

塔里木盆地西克尔地区奥陶系古岩溶特征 及油气储层意义

刘 伟¹⁾, 周 刚²⁾, 王 岚¹⁾

1) 中国石油勘探开发研究院, 北京, 100083; 2) 西南油气田分公司研究院, 成都, 610051

我国海相碳酸盐岩层系通常位于叠合盆地的下部, 具有时代老、埋藏深、演化过程复杂的特点。因此, 我国古老碳酸盐岩储层的结构和分布非常复杂。塔里木、四川和鄂尔多斯盆地海相碳酸盐岩油气勘探实践表明, 岩溶作用是古老碳酸盐岩形成有效油气储层的重要机制。近表层溶蚀作用、埋藏阶段溶洞坍塌和溶解作用所产生的储集体可能宽达数千米。这类储集体通常具有复杂的结构并表现出很强的非均质性, 所以仅仅利用钻井、测井或地震数据来预测储集体的规模和分布是困难的。理解古岩溶储层特征需要有露头数据的支持。

始新世末, 喜山运动引起塔里木盆地西北缘柯坪-巴楚地区广泛的水平挤压和构造抬升, 导致奥陶系古岩溶出露地表, 集中分布在柯坪县至西克尔镇之间 314 国道以北天山南麓, 为古岩溶储层研究提供了很好的露头表征条件。本文针对位于该古岩溶出露带西端的西克尔剖面开展了细致的野外工作, 明确了以下几点认识, 希望对古岩溶油气勘探开发有所帮助:

(1) 碳酸盐岩岩性影响岩溶储层结构。岩溶影响层位主要是中下奥陶统的鹰山组 and 一间房组。一间房组以礁滩沉积为主, 岩溶储层以小型溶孔、溶洞分布广泛发育为特征, 具有较好的层状结构; 以泥晶灰岩和砂屑灰岩为主的鹰山组, 则以强非均质性的缝洞型储层为特征。一间房组生物礁仅残存于地形高部位, 厚度通常不超过 20m, 造礁生物主要是托盘类, 礁体间为亮晶砂屑(棘屑)灰岩。溶蚀孔洞发育情况统计表明: ①孔隙以直径小于 5cm 的孔洞为主, 但是直径 >5cm 的孔洞对孔隙度的贡献超过 80%; ②直径小

于 1cm 的溶孔通常孤立, 不连通, 直径大于 10cm 的溶洞, 通常具有比较复杂的结构, 表现为多个不同级别溶洞的叠置; ③溶蚀孔洞的发育程度与造礁生物含量和灰泥含量呈正相关关系。鹰山组发育大型洞缝储层系统。西克尔剖面在大约 1.5km² 范围内, 分布大小溶洞 23 个, 分布丰度为 15 个/km²。最大溶洞的长轴直径达 13.2 m。

(2) 古溶洞储层不仅仅是溶洞主体, 还包括与洞穴坍塌相关的角砾间孔隙、连接不同级别溶洞的裂缝孔隙等。Loucks (2001) 针对古溶洞储层提出的六种相类型(未受影响地层相、受影响地层相、强烈影响地层相、混杂角砾岩相(分坍塌角砾岩和搬运角砾岩)和沉积物充填相), 对研究区古溶洞储层特征解释, 有很好的借鉴(图 1)。强烈影响地层相位于溶洞顶部, 以岩层不连续、强烈变形为特征, 裂缝和镶嵌角砾岩(角砾发生旋转, 角砾间呈点接触关系)发育。裂缝密度约为 6~9 条/m, 缝长 1~5m, 缝宽小于 3cm, 粗略统计, 强烈影响地层带孔隙度在 10~20%, 最高可达 25%; 受影响地层相次之, 能见到明显的地层变形, 孔隙度大约在 10%; 未受影响地层相距溶洞主体位置较远, 岩层连续, 没有发生明显的错动。混杂角砾岩相是指由于溶洞坍塌或洞内流水搬运作用形成的角砾岩, 可具有较好的储集性, 但研究区内这种类型少见。研究区溶洞被棕红色/灰绿色泥岩、泥质粉砂岩和细砂岩充填, 钙质胶结强烈, 沉积物充填相内未见有效储层。未充填溶洞坍塌后, 其角砾影响带的横剖面面积大约是溶洞面积的 19 倍。由此可见, 溶洞坍塌后, 虽然孔隙度总量不发生变化, 但是有利储层分布面积却大幅度增加, 这对于利用地震资料预测储层分布十

收稿日期: 2013-03-13; 改回日期: 2013-03-31; 责任编辑: 周健。

作者简介: 刘伟, 男, 1978 年生。博士, 高级工程师。主要从事碳酸盐岩沉积与储层研究工作。Email: liuwei086@petrochina.com.cn。

分有利。

(3) 溶洞并非孤立发育, 而常常成群或成组出现。这种情况可能与裂缝成组发育和基准面小幅度波动有关。溶洞呈群(组)发育, 这样在其埋藏阶段, 单个溶洞的坍塌效应会叠加, 从而形成分布范围更广的角砾岩带(储层发育带)(图 2), 对油气勘探有重要意义。

同时, 我们也被一些问题所困扰。比如说在

研究区很少见到表层岩溶带, 甚至是渗流带的踪迹。Edward 和 Dave Waltham (1999) 曾提到, 潮流会强烈的侵蚀岩溶古地貌, 这有可能导致表层岩溶带的缺失。如果这种情况真实存在的话, 那么又该如何解释依靠测井和地震资料得到的表层岩溶带和渗流带呢? 对这些问题的深入思考, 能帮助我们最终建立客观合理的地质模型, 以指导地球物理资料解释。

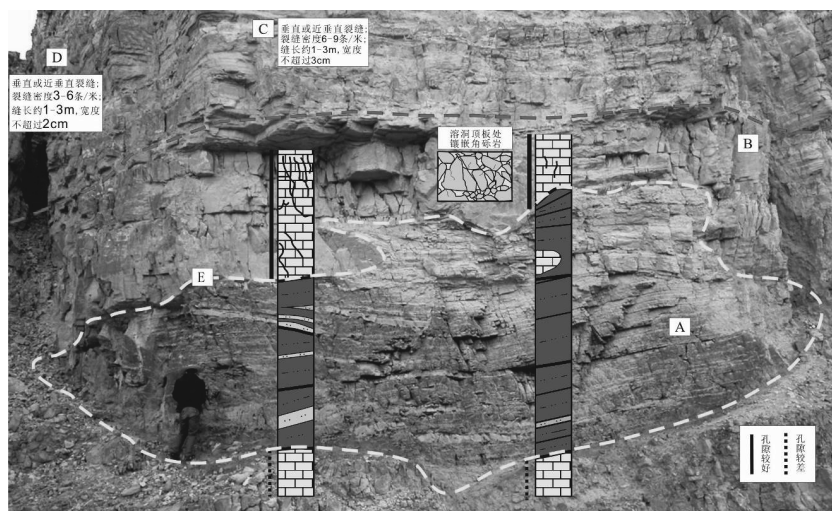


图 1 溶洞储层系统发育特征

(A 沉积物充填相, B 强烈影响地层相, C 受影响地层相, D 未受影响地层相, E 溶洞边界)



图 2 理想情况下溶洞群(组)角砾岩带影响范围(横向范围约 66 米)

参考文献 / References

- Robert G. Loucks.1999. Paleocave Carbonate Reservoirs: Origins,Burial-Depth Modification, Spatial Complexity, and Reservoir Implications.AAPG Bulletin,83(11) 1795-1834
- Edward G.Purdy,DaveWaltham.1999. Reservoir Implications of Modern Karst Topography. AAPG Bulletin,83(11) 1774-1794.

朱忠德, 胡明毅, 刘秉礼. 等. 2006.中国早中奥陶世生物礁研究. 北京: 地质出版社.

黄成毅, 邹胜章, 潘文庆.等. 2006.古潮湿环境下碳酸盐缝洞型油气藏结构模式——以塔里木盆地奥陶系为例. 中国岩溶, 25 (3) 250-255