

# 碳酸盐岩储层评价

## 一、储层岩石学特征评价

### 1、内容和要求

(1) 颜色；

(2) 矿物成分、含量、结构等，其中矿物结构分粒屑结构、礁岩结构、残余结构、晶粒结构。

粒屑结构：要求描述粒屑组分、含量、基质、胶结物等特征。粒屑组分描述应包括内碎屑、生屑和其他颗粒（鲕粒、球粒、团粒）的大小、形态、分选、磨圆、排列方向、破碎程度等方面的内容。对鲕粒还应描述内部结构；粒屑含量是指采用镜下面积目估法或计点统计法确定各种碎屑的含量；基质（一般把粒径 $<0.032\text{mm}$ 的颗粒划为基质）=成分、含量、颗粒形态、结晶程度、类型、成因及胶结物（亮晶）成分、含量、晶体的大小、结晶程度、与颗粒接触关系、胶结物形态（栉壳状、粒状、再生边或连生胶结）、胶结世代及胶结类型等都是应描述的内容。

礁岩结构：分析原地生长的生物种类、骨架孔隙的发育情况，确定粘结结构类型（叠层状、席状、皮壳状）、规模大小及成因；分析异地堆积的类型（分散礁角砾、接触礁角砾）、成因、各类礁角砾的大小和含量，描述其形态、分布等。

残余结构：确定原结构类型、残余程度，分析成因。

晶粒结构：描述晶体形态、晶粒间接触关系以及晶间孔发育和连通程度，确定晶粒大小、各种晶粒的比例。

### (3) 沉积构造

#### 物理成因构造

a.流动构造：确定类型（冲刷痕、皱痕、微型层理及渗流砂），描述形态、大小和排列方向；

b.变形构造：确定类型（滑塌构造、水成岩墙），描述特征；

c.暴露构造：确定类型（雨痕、干裂、席状裂隙、鸡丝构造、帐篷构造），描述特征；

d.重力成因构造：确定类型（递变层理、包卷构造，枕状构造、重荷模构造），描述特征。

#### 化学成因构造

- a. 结晶构造：确定类型（晶痕、示底构造），描述特征；
- b. 压溶构造：确定类型（缝合线、叠锥构造）描述特征；
- c. 交代增生构造：确定类型（结核、渗滤豆石），描述特征。

#### 生物沉积构造

- a. 生物遗迹：确定类型（足迹、爬痕、潜穴、钻孔），描述形态和分布；
- b. 生物扰动构造：确定类型（定形扰动、无定形扰动），描述形态和分布；
- c. 鸟眼构造：描述鸟眼孔的大小、充填物质与充填情况、分布特点，分析成因。

#### 生物—化学沉积构造

- a. 葡萄状构造：确定大小、藻的类型，分析成因；
- b. 叠层石构造：确定大小、藻的类型，分析成因；

#### （4）沉积层序研究

在单井剖面上划分沉积旋回，确定其性质、大小；分析旋回间的接触及组合关系；在旋回内部划分次级旋回并分析不同级别沉积旋回的成因及控制因素。

建立研究井的沉积层序及单维模式。

## 2、技术和方法

### （1）岩心观察和描述

系统地观察描述岩心的颜色、矿物成分、肉眼可见的沉积结构和构造、古生物类型以及孔、洞、缝发育情况。

### （2）岩心实验室分析

岩心薄片鉴定。

酸蚀分析。将岩石制成光面，放入酸液（浓度为 23% 的醋酸或 5% ~ 10% 的盐酸）中，作用一定时间后取出，清洗干净，用放大镜或显微镜观察岩石的结构、构造和不溶组分。

揭片分析。将涂有醋酸盐的薄膜覆盖在经酸蚀后的岩石光面上，作用一定时间后揭下该薄膜，在显微镜下观察岩石的结构和构造。

非碳酸盐组分分离。把岩石制成 3cm×3cm×0.6cm 的样品，放入浓度为 20% 的醋酸中浸泡，使碳酸盐全部溶解掉，然后在显微镜下观察酸不溶物的成分和特征。

扫描电镜观察。鉴定岩石的矿物成分、超显微结构和构造、超微古生物化石。

阴极发光分析。区分白云石和方解石，以及各种白云石类型。对发生重结晶的岩石观察其残余结构和残余生物。

差热分析。确定矿物类型。

### (3) 测井解释

适用于确定岩性的碳酸盐岩测井系列为岩性密度测井、补偿中子测井、长源距声波测井和电磁波传播测井。

- a. 根据岩石的体积密度和光电吸收截面指数识别岩性；
- b. 制作中子孔隙度、岩石密度、声波时差交会图以识别岩性；
- c. 利用纵波时差或纵波与横波的时差比值来确定岩性；
- d. 根据电磁波在地层中传播时的无损耗时间和介电常数识别岩性。

## 3、基础资料

### (1) 图件类

- a. 岩心综合图；
- b. 录井综合图；
- c. 测井岩性解释剖面图；
- d. 岩石沉积结构、构造素描图；
- e. 岩电图版。

### (2) 表格类

- a. 岩石薄片鉴定表；
- b. 岩石学特征综合统计表（见表1）。

### (3) 照片

- a. 岩心观察的沉积构造照片；
- b. 有代表性的沉积结构、构造和生物化石的镜下照片。

## 4、结论

单井剖面储层的岩石学特征综述。

## 二、储层沉积相评价

### 1、内容和要求

(1) 利用岩性、古生物、自生矿物、微量元素、稳定同位素及有机组分综合判别沉积环境。

(2) 单井剖面相分析。

划分沉积相;亚相和微相;确定相序和相组合。

(3) 确定岩相类型，研究岩相类型在地层剖面中的发育和分布，统计其共生机率，确定其组合，建立单井的沉积序列模式。

- ( 4 ) 确定有利的储集层段。
- ( 5 ) 分析沉积相对原生孔隙发育的控制作用。
- ( 6 ) 分析沉积相对储层纵向分布的控制。
- ( 7 ) 结合地震相研究沉积相对储层平面展布的控制。

## 2、技术和方法

### ( 1 ) 岩心观察和描述

系统地观察描述岩心的颜色、矿物成分、肉眼可见的沉积结构和构造、古生物类型以及孔、洞、缝发育情况。

### ( 2 ) 岩心实验室分析

- a. 薄片鉴定和扫描电镜观察，确定沉积相标志。
- b. 同位素和微量元素分析，确定同位素和微量元素的成分、组成和含量。

( 3 ) 测井解释。利用自然伽马测井、自然伽马能谱测井和地层倾角测井等测井资料判别沉积环境，划分沉积相。

( 4 ) 地震地层学分析。标定地层层位，进行地震相分析。

## 3、基础资料

### ( 1 ) 图件类

- a.单井剖面相分析图；
- b.沉积序列模式图。

( 2 ) 照片。具有代表性相标志的岩心和镜下照片。

## 4、结论

- a.单井剖面沉积相特征综述；
- b.沉积相对原生孔隙的发育，储集层分布的控制作用分析。



### 三、储层成岩作用评价

#### 1、内容和要求

- 1) 成岩阶段与成岩环境划分及标志。
- 2) 成岩作用类型。包括压实作用、胶结作用、溶蚀作用、白云岩化作用、去白云岩化作用、重结晶作用。

压实作用：

- a.寻找压实作用的标志；
- b.划分压实类型；
- c.分析压实作用影响的深度范围；
- d.分析压实作用的影响因素。

胶结作用：

- a.寻找胶结作用的标志；
- b.确定胶结物成分；
- c.划分胶结类型，分析各种胶结类型的特征及所代表的成岩环境。

溶蚀作用：

- a.寻找溶蚀作用的标志；
- b.确定被溶蚀的成分；
- c.划分溶蚀类型；
- d.分析各种溶蚀作用发生的时间和条件；
- e.分析溶蚀作用的影响因素。

白云岩化作用：

- a.寻找白云岩化作用的标志；
- b.确定白云岩化阶段；
- c.分析白云岩化作用的影响因素；
- d.推测白云岩化机理。

去白云岩化作用：

- a.寻找去白云岩化作用的标志；
- b.划分去白云岩化类型；
- c.分析去白云岩化作用的影响因素。

重结晶作用：

- a.划分重结晶作用类型；
- b.分析重结晶作用的影响因素。

- 3) 根据各种成岩作用的特征和各成岩环境的标志划分成岩环境，并研究各环境的特征。
- 4) 根据各种成岩作用特征和成岩环境，在纵向上划分成岩相；根据各成岩

相在纵向上的组合关系，把紧密相关的成岩相划分为一个成岩相组合。

- 5) 建立单井储层段的成岩模式。
- 6) 建立单井储层成岩序次与编制孔隙演化图。
  - a. 分析各成岩阶段及各成岩环境中成岩作用发生的先后顺序。
  - b. 分析各种成岩作用对孔隙的形成、发育和消亡的作用。
  - c. 确定成岩序次与孔隙演化间的关系，编制成岩序次与孔隙演化图。
- (7) 划分次生孔隙类型和发育段。

## 2、技术和方法

- 1) 岩芯薄片鉴定和扫描电镜分析  
研究成岩环境、成岩作用标志和特征。
- 2) 阴极发光分析  
识别碳酸盐岩胶结物的矿物成分，研究重结晶作用程度及白云石类型。
- 3) 同位素分析  
测定岩石中  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ， $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ，确定成岩阶段。
- 4) 电子探针分析  
分析碳酸盐岩矿物的化学成分。
- 5) 包裹体分析  
分析包裹体成分、类型以及形成的温度。
- 6) 有机地化分析  
沥青反射率及生油（气）岩热解分析。

## 3、基础资料

- 1) 图件类
    - a. 成岩相及成岩相组合图；
    - b. 成岩模式图；
    - c. 成岩序次与孔隙演化图。
  - 2) 照片
    - a. 典型的成岩作用标志照片；
    - b. 典型的次生孔隙照片。
- ## 4、结论
- a. 成岩模式综述；
  - b. 成岩序次与孔隙演化之间的关系分析。

## 四、储层储集性能评价

### 1、内容和要求

- 1) 储层储集空间类型。

- a. 按储集空间的形状分类。
- b. 按储集空间大小分类。
- c. 按储集空间的形成机理和结构分类。

## 2) 储集空间特征。

将下述观察结果记录在“裂缝统计表”和“孔洞统计表”中。

a. 孔和洞：孔、洞大小、形状及相互连通情况；孔、洞内充填物性质、数量及结晶程度；孔、洞的发育和分布；d、孔、洞在岩心纵（横）截面的面积百分比或在岩石薄片中的面孔率。

b. 裂缝：裂缝条数和密度；裂缝长度和宽度；裂缝的产状；裂缝充填情况及裂缝的有效性；缝壁特征；裂缝的力学性质分析；裂缝组系发育情况，并按裂缝组系编制裂缝玫瑰图；裂缝贯通溶洞、孔隙的情况。

c. 储集岩基质孔隙结构特征：孔喉大小与形态按饱和度中值喉道半径  $R_{50}$  划分（大喉： $R_{50}$  大于  $2.0\mu\text{m}$ ；中喉： $R_{50}$  小于或等于  $2.0\mu\text{m}$ ，且大于  $0.5\mu\text{m}$ ；小喉： $R_{50}$  小于或等于  $0.5\mu\text{m}$ ，且大于或等于  $0.04\mu\text{m}$ ；微喉： $R_{50}$  小于  $0.04\mu\text{m}$ ）；孔喉形状；孔喉大小分布特征；孔隙与喉道的连通情况；孔隙与喉道的配位数。

d. 储层的储集类型。

e. 储层物性：储层孔隙度大小、分布及在纵向上的变化规律；储层渗透率大小、分布及在纵向上的变化规律；不同围压条件下孔隙度与渗透率大小和分布。

f. 储层孔隙结构与储层物性之间的关系。

g. 储层储集性能的影响因素：沉积条件对储层储集空间类型、大小、形状、发育程度及连通情况的影响；成岩作用对储层储集空间形成、发展以及消亡的影响；构造作用对裂缝发育分布的影响。

## 2、技术和方法

a. 地质录井：

a. 肉眼观察描述岩心孔、洞、缝发育情况。

b. 观察并统计岩屑中次生矿物的含量、成分、自形晶程度，推测孔、洞、缝发育的有效性。

c. 根据钻井过程中钻时变化、钻具放空长度、钻井液漏失数量和速度、判断缝、洞大小。

b. 岩心实验室分析：

a. 岩心铸体薄片镜下观察与图像分析。

b. 岩心荧光薄片镜下观察。

c. 岩心样品孔隙度测定。

裂缝统计表 ( 格式 )

取心层位\_\_\_\_，次数\_\_\_\_，井段\_\_\_\_m，进尺\_\_\_\_m，心长\_\_\_\_m，收获率\_\_\_\_%

岩心编号\_\_\_\_，统计面积\_\_\_\_，地层倾角\_\_\_\_

统计部位	序号	类型 构造 层间等	裂缝 倾角	充 填 情 况						面积 ,mm <sup>2</sup>		裂缝 方向	油 气 显 示	特征描述（ 延伸切割情况、组系，地层关系及素描等 ）
				全 充 填 mm	未 ~ 半充 填    mm		充 填 物	结 晶 度	全 充 填	未 ~ 半 充 填				
					长	宽					长			
统计部位			统计面积			总裂缝条			总缝面积 mm <sup>2</sup>			总缝面孔率%		
				有效裂缝条				有效缝面积 mm <sup>2</sup>			有效缝面孔率%			

制表人：

检查人：

孔洞统计表 ( 格式 )

地理位置\_\_\_\_\_ 层 位\_\_\_\_\_

构造位置\_\_\_\_\_ 岩石定名\_\_\_\_\_

序 号	大小 mm <sup>2</sup>	充填情况			分布连通情况	油气 显示	数量 个	面积 mm <sup>2</sup>	备注
		程度	充填物	结晶度					
孔洞数 个			孔洞面积 mm <sup>2</sup>			孔洞面孔率 %			
总缝洞数 个			总缝洞面 积 mm <sup>2</sup>			总缝洞面孔率 %			
总有效缝 洞数 个			总有效缝 洞面积 mm <sup>2</sup>			总有效缝洞 面孔率 %			

d. 岩心样品渗透率测定。

e. 岩心样品压汞试验。

3) 测井解释：

a. 利用测井曲线划分储集层段。

b. 测井定量解释：利用密度、中子、声波等测井资料计算储层孔隙度。

4) VSP 资料分析：

VSP 资料与测井资料结合划分储集层段。

5) 地层测试：

a) 获取压力恢复数据，绘制压力恢复曲线，即：根据压力恢复曲线形态并结合孔、洞、缝三角形图解法判断储层的储集类型；利用压力恢复曲线计算储层参数。

b) 利用地层测试资料划分储集层段。

6) 综合利用各种资料，在单井剖面上划分储集层段。

### 3、基础资料

1) 图件类

a. 储层孔隙度和渗透率大小、分布的频率直方图或频率分布曲线；

b. 毛管压力曲线及孔喉大小、分布的频率直方图或频率分布曲线；

c. 储层物性参数与孔隙结构参数相关分析曲线；

d. 油、气井压力恢复曲线；

e. 测井第一次和第二次解释成果图。

2) 照片

a. 岩心孔、洞、缝的照片；

b. 镜下观察孔、缝发育的照片。

3) 表格类

a. 孔洞和裂缝统计表；

b. 物性分析数据统计表；

c. 孔隙结构参数统计表；

d. 测井解释参数统计表。

### 4、结论

单井剖面储集性能综述。

## 五、储层含油、气性评价

### 1、内容和要求

1) 储层内流体的类型。

2) 单井剖面上油、气、水的分布。

- 3) 饱和度及其在纵向上的分布。
- 4) 油、气、水产能及油、气层的特性参数。
- 5) 油、气、水的物理化学性质。

## 2、技术和方法

- 1) 地质录井：岩心或岩屑的含油、气观察和试验；确定岩心的含油级别；泥浆槽或泥浆池面油、气显示观察；测量钻井液性能变化，判断流体类型。
- 2) 气测录井：根据全烃与重烃含量曲线变化划分油、气、水层；利用色谱气测解释图版划分油、气、水层。
- 3) 岩心实验室分析：测定含水饱和度或含油（气）饱和度；
- 4) 测井解释：油、气、水层的划分；计算流体饱和度和其他特征参数。
- 5) 地层测试：确定流体性质和产能；实验室分析流体样品的物化性质；测定储层压力与温度，绘制压力梯度曲线，划分油—水或气—水界面。
- 6) 产层改造及产能评价；

## 3、基础资料

- 1) 图件类
  - a. 气测曲线图；
  - b. 地球物理测井第一次和第二次解释成果图；
  - c. 压力恢复曲线图；
  - d. 压力梯度和温度梯度曲线图；
  - e. 毛管压力曲线与相对渗透率曲线图；
  - f. 含油（气）饱和度—深度关系曲线；
- 2) 表格类
  - a. 油、气、水显示资料统计一览表；
  - b. 测井解释成果表；
  - c. 油、气测试成果表；
  - d. 油、气、水物化性质分析数据表；

## 4、结论

1. 油、气、水在单井剖面上分布和变化规律综述；
2. 储层含油、气性评价；

# 六、储层综合评价

## 1、内容和要求

- 1) 储层分类评价；
- 2) 储层有效厚度；
- 3) 储层压力和温度系统，包括：储层压力和温度沿井身剖面的变化规律；预测油（气）藏类型及驱动类型。
- 4) 单井油、气储量计算；

## 2、技术和方法

- 1) 储层分类参数及其标准的确定
  - a. 利用数理统计法从反映储层特征的物性、电性及含油气性参数中优选分类参数；
  - b. 根据不同地区或油气田的地质情况，确定储层分类参数标准；
  - c. 根据分类标准将储层划分为好储层、较好储层、较差储层、差储层及非储层；
- 2) 储层有效厚度的确定。
  - a. 裂缝型或洞穴型储层有效厚度的确定：利用录井资料标定的地球物理测井曲线，结合测试资料划分储层有效厚度；
  - b. 孔隙型、裂缝—孔隙型储层有效厚度的确定：制定物性下限标准，并利用若干接近下限值的同层位的单层测试资料加以验证；
  - c. 由物性下限标准得出电性标准；
  - d. 利用测井曲线划分有效储层的顶、底界面；
  - e. 在有效储层段中扣除致密层与泥质夹层；
- 3) 单井油、气储量计算
  - a. 油、气储量计算单元的确定：按同一压力系统（或裂缝系统）以层段为计算单元；不同储集类型的储层作为不同的计算单元。
  - b. 单井含油、气面积的确定。根据对油气藏类型的预测，确定单井控制的含油气面积；
  - c. 油、气储量计算方法：容积法和动态法。

## 3、基础资料

- a. 单井储层综合评价图；
- b. 储层分类参数的相关曲线；
- c. 确定储层有效厚度下限标准的物性参数与测井参数交会图；
- d. 计算油、气储量的压力降落曲线；
- e. 压力、温度梯度曲线；
- f. 储量综合图；

## 4、结论

提交单井储层综合评价报告。