从最初的定性逐渐向定量化评价发展,由传统的物性评价向宏观、微观多元化评价发展,目前常用的方法主要包括:地质经验法、权重分析法、层次分析法和各种地震方法等。

### 2.1 地质经验法

当前,国内外普遍采用的是地质经验方法。该方法最大的特点是能较好地反映油气藏形成的主要影响因子,其评判依据来自实际的油气藏开发实际,具有较好的适用性。不足之处在于,在评价研究中,缺乏对定量性的分析及统计计算。此外,因为不同的油田和不同的区块,储层的地质特性存在着很大的差别,因此难以对评价方法和标准进行推广,因此很难确保其结果。

### 2.2 权重分析法

相对来说,加权分析法是一种比较简便的油藏半定量化方法。这种方法,将所有的原始变量的相关信息,都集中地进行了分析,然后,确定了各种因素的权重和对应的评估标准,从而完成了加权评估。加权分析法的优势在于,与纯粹的地质经验法相比,它向量化的方向前进了一大步。不足之处在于,在决定各种参数的加权数值时,会受到人为经验因素的很大影响。因此,不同的研究者所确定的加权数值会有很大的差别,这就造成评价结果之间的差别很大。

### 2.3 层次分析法

层次分析法指的是运用简单的数学工具,并与运筹思想相结合,将一个复杂的问题划分为每个组成因素,并按照支配关系进行分类,从而构成一个层级的结构。它还可以将

每个因素之间的相互影响关系以及它们在系统中所起到的作用进行整合,从而决定出每个因素的相对重要程度。AHP方法最大的优势在于它能将一个复杂的系统划分成多个层级或多个子系统,并能决定各个要素之间的相对重要程度,从而使一个复杂的问题变得简单。这种方式的不足之处在于,它的等级划分存在着很大的随机性,它的合理性不易被证实。

### 2.4 各种地震方法

地震技术是油气藏描述与预测的一种有效手段,已引起国内外学者的广泛关注,但其在油气藏评估方面的应用却鲜有报道。比如,在英国南缘 Totligende 地区陆架地区,开展 Totligende 地区的低孔隙致密气藏压力损失的观测和评估,从而改善裂隙型气藏的地震反应,并在此基础上进一步提升气藏的产能。其优势是利用油气藏的预测特征来揭示油气藏的时空演化特征,但其不足之处是采用地震数据进行校正,并且受限于技术自身的精度,当前对砂、泥两相薄互层型油气藏的评价仍有很多问题。

油藏评价是一个系统工程,因数据种类繁多、目标各异,所以采用的方法也各不相同。将各种研究方法的优势结合起来,尽可能地避开它们各自的不足之处,将各种数据中的有效信息进行深度挖掘,从而对油藏特性进行准确的评估。

## 3 储层表征技术概述

近年来,随着页岩气勘探开发的兴起,储层的研究范围得到了很大拓展,目前有十余种技术用于孔隙表征,其表征内容和精度范围各不相同。单一的技术方法难以全面认识复杂储层的物性特征,因此,必须在储层分类基础上采取择优组合的方式配套应用有关技术方法,才能对复杂储层进行科学的成因分析和精确的特性评价。

### 3.1 孔隙表征技术

储层孔隙的表征技术可分为定性表征和定量表征两大类,两类方法的综合应用,为孔隙的研究提供重要的参考和依据。

#### 3.1.1 定性表征技术

对样品进行定性分析的方法有光学显微镜、扫描电镜和扫描电镜。魏广振等<sup>[5]</sup>人通过扫描电镜(SEM)对储层的孔隙结构进行了定性和定量分析,并通过SEM对孔隙结构进行了定量分析,并将其与渗透率/孔隙度比进行了关联,从而实现了孔隙结构的定量分析。孙先达<sup>[6]</sup>等人通过激光扫描,采用3D重构技术对微观孔隙进行了重构,结果表明,火山岩储层中的大部分微观孔隙是相互连接的,而且部分微观孔隙的孔隙度达到了30%以上。

#### 3.1.2 定量表征技术

传统的压汞方法不能确定喉的数目,这将给孔隙度和次生孔隙度的预测带来很大的误差。最近几年,随着核磁共振技术被越来越多地用于非常规油藏的孔隙结构的分析,运

华云等人将岩石中的 NMRT2 分布和用压汞方法获得的孔喉半径进行了比较, 结果表明两者有很好的关联。

### 3.2 孔隙表征技术在储层评价中的应用

针对不同的储集层, 采用不同的孔隙特征描述方法。储层孔隙孔径大小与孔隙尺寸、孔隙度、孔隙度、渗透率等有关, 与孔隙度、孔隙度、孔隙度等有关, 与渗透率等指标相结合, 可用于储层分级; 它能较好地反映储层孔隙度和孔喉结构。

#### 3.2.1 单一孔隙型储层

单一孔隙型储层的主体孔隙尺寸集中在一个区域内, 与复合孔隙型储层相比, 其孔隙尺寸更均匀, 一般砂岩储层、页岩储层的孔隙能够满足以上要求。大-中孔高渗储层这种储层的孔隙大、孔隙度高、渗透率高。该类油藏的孔隙度很低, 孔隙间连通性不好, 油藏具有很大的非均质性, 油藏中常有大量的隔离孔, 用常规方法很难确定隔离孔。因而, 对于这类油藏, 一方面要在定量观测中提升孔隙结构时的识别准确度和成像分辨率, 另一方面还要考虑是否能够识别出隔离孔。

#### 3.2.2 复合孔隙型储层

大部分储层, 特别是碳酸盐岩, 具有很高的非均质性, 不仅存在大量的溶解孔隙, 而且还存在大量的微小的微-纳米孔隙。微纳米孔隙是致密油凝析气藏中重要的一环, 其形成机制与成藏规律密切相关, 亟待建立一系列完整、科学的理论与技术。综合已有的研究成果, 论文提出了“孔隙由宏观到微观, 由大中孔到微米孔”的思路, 即“划分-层析”相结合的思路。按孔隙大小将其划分为: 大-中等孔隙率为 A, 小-纳孔率为 B。复合型孔隙表征流程如图 1 所示。

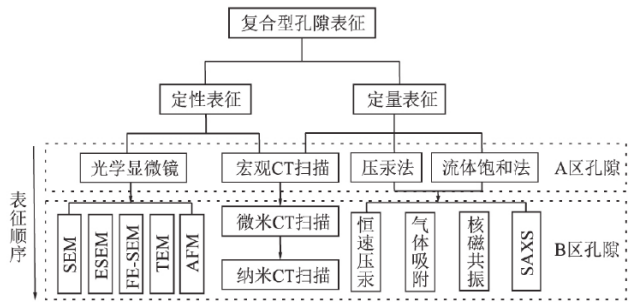


图 1 复合型孔隙表征流程

首先对试件进行铸体薄片观测, 获得试件主要孔隙尺寸及脸面系数等基本信息, 并利用压汞法、流体饱和法等对试件孔隙度进行定量分析, 最后利用显微 CT 技术获取试件内部微观孔隙的三维重构图像, 实现对试件内部微观孔隙(主要为中~小孔)的精确表征。其次, 测试了 B 层的微纳孔结构, 并对其进行了表征。利用 SEM、环境 SEM 和 FEM 等手段以及 TEM 和 AFM 等微观尺度上的微观孔形貌以及对微观尺度上的微观孔结构进行表征。采用核磁共振技

术, 气体吸收技术, X 射线小角散射技术, 对孔隙进行了量化研究。此外, 利用 Nano-CT 技术对孔隙数和连接情况进行了研究。根据以上的次序来对复合孔隙油藏进行表征, 能够比较完整地描述出油藏中各种尺度的孔隙, 在定性上能够辨识出各种尺度的孔隙的形貌, 在定量上能够测量出各种尺度的孔隙的数目, 从而可以获得更为精确的孔、渗透率资料。

### 4 储层评价研究发展趋势

综合分析前人对储层评价研究的工作, 结合自身科研实践, 总结认为, 储层评价研究的发展趋势主要包括以下几个方面:

①油气藏评价的研究思路已从以往的侧重于定性、半定量到定量的研究思路逐步转变。

②国内外学者对其进行了较为深入的研究。通过本项目的实施, 一方面可以使油藏评价指标更具科学性和代表性; 另一方面可以使油藏评价的方法和成果更具合理性, 更接近于地下地质的真实情况。

③储层物性评估工作朝着更加精细的方向发展, 不再限于对储层物性的评估, 今后的工作将侧重于对储层物性的评估, 如储层非均质性和储层孔隙结构的评估。

④由于科技水平的提高以及传统油藏的石油天然气勘探与开采情况日趋严重, 以致致密砂岩及页岩气为主的非常规油藏已逐步成为目前油藏评价中的一个重要课题。

⑤对评价的合理性进行检验, 将成为今后油气藏评价的一个主要发展趋势, 它既能防止对评价的误差, 又能使参数的选取、评价的方法的选择等更趋完善。油藏评价的研究将大大提高。

### 参考文献

- [1] 尹诗琪, 孙光旭, 徐星安. 鄂尔多斯盆地陕北地区延长组长 8 段储层物性影响因素[J]. 胜利油田分公司物探研究院, 2012, 10(4): 80-82.
- [2] Wilkes H, vieth A, Elias R. constraints on the quantitative assessment of in-reservoir biodegradation using compound-specific stable carbon isotopes[J]. Organic Geochemistry, 2008(39): 1215-1221.
- [3] Basita T, Das S, Radhakrishna M. Pre-and post-collisional depositional history in the upper and middle Bengal fan and evaluation of deepwater reservoir potential along the northeast Conti-bengal Margin of india[J]. Marine and Petroleum Geology, 2010(27): 2051-2061.
- [4] Shafiei A, Dusseault M B, Zendejboud S, et al. A new screening tool for evaluation of steamflooding performance in naturally fractured carbonate reservoirs[J]. Fuel, 2013(108): 502-514.
- [5] 魏广振. 岩石孔喉平均半径 SEM 测定法[J]. 分析仪器, 2011(2): 51-53.
- [6] 孙先达, 李宜强, 戴琦雯. 激光扫描共聚焦显微镜在微孔隙研究中的应用[J]. 电子显微学报, 2014(2): 123-128.