

文章编号: 1673-9469(2011)01-0096-04

## 沉积残留物的识别及规模

王谦, 张中欣, 丁敏, 尚金泉, 胡立忠  
(西安石油大学 油气资源学院, 陕西 西安 710065)

**摘要:** 在低可容纳空间和浅海大陆架环境中, 可容纳空间变化可能导致沉积残留物变化, 变化的规模从岩性单一储层规模(几到几十 km<sup>2</sup>)到岩性比较复杂的盆地规模(数百 km<sup>2</sup>)。包裹在低渗透相中的沉积残留物的孔隙、渗透相, 是一种比较重要且相对常见的地层圈闭类型。在前陆盆地, 沉积残留物更常见于末端而非近端; 在斜坡边缘环境, 沉积残留物表现出低位体系域与海侵体系域沉积的紧密联系。沉积残留物的识别, 可以通过识别广泛分布的区域侵蚀面, 以及详细对比上覆和下伏时间地层单位来实现。沉积残留物的识别也是油气勘探和生产很重要的方面, 有利于在含油气盆地开发中晚期发现新的勘探区带。

**关键词:** 沉积残留物; 残留可容纳空间; 准同生侵蚀; 规模; 识别

**中图分类号:** P618

**文献标识码:** A

## The identification and scale of depositional remnant

WANG Qian, ZHANG Zhong-xin, DING Min, SHANG Jin-quan, HU Li-zhong  
(School of Petroleum Resources, Xi'an Shiyou University, Shanxi Xi'an 710065, China)

**Abstract:** In low accommodation and shallow-shelf settings, spatial variations in accommodation commonly result in the formation of remnants ranging in size from small (few to tens of square kilometers) to basin scale (hundreds of square kilometers). Remnants of porous and permeable facies encased in low-permeability facies are an important and relatively common type of stratigraphic trap. In foreland basins, remnants may be more common in distal than proximal settings; in ramp-margin settings, depositional remnants appear to be closely associated with lowstand to transgressive systems tract deposits. To identify depositional remnants the first step is the identification of regionally extensive erosion surfaces; then, the key to remnant identification lies in the detailed correlation of both overlying and underlying time-stratigraphic units. Depositional remnants are used to illustrate their significance to petroleum exploration and production; recognition and integration of the depositional remnant concept into stratigraphic studies may lead to new exploration plays in mature hydrocarbon producing basins.

**Key words:** depositional remnant; accommodation remnant; pene-contemporaneous erosion; identification; scale

我们本文所讲的沉积残留物概念模型的实例来自浅海大陆架环境, 与一般国内所讲的陆相残留可容纳空间中的沉积残留物还不能混为一谈。如早期认识的那样, “一个不整合标志着一时间域, 该时间域在其它区域表现为地层沉积”。也就是说, 如果某地区存在着不整合面, 在不整合面

的下坡终点位置必然存在着时间上与其相当的、由该不整合面剥蚀、搬运而来的沉积物堆积而成的地层<sup>[1]</sup>。沉积残留物规模变化较大, 从小型到盆地规模均有分布, 可以通过岩心或露头限制的高分辨率层序地层学进行研究并确定和描绘它们。识别沉积残留物并把它引入层序地层学进行

研究,对于确定沉积体系成因,识别残留可容纳空间,预测地下沉积体展布,恢复岩相古地理、古构造,预测隐蔽油气藏作用很大,有利于在含油气盆地开发中晚期发现新的勘探区带。

## 1 基本概念

### 1.1 沉积残留物的概念

沉积残留物是一个地层学术语,强调发育于低势侵蚀界面之下、下切很深部位,在沉积后受到侵蚀,尤其是准同生沉积受到侵蚀后得到保存的部分,而非强调它的地形剖面;包括侵蚀(沉积)和可容纳空间残留物,也包括由可容纳空间和差异切蚀共同作用引起的残留物,以及那些没有涉及可容纳空间或差异切蚀作用的沉积残留物。沉积残留物可能形成于沉积物松散没有固结时,因此可能与高位层序边界和水进不整合以及低位层序边界不整合相联系。

沉积残留物对于分析沉积体系非常关键,因为必须要解释出侵蚀消截作用与岩相变化引起地层中止的区别。此外,沉积残留物几何形态的保存,可以与原始沉积几何形态完全不同;沉积残留物在许多沉积环境中普遍存在。沉积残留物可以在低势侵蚀表面下部地层发育,这些地层包括海侵和海退侵蚀面及其深切剖面等(图1 沉积残留物)。

### 1.2 残留可容纳空间概念

可容纳空间的变化是由古地形、同沉积和准同生构造,以及沉积环境中各种规模的差异压实作用引起的。在低可容纳空间和浅海大陆架环境,可容纳空间的变化通常导致沉积残留物的变化,规模从小的(几  $\text{km}^2$  到几十  $\text{km}^2$ )到盆地规模的(数百  $\text{km}^2$ )。包裹在低渗透相沉积残留物的孔隙、渗透相,是一种比较重要且相对常见的地层圈闭类型。

残留可容纳空间指可容纳空间从较少到最低时,盆地内部仍残存的可容纳空间,一般发育在不整合与整合转换带下,是不整合面上剥蚀、过路沉积物的堆积区,可以通过层序划分和对比找出不整合面和层序界面,沿层序界面,通过地层对比分析找出残留可容纳空间<sup>[2-4]</sup>。残留可容纳空间这一概念,源于预测陆相盆地中储集砂体,在陆相盆地以地层多样性和多变性著称,古水流与砂体展布受可容纳空间、可容纳空间发育区之内的古地貌低势区(残留可容纳空间发育区)、层序面之上古地貌控制。

## 2 沉积残留物的形成机理

在下伏地层中,任何广泛分布的区域性侵蚀面都可能产生沉积残留物,但大量存在的低位(地表)和海侵侵蚀面最重要。侵蚀深度以及低位侵蚀面形成的地形幅度可小可大。

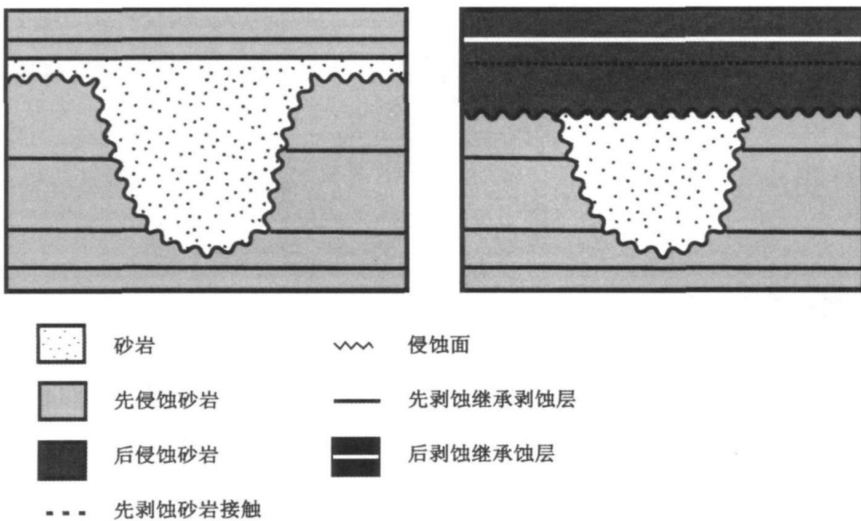


图1 沉积残留物(引Martinsen R. S., 有修改)

Fig.1 The depositional remnant

地形沉降或隆起变化及海平面上升速率变化,可导致可容纳空间变化,对沉积残留物的发育极其重要。从局部到区域范围,同沉积和准同生断层、差异压实和底辟构造等能引起显著、急剧的沉积空间变化。差异可容纳空间产生的原因,在不同盆地及盆地内部不尽相同,所有沉积盆地都存在差异可容纳空间。对于发育在低势地形侵蚀面下部的沉积残留物,肯定存在不同的可容纳空间,但绝对数量并不一定非常大。虽然在目前沉积作用变化过程中,任何序列或准层序沉积可容纳空间数量比较小,在几个序列或准层序中,这种变化的累积效应可能会很大。例如,在任何一个沉积事件中,虽然沿同沉积断层倾斜滑距位移规模可能不会很大,同一方向多个高频侵蚀事件累加,在横向上可能导致几百米沉积物的差异聚集。

离散沉积残留物在横向上可能以孤立残留物形式广泛分布于上覆和下伏单元,同沉积散落多层沉积物,在横向或纵向上,以残留或连续的叠置物(代表相同或不同的沉积环境)或残留物(嵌套)形式存在。它们可以出现在规模差异较大的地区中,面积从几平方千米到数百平方千米,并包含在连续地层中。残留地层的复杂性(如,包含在各种沉积相中的准层序/准层序组、多种起因的差异可容纳空间,嵌套式残留物的发育)通常随规模增加而增加。

在横向上,随着地层复杂性的增加,尤其是在井控稀少地区,用侵蚀削截作用来识别相关岩石相变化是很困难的。沉积残留物的几何形态,是由上覆侵蚀面相联系的基底接触形态和角度决定的。显然,沉积残留物几何形态与原始几何形态不同,当残留物位于局部形态比较明显的不整合面之下,保存形态反映了侵蚀面形态。上覆沉积侵蚀面地形不突出,以及由横向可容纳空间变化产生的厚度或原始沉积基底角度不同时,保存形态可能与原始沉积形态不同。

### 3 沉积残留物的规模

沉积残留物呈现出三种规模的概念模型:储层(小),中型,和盆地规模(大)<sup>[9]</sup>。虽然沉积残留物可以由任何种类的沉积相组成,但是概念模型的实例来自浅海大陆架环境。强调的重点在于残留可容纳空间,因为它们更难以识别和确定,并且在以往的研究中通常不被认为是沉积残留物。该

种模式是相当简单的,它们由一个海退、海进循环组成,可容纳空间容易变化,海侵引起的上覆侵蚀面相对平坦。

事实上,沉积残留物,尤其是规模较大的沉积残留物,可能更为复杂,可能是由上覆侵蚀面地形变化造成的可容纳空间变化引起的。此外,上覆侵蚀面的成因,可能由某一地区单一剥蚀面与另一地区侵蚀面复合而成的,也可能由海侵剥蚀形成的,或由低位期的下蚀形成的,侵蚀面类型比较多,变化比较大。

#### 3.1 储层规模沉积残留物

通常储层规模的残留可容纳空间,在面积上有几平方千米到几十平方千米,厚度高达几十米。它们可能是以平行方向、垂直方向、或倾斜方向延伸到海岸,通常与同沉积地堑和半地堑,地形(侵蚀)低点,或与下伏沉积物差异压实作用有关。这种规模的沉积残留物最有可能是均匀同类岩性,在浅海碎屑岩大陆架通常砂岩比较丰富。在产区以及大量井和岩心控制的区域,它们也是最容易识别和验证。如果可容纳空间增加区域沿平行海岸线方向存在,沉积残留物由包裹在海相页岩的线性砂岩、平行岸砂岩、离岸砂岩组成。在过去,这些类型的砂体,有时被解释为大陆架砂岩。雁列式断层可能产生一系列的雁列式大陆架砂体。如果垂直于海岸线方向地区的可容纳空间增加,沉积残留物可能由包裹在海相页岩中线性的、垂直于海岸的砂体形成。这种地形促成那些沉积物被解释为河道或下切谷沉积。如果可容纳空间的增加与下伏深切谷的出现有关联,出现错误解释的可能性极高。

在富含泥质充填的谷地,在横向上,压实作用比邻近河道间沉积强烈,导致可容纳空间的增加。在另一种情况下,上覆滨岸表面保存的形态,可能仿效下伏谷地形态,与原始沉积形态差距很大,虽然岩心资料可以正确识别沉积环境,但是得到岩心资料通常是非常困难的。

#### 3.2 中型及盆地规模沉积残留物

典型中型残留可容纳空间,在地域上大约有几十平方千米到几百平方千米,在厚度上有几十米。这种规模的残留物还不能确定是否包含与沉积相关的储层,但是与储层规模残留物相比通常岩性类型不尽相同。

盆地规模的沉积残留物在面积上可以有数千平方千米,在厚度上有几十到几百米,岩性比较复杂。这种规模的沉积残留物,在盆地中很常见,有时候,被盆地内部地壳运动分割(例如,前陆盆地)。

无论哪种作用控制这种规模的整体形态,受可容纳空间横向变化多种因素(即断裂,下陷或隆起,差异压实)的影响,盆地内沉积物有多重形态、方向。盆地规模的沉积残留物,也可能包含较小规模的沉积残留物,以及位于其下的复合沉积残留物。此外,由差异沉降或隆起所产生的地形可能会导致海岸线和大陆架地貌的变化,反过来可以影响局部水动力变化以及产生沉积体制变化。例如,如果海岸线被保护或环绕,风浪影响作用减弱,而潮流影响可能增强。当保存沉积残留物沉积体系的流体动力学机制与完整保存沉积物体制差别较大时,正确解释沉积残留物的沉积环境变得更加困难。此外,在大多数情况下,构造作用可能对这种规模沉积残留物的控制有决定性作用;在局部上,与地形剥蚀和差异压实作用相联系可容纳空间的变化,也起着非常重要的作用。

#### 4 沉积残留物的分布

前陆盆地,沉积残留物可能更常见于末端而非近端。因为,远端环境沉降速率较低导致可容纳空间较少,总体的保存潜力比较低。在低可容纳空间地区,局部可容纳空间的少量增加可以有比例的增加沉积物保存能力。前陆盆地的远端特点是可容纳空间变化较大,因为他们容易与基岩块体发生挤压。在被动边缘盆地,朝离岸方向沉降速率增加,可能发生与前陆盆地相反的情况。也就是说,沉积残留物在近端(大陆架)比在远端(盆地)环境更容易发育。此外,伴随陆架边缘进积的生长断层,对沉积相和地层厚度影响很大。在墨西哥湾沿岸德克萨斯州和路易斯安那州盆地的研究表明,潜在沉积物的保存,从一个生长断块到另一个生长断块差别很大,大陆架边缘成为沉积残留物发育的有利位置。

在斜坡边缘环境,沉积残留物表现出低位体系域和海侵体系域沉积紧密联系。在低位体系域和海侵体系域早期,当可容纳空间相对比较低,海侵侵蚀相对显著,整体保存潜力较低;在横向上,即使可容纳空间发生很小的变化可能对沉积物保存产生重大影响。然而,从低位到海侵体系域的

沉积残留物,也可能比高位体系更容易识别,因为它们常常被包裹在海相页岩中。在那里,更容易识别并描绘出它们的形态,并确定它们上覆与下伏间隔之间的关系。

#### 5 沉积残留物的识别

确定沉积残留物的第一步是识别广泛分布的区域侵蚀面。一旦这些确立,识别沉积残留物的关键在于详细对比上覆和下伏时间地层单位。这就要求:(1)在短暂的上覆和下伏时间间隔上,存在可对比的时间地层标志。(2)上覆与下伏地域紧密相连,良好的露头出现,以及充分的深井控制,或高分辨率地震资料存在。在许多情况下,相分析很有用,可以用来确认解释沉积残留物。正如与分析任何层序地层或沉积体系一样,再怎么强调综合岩心和样品数据的重要性也不为过。岩心数据提高了我们识别侵蚀面并确定其起因、解释沉积过程和沉积环境的能力。由于上覆、下伏地层终端的确定是识别不整合的明显证据,所以这些类型沉积残留物通常更容易识别。当沉积残留物位于低势地形侵蚀面以下,并保存于较高局部沉降地区,上覆和下伏时间标志一般继续穿越沉积残留物,使对它们的识别更加困难。

在地层记录中,隐蔽不整合面和海侵侵蚀面的数量比有明显侵蚀面数量多的多,所以沉积残留物的数量应该是非常大的。我们能够发现和描绘与地下数据数量和质量直接相关的隐蔽高位不整合、地下海侵侵蚀面,我们也可以识别沉积残留物。

#### 6 结束语

1) 沉积残留物强调的是原始沉积体系中沉积物在固结成岩时形成并保存下来的残余部分;保存在沉积盆地内的低可容纳空间地区和浅海大陆架地区,规模可以从小型到盆地规模,可以通过岩心或露头限制的高分辨率层序地层学研究来确定和描绘他们。沉积残留物的确定对建立准确的地层构造框架,相模式,以及古地理图是至关重要的。

2) 沉积残留物的识别对油气勘探和生产很重要。识别沉积残留物并把它引入地层学研究,有利于在含油气盆地开发中晚期发现新的勘探区带。  
(下转第109页)

2007: 4—17.

- [ 9 ] FERRAGINA P, GULLI A. A personalized search engine based on Web snippet hierarchical clustering[ A ] . International World Wide Web Conference[ C ] . Chiba, Japan: Acm, 2005. 801—810.
- [ 10 ] PA CHIRITA, W NEJDL, R PAIU, C KOHLSCHÜTTER. Using ODP metadata to personalize search[ A ] . Proceedings of the 28th annual international ACM SIGIR[ C ] . Salvador, Brazil: Acm, 2005. 178—185.
- [ 11 ] J TEEVAN, ST DUMAIS, E HORVITZ. Personalizing search via automated analysis of interests and activities [ A ] . Proceedings of the 28th Annual International ACM SIGIR[ C ] . Salvador, Brazil: Acm, 2005. 449—456.
- [ 12 ] 苏璞睿, 李德全, 冯登国. 基于基因规划的主机异常入侵检测模型[ J ] . 软件学报, 2003, 14(6): 1120—1126.
- [ 13 ] TOCHUKWU IWUCHUKWU, JEFFREY F, NAUGHTON. K—Anonymization as spatial indexing: Toward scalable and incremental anonymization [ A ] . Proc. of VLDB 2007[ C ] . Vienna, Austria: Acm, 2007. 746—757.
- [ 14 ] NINGHUI LI, TIANCHENG LI, Suresh Venkatasubramanian.  $\epsilon$ -closeness: Privacy beyond K—anonymity and  $\ell$ -diversity [ A ] . Data Engineering[ C ] . Istanbul, 2007. 106—115.

(责任编辑 刘存英)

(上接第 99 页)

#### 参考文献:

- [ 1 ] BARREL J. Criteria for the recognition of ancient delta deposits [ J ] . Geological Society of American Bulletin, 1912, 23: 377—446.
- [ 2 ] 李宏伟, 邓宏文, 肖乾华, 等. 热欧地区残留可容纳空间分布与储集砂体预测[ J ] . 石油学报, 2002, 23(4): 29—32.
- [ 3 ] 樊太亮, 吕延仓, 丁明华, 等. 层序地层体制中的陆相地层发育规律[ J ] . 地学前缘, 2000, 7(4): 315—321.
- [ 4 ] 樊太亮, 吴贤顺. 从古地貌谈层序格架中储层的发育规律[ J ] . 地球学报, 2002, 23(3): 259—262.
- [ 5 ] MARTINSEN R S. Depositional remnants—part 1: Common components of the stratigraphic record with important implications for hydrocarbon exploration and production [ J ] . AAPG Bulletin, 2003(87): 1869—1882.

(责任编辑 刘存英)