

碳酸盐岩储层精细描述方法

Detail description method for carbonate reservoir

1 范围

本标准规定了裂缝性油气藏中碳酸盐岩储层地质特征的精细描述方法。
本标准适用于裂缝性油气藏碳酸盐岩储层开发阶段地质特征的描述。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

SY/T 5388—91 碳酸盐岩储层的划分方法

SY/T 5478—92 碳酸盐岩成岩阶段划分规范

SY/T 6173—1995 油气储集层岩石孔隙类型划分

3 碳酸盐岩储层划分

碳酸盐岩储层划分按照 SY/T 5388 执行。

4 碳酸盐岩沉积相的描述

4.1 沉积相标志

4.1.1 岩性标志

4.1.1.1 岩石成分：包括灰岩、白云岩和二者之间的过渡岩类以及碳酸盐岩和砂泥岩之间的过渡岩类；矿物的结晶程度、晶形等。

4.1.1.2 岩石的颜色：指的是岩石的原生色。

4.1.1.3 沉积结构：包括岩石粒屑的颗粒大小和分布状况、晶粒和生物格架以及礁的骨架结构和层纹结构。

4.1.1.4 沉积构造：包括冲刷、充填构造、各种层理构造、沉积变形构造、虫孔、鸟眼、干裂、生物遗迹、缝合线及其他构造。

4.1.1.5 自生矿物：包括海绿石、磷灰石、锰结核、天青石、黄铁矿、石膏及硬石膏等矿物，描述其含量、晶形以及与其他矿物的关系。

4.1.2 古生物标志

包括古生物的种类、古生物的组合类型以及生物化石的保存状态和破碎情况。

4.1.3 地球化学标志

包括微量元素的含量及其比值，如硼（B）、硼/镓（B/Ga）、铷/钾（Rb/K）、锶/钡（Sr/Ba）、黄铁矿及化石中的 B_2O_3 含量，还有氧（O）、硫（S）、碳（C）稳定同位素的含量及其比值等。

4.1.4 地球物理相标志

包括单层的测井曲线形态特征和地震反射波特征。

4.2 沉积相划分模式

4.2.1 水体能量

根据海水的能量，自深海向陆地方向划分为三个相带，即远岸低能带（X）高能带（Y）和近岸低能带（Z）。这种相带划分是陆缘海常见的模式。

4.2.2 潮汐作用

按照潮汐作用，划分为潮上、潮间和潮下三个碳酸盐岩沉积相带，三个相带可进一步细分为亚相和微相。

4.2.3 水体深度

按水体深度，划分为滨海带、亚浅海带和深海带三个碳酸盐岩沉积相带。

4.2.4 古地理位置

按照古地理位置分布，划分为盆地相、广海陆棚相、盆地边缘相、台地前缘斜坡相、台地边缘生物礁相、台地边缘浅滩相、开阔海台地相、局限海台地相、台地蒸发相等 9 个相带。

4.2.5 综合划分

根据各地区地质条件的不同，结合具体情况，综合运用各种方法及上述划分模式进行沉积相带划分。

4.3 确定碳酸盐岩储层沉积相带

4.3.1 相带确定

根据岩性、古生物、地球化学和地球物理相标志，结合各种碳酸盐岩沉积相划分方法，确定沉积相带。

4.3.2 相带特征

描述碳酸盐岩储层不同沉积相带的岩性特征、古生物特征、电测曲线形态特征和地震波特征。

4.4 碳酸盐岩生物礁相

4.4.1 相带划分

根据生物组合特征、岩性、沉积结构、构造和礁的形态，可划分为礁核亚相、礁前亚相、礁后亚相和礁翼亚相。

4.4.2 相带特征

描述各亚相的生物格架、岩性、沉积结构、构造特征、礁的形态大小、组合关系以及和围岩的关系。

5 碳酸盐岩储层成岩作用的描述

5.1 成岩阶段划分

碳酸盐岩成岩阶段划分及各阶段成岩标志描述按照 SY/ T 5478 执行。

5.2 主要成岩作用对碳酸盐岩储层性质的影响

5.2.1 胶结作用

5.2.1.1 描述胶结物的成分。常见的矿物成分有方解石、白云石、石膏、天青石、粘土等矿物，以方解石为主。

5.2.1.2 描述胶结类型和胶结物的结构特征。胶结物的结构特征有新月型、悬挂型、渗流砂型、再生边型、世代型、包壳型等。

5.2.1.3 描述胶结作用对储层孔隙结构及物性的影响。

5.2.2 白云岩化作用

5.2.2.1 描述白云岩化的程度。根据灰岩的原始结构及白云岩化后的被破坏程度，确定白云岩化程度。

5.2.2.2 描述不同成岩阶段白云岩化，包括准同生白云岩化、成岩白云岩化、后生白云岩化、表生白

云岩化。

5.2.2.3 描述白云岩结晶程度对储层孔隙结构的影响。描述白云石含量对储层物性的影响。

5.2.3 去白云岩化作用

描述去白云岩化的程度及其对储层孔隙结构和物性的影响。

5.2.4 硅化作用

5.2.4.1 描述硅质岩的分布特征。硅质岩分布一般有结核状、条带状、薄层状、分散状等。

5.2.4.2 描述硅化作用对储层孔隙结构、储层物性和储层裂缝发育程度的影响。

5.2.5 重结晶作用

5.2.5.1 描述结晶特征，包括晶体大小、形状、分布及晶体内的包体。

5.2.5.2 描述重结晶程度对储层孔隙结构和储层物性的影响。

5.2.6 溶蚀作用

5.2.6.1 描述溶蚀作用形成孔渗空间的类别、形态与规模。溶蚀作用可形成粒间溶孔、粒内溶孔、晶间和晶内溶孔、溶蚀缝洞。描述各种溶蚀孔、洞、缝的特征。

5.2.6.2 划分溶蚀作用阶段，确定成岩前溶蚀作用、成岩早期溶蚀作用、成岩晚期溶蚀作用和表生期溶蚀作用。

5.2.6.3 描述溶蚀带的分布特征和发育程度。溶蚀作用形成岩溶古地貌、垂直淋漓带、水平溶蚀带、顺层溶蚀带，以及由于岩性的变化形成不规则的溶蚀作用。描述各种溶蚀带的发育程度和分布特征。

6 储层几何形态的描述

6.1 储层产状

根据油层对比和构造解释结果，描述储层的倾向、倾角及其平面变化。

6.2 储层埋深

根据钻井、构造解释和测井解释结果，描述储层不同构造部位的埋藏深度及其变化规律。

6.3 储层厚度

根据储层测井解释资料 and 对比结果，分组、段、小层统计储层层数，总厚度，单层最大、最小和平均厚度，并描述储层厚度的平面变化。

6.4 储层平面展布

描述储层平面分布的几何形状、分布面积的大小以及和含油面积的比例关系。

7 储层物性的描述

7.1 孔隙度

7.1.1 孔隙度的确定

7.1.1.1 利用大直径或小直径岩心测量储层基质的孔隙度和部分小缝、洞的孔隙度。

7.1.1.2 利用铸体薄片和岩心切面测量储层面孔率。

7.1.1.3 利用放空、扩径溶洞率确定直径大于 0.5m 溶洞的孔隙度。

7.1.1.4 利用中子、密度、声波等测井资料求储层的总孔隙度和有效孔隙度。

7.1.1.5 利用压力恢复曲线、井间干扰试验和生产动态资料确定储层的总有效孔隙度及裂缝孔隙度。

7.1.1.6 利用 CT、核磁共振技术确定储层的孔隙度。

7.1.1.7 根据与油藏相似地质条件下的野外地质模拟调查以及其他方法确定储层的孔隙度。

7.1.2 孔隙度描述

7.1.2.1 描述各类孔隙的数值分布，包括基质、裂缝和大的溶洞孔隙度以及总孔隙度和有效孔隙度。

7.1.2.2 描述组、段、小层的平均孔隙度及其纵横向变化情况。

7.1.2.3 描述孔隙度的主要影响因素，包括岩性、埋藏深度、成岩作用和断裂构造作用。

7.1.2.4 描述不同开发阶段孔隙度的变化及其影响因素。

7.2 渗透率

7.2.1 渗透率的确定

7.2.1.1 利用大直径或小直径岩心测定基质及部分小缝、洞的渗透率及不同方向的渗透率。

7.2.1.2 利用测井资料（组合测井及裂缝测井）定性解释渗透率。

7.2.1.3 利用压力恢复资料和试井资料确定有效渗透率和裂缝渗透率。

7.2.2 渗透率描述

7.2.2.1 描述基质渗透率和有效渗透率的关系、垂直渗透率和水平渗透率的关系以及不同方向渗透率的变化。

7.2.2.2 描述组、段、小层的平均渗透率及其纵横向变化情况。

7.2.2.3 描述渗透率的主要影响因素，包括裂缝的发育程度、岩性及地层压力变化等。

7.2.2.4 描述不同喉道级别渗透率贡献值的大小。

7.2.2.5 描述不同开发阶段渗透率的变化及其影响因素。

7.3 孔、渗关系

描述孔隙度和渗透率的相关关系，并分析这种关系的影响因素。

7.4 储层的四性关系

根据储层的岩性描述、测井解释、物性分析和含油性特征，描述储层的岩性、电性、物性和含油性特征及其相互关系。

8 储层裂缝的描述

8.1 地下裂缝信息资料收集

8.1.1 岩心资料

包括岩心裂缝统计资料和利用岩心做的分析化验资料。

8.1.2 测井资料

包括倾角测井、井径测井、微电子扫描、井下电视和常规测井裂缝解释资料。

8.1.3 生产动态及井间测试资料

包括试井、井间干扰、试踪剂测试及生产动态资料等。

8.1.4 地震资料

即开发地震资料。

8.1.5 野外模拟资料

即相似露头区的野外裂缝地质调查资料。

8.2 单条裂缝特征

8.2.1 产状

描述裂缝的倾向和倾角大小。

8.2.2 形态

描述裂缝的长度、开度、延伸情况和裂缝壁的结构。

8.2.3 充填情况

描述裂缝充填程度，可分为未充填、半充填和全充填。描述充填物的成分、结晶程度、溶蚀情况及充填物和缝壁的接触关系。

8.3 裂缝分级和分类

8.3.1 分级

8.3.1.1 根据裂缝穿层情况，分为穿层缝和层内缝。

8.3.1.2 根据裂缝的宽度及延伸长度，分为微裂缝和宏观裂缝。裂缝宽度分级见表 1。

表1 裂缝大小分级表

| 裂缝级别 | | 裂缝宽度 mm | 备注 |
|------|-----|--------------|----------|
| 宏观缝 | 宽缝 | >1 | 毛细管力作用较弱 |
| | 中缝 | 0.1~<1 | |
| | 窄缝 | 0.01~<0.1 | |
| 微观缝 | 微缝 | 0.0001~<0.01 | 毛细管力作用较强 |
| | 超微缝 | <0.0001 | |

8.3.2 分类

8.3.2.1 根据裂缝的成因，可分为构造缝和非构造缝。非构造缝包括由沉积作用形成的层理缝、层面缝、粒间缝；由成岩作用形成的风化缝、收缩缝、压溶缝、溶塌碎裂缝、压裂缝及晶间缝；以及人工诱发裂缝。

8.3.2.2 根据裂缝产状，可分为高角度缝（倾角大于 70° ）和低角度缝（倾角小于 30° ）。

8.3.2.3 根据裂缝产状和地层产状的关系，可分为走向缝、倾向缝和顺层缝。

8.4 裂缝组系

8.4.1 裂缝组系确定

根据裂缝产状、规模和性质对裂缝进行分组，产状相近、规模相似、性质相同的裂缝确定为同一组裂缝。

8.4.2 裂缝密度

描述裂缝的间距大小和分布密度。

8.4.3 裂缝期次

根据裂缝的切割情况、充填物结构及包体鉴定资料，确定裂缝的期次。

8.5 裂缝发育的影响因素

8.5.1 岩性因素

描述裂缝的发育程度、岩性及岩性组合的关系。

8.5.2 岩层厚度因素

描述不同厚度岩层的裂缝发育程度。

8.5.3 构造因素

8.5.3.1 描述不同构造部位裂缝的发育程度。

8.5.3.2 描述断层的规模、性质、组系、切割情况及期次，描述不同性质、不同规模断层对裂缝发育的影响范围和断层两侧裂缝发育程度的变化。

8.6 裂缝预测

8.6.1 确定储层岩石的物理力学参数

根据野外地质调查和室内各种力学实验，确定和破裂有关的岩石力学参数（泊松比、杨氏模量等）。

8.6.2 油藏古构造应力分析

根据地震剖面分析、沉积发育史分析、恢复油藏不同时期的构造形态、建立三维古构造地质模型。根据古构造分析，建立古应力场。

8.6.3 裂缝预测分析

根据断层和裂缝形成的力学机制、期次和级别，结合岩心、测井、动态资料和野外地质模拟调查获得的有关的裂缝信息，用数值模拟的方法对裂缝进行预测，计算出不同构造时期油藏应力分布和主曲率变化。根据岩石破裂理论，预测出油藏不同构造部位裂缝的分布及其特征。

8.6.4 建立储层裂缝预测模型

根据裂缝预测结果确定的各项裂缝参数，建立储层裂缝三维预测模型，包括裂缝的产状、力学性质、组系、密度、延伸、开度，以及纵向上裂缝发育段和平面上裂缝发育区块。

9 储层非均质性的描述

9.1 层内非均质性

9.1.1 层内高渗透段的分布

描述层内裂缝段、溶蚀孔洞带的发育和纵横向的分布特征以及与层内高渗透段的关系。

9.1.2 层内夹层分布

描述层内泥质碳酸盐岩、致密碳酸盐岩夹层或石膏岩夹层出现的频率、厚度及纵横向分布的稳定性。

9.1.3 层内非均质性定量描述

计算层内渗透率的变异系数、级差和突进系数。

9.2 层间非均质性

9.2.1 储层纵向的分布特征

9.2.1.1 描述裂缝段和溶蚀孔洞发育带纵向的分布特征。

9.2.1.2 统计纵向上储层所占的比例。描述储层的总厚度、平均单层厚度、最大和最小单层厚度。

9.2.2 隔层的分布

描述隔层纵向的分布位置和隔层的岩性、厚度及横向分布的稳定性。

9.2.3 层间非均质性定量描述

计算层间渗透率的变异系数、突进系数和级差。

9.3 平面非均质性

9.3.1 储层物性及厚度的平面变化

分组、段、小层描述储层的孔隙度、渗透率和厚度的平面变化。

9.3.2 裂缝分布和溶蚀作用的平面变化

编制溶洞率、钻井液漏失量等值图和裂缝分布图。描述裂缝及溶蚀缝洞的平面分布。

9.3.3 储层微相变化

根据沉积相资料分析，描述储层微相变化。

9.3.4 成岩作用平面变化

根据成岩标志的变化，描述储层成岩作用程度的平面变化。

9.3.5 储层连通状况

根据井间对比及动态资料分析，描述储层的连通状况。

10 储层孔隙结构的描述

10.1 储集空间

10.1.1 储集空间类型划分

碳酸盐岩储层的储集空间类型划分按照 SY/ T 6173 执行。

10.1.2 储集空间形态

根据薄片（铸体）、图相分析和岩心描述资料，描述储层各种储集空间的大小、形状、充填情况及充填物的成分。

10.1.3 储集空间发育的控制因素

10.1.3.1 描述原生孔隙的发育程度和分布及其与岩性、相带、成岩作用和埋藏深度的关系，具体要求如下：

- a) 描述不同岩类所发育的各种原生储集空间；
- b) 描述不同相带原生储集空间的发育程度；
- c) 描述成岩作用对原生储集空间的破坏作用；
- d) 描述深度变化对原生孔隙的影响。

10.1.3.2 描述次生孔隙的发育和分布及其与岩性、成岩作用、断裂作用、溶蚀、风化作用的关系，具体要求如下：

- a) 描述不同岩类次生孔隙的发育情况；
- b) 描述成岩作用对次生孔隙形成的利弊；
- c) 描述次生孔隙的分布和断裂的关系；
- d) 描述次生孔隙的分布和各种风化溶蚀作用的关系。

10.2 储集空间体系

10.2.1 确定储集空间体系的命名原则

10.2.1.1 主名在后，副名在前。

10.2.1.2 裂缝发育程度大于或等于 5% 参加定名，大于或等于 25% 定为主名。

10.2.1.3 孔、洞发育程度大于或等于 25% 参加定名，大于或等于 50% 定为主名。

10.2.2 确定储集空间体系

统计孔、洞、缝三者储层中所占的比例，应用三角图解确定储集空间体系。

10.3 储集空间的连通关系

10.3.1 裂缝与溶洞的连通关系

描述各级裂缝与溶洞的连通类型和连通程度。常见的连通类型有：溶洞的顶或底单方向与缝连通、双方向与缝连通、多方向与缝连通。

10.3.2 裂缝与孔隙的连通关系

描述裂缝与孔隙的连通类型和连通程度。常见的连通类型有：一个孔与一条缝连通、与两条缝连通、与多条缝连通。

10.4 微观孔隙结构

10.4.1 孔隙喉道的大小

定量描述孔隙喉道的参数有平均喉道半径、喉道中值、主要流动喉道半径、最大喉道半径、最大非流动喉道半径。

10.4.2 孔隙喉道的分布特征

反映喉道分布的参数有喉道分选系数、偏态、歪度、峰态等。

11 储层评价

11.1 确定储层评价参数

碳酸盐岩储层的主要评价参数有孔隙度、渗透率、有效厚度、含油饱和度及层内非均质性。

11.2 参数评价

11.2.1 孔隙度评价

11.2.1.1 按照储层有效孔隙度的大小，确定属于高孔、中孔或低孔储层。

11.2.1.2 确定有效孔隙度中各类孔隙所占的比例，包括裂缝、溶蚀孔洞和基质孔隙度。

11.2.2 渗透率评价

11.2.2.1 按照储层有效渗透率的大小，确定属于高渗、中渗、低渗或特低渗储层。

11.2.2.2 确定双重介质储层裂缝渗透率和基质岩块渗透率对储层有效渗透率贡献值的大小。

11.2.3 储层有效厚度评价

描述储层有效厚度的大小及平面分布的稳定性。

11.2.4 含油饱和度评价

11.2.4.1 确定储层含油饱和度、残余油饱和度、束缚水饱和度的大小。

11.2.4.2 确定各类储集空间含油饱和度的大小和所占的饱和度比例。

11.2.5 储层非均质性评价

描述储层层内的非均质程度，可分为均质、较均质和非均质。

11.3 储层综合评价

11.3.1 确定评价单元

根据油藏不同开发阶段的需要，确定以小层、组、段为评价单元。

11.3.2 单元综合评价

综合考虑各项储层参数的评价结果，对单元储层进行综合评价。可应用多参数综合判别或人工智能等方法进行评判。评价结果可分为Ⅰ类（好储层）、Ⅱ类（中等储层）和Ⅲ类（差储层）。在开发的不同阶段，描述各类储层物性及含油饱和度的变化。

12 建立碳酸盐岩储层地质模型

12.1 模型级别的确定

根据储层描述对象的不同，确定建立单层规模模型或层系规模模型。

12.2 模型类型

储层三维地质模型包括储层分布模型、孔隙度模型、渗透率模型、流体分布模型和裂缝分布模型等，从不同方面定量及半定量地描述储层的各种属性。

13 成果要求

13.1 文字报告

文字报告应包括下列内容：

引言

第一章 碳酸盐岩储层划分

第二章 碳酸盐岩沉积相

第三章 碳酸盐岩储层成岩作用

第四章 储层几何形态

第五章 储层物性

第六章 储层裂缝

第七章 储层非均质性

第八章 储层孔隙结构

第九章 储层评价

第十章 碳酸盐岩储层地质模型研究

结论与建议

13.2 附图

至少应具有下列附图：

a) 储层及岩相综合成果图；

b) 储层连通图；

c) 沉积微相分布图；

- d) 断裂、裂缝系统分布图;
- e) 放空、扩径、漏失分布图;
- f) 储层等厚、等孔隙度、等渗透率图;
- g) 反映储层孔隙结构的典型照片(铸体薄片、电镜、荧光薄片阴极发光、岩心照片等);
- h) 碳酸盐岩岩石类型分类、储集空间分类三角图;
- i) 储层三维地质模型。

13.3 附表

至少应具有下列附表:

- a) 油层分层及小层数据表;
 - b) 储层数据表;
 - c) 储层物性统计表;
 - d) 裂缝统计表;
 - e) 孔洞统计表;
 - f) 放空、扩径、漏失统计表。
-