

轮南-巴楚地区奥陶系生物礁储层特征

胡明毅^{1,2}, 朱忠德², 贺 萍², 张 俊¹, 王青春²

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 江汉石油学院地质系, 湖北荆州 434023)

摘要: 塔里木盆地轮南-巴楚地区奥陶系生物礁赋存于中奥陶统一间房组和上奥陶统桑塔木组, 主要造礁生物为瓶筐石, 其次为海绵类、苔藓虫类和有柄棘皮动物类。礁体规模较小, 形态多样, 礁体一般由礁基、礁核和礁盖三部分组成。含礁层系储层物性总体比较差, 以低孔低渗或低孔中渗为特征, 但是礁基、礁盖储层物性明显好于礁体本身。礁体储层类型为裂缝型或孔隙-裂缝型储层, 储层性能主要受沉积相和成岩作用控制。

关键词: 生物礁; 储层; 奥陶系; 塔里木盆地

第一作者简介: 胡明毅, 男, 36 岁, 副教授, 中国地质大学(北京)在读博士, 沉积学与石油地质

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

1 造礁生物

研究区奥陶系生物礁主要赋存于巴楚达吾孜塔格中奥陶统一间房组、轮南地区中奥陶统一间房组和上奥陶统桑塔木组。

在已发现的礁体中, 造礁生物有瓶筐类、海绵类、苔藓虫类和有柄棘皮动物类, 附礁生物主要为头足类和三叶虫类。

瓶筐类: *Calathium* (瓶筐石) 为主要造礁生物, 约占化石总量的 80% 左右, 已鉴定的属种包括 *Calathium bimuralis* (Miagkova), *C. frechi* (Endo), *C. sp.* 等。

此类化石的最大特征是具杯状、锥状或角状外形及双层多孔状体壁, 其原始生长状态应为锥端朝下插入基质中, 或以发达的根状壁外构造固着于海底, 开口端朝上, 类似古杯类或海绵类生态, 营滤食生活。它常与海绵类、藻类、苔藓虫类共生, 主要栖居于温暖正常海域的高-中能量浅水区。在建礁过程中, 由于 *Calathium* 密集生长, 主要起障积灰泥作用。

海绵类: 海绵类为仅次于 *Calathium* 的造礁生物, 广泛分布于巴楚及轮南地区井下一间房组礁体内。均为石海绵类 (*Lithistid*)^[1~3], 一般在礁体中含量小于 10%, 多见于礁体下部或上部及围岩中。海绵形状多为杯状、锥状、柱状, 营底栖固着型滤食生活, 其造礁功能与 *Calathium* 相似。

苔藓虫类: 礁体内部很少, 仅见零星枝状苔藓

虫类。枝体细弱, 对泥沙的耐受力 and 抗水流冲击能力都很低, 因而在灰泥较多的礁内较难生存。

有柄棘皮类: 包括海百合、海林檎类。在礁基及部分礁核边缘大量发育^[4]。尤其是礁基, 常由茎环组成厚达数十厘米至 1 米以上的厚层棘屑灰岩层, 是生物礁中建礁生物的重要分子。

2 礁体组成及演化

2.1 组成

研究区礁体形态多样, 有似层状、透镜状、带状等。礁体的规模较小, 露头可见高度一般为 1.5~10 m, 横向延伸宽度多数在 10~50 m 之间。礁体层位分布稳定, 露头区一旦发现礁体, 其横向延伸方向均可追索到相应层位的其他礁体, 纵向上礁体可以相互叠置。整个礁体一般由礁核、礁基和礁盖三部分组成。礁基多为灰黄色粗粒亮晶棘屑灰岩, 夹有灰色粗粒砂屑灰岩。礁核主要由 *Calathium* 障积岩组成。造礁生物 *Calathium* 密集产出, 占化石总量的 85% 以上, 均为直立或倒伏状原地埋藏。化石丰度一般为 30%~70%, 化石间主要充填物是灰泥及生物碎屑。化石密集处存在大量遮蔽空洞。海绵类较少, 有时富集于礁体局部。附礁生物头足类、三叶虫、腹足类等散布其间, 保存一般不好, 多为破碎状。礁核内常见由海百合茎灰岩或砂屑生物屑灰岩组成的透镜状或不规则形态的砂体, 常切穿礁岩或充填于礁间, 为水道岩或礁体成长过程中横向迁移遗迹。礁盖为成层性良好的中层状砂屑、生物屑灰岩, 呈披覆状覆于礁体之上, 其间常有形状不规则的小型礁块夹于岩层之中。

2.2 演化

礁体是在浅滩环境基础上发育起来的,成礁过程可分为 4 个阶段。

(1) 前期阶段: 礁体发育前期,首先在砂屑滩上定居的是海绵类 *Archaeoscyphia* 和大量管状海绵及海百合类,化石密集处可构成局部生物层。之后海百合类大量繁盛,构成海百合丛林,为礁基的形成打下了物质基础。

(2) 早期阶段: 在前期发育起来的海百合滩坝基础上, *Calathium* 开始迅速繁殖,与藻类等形成缠绕格架,粘结和障积灰泥和砂屑、生物屑,逐渐发育成障积丘体。礁体内生物含量较少,一般在 30%~50% 以内。

(3) 繁盛阶段: 造礁生物大量繁殖,化石个体密集,附礁生物亦大量定居和活动。礁体增长迅速,形成较高的凸起地貌,抗浪作用显著,水道沟渠常见。

礁体的横向迁移、叠覆现象频繁,礁体结构复杂。

(4) 衰亡阶段: 礁体顶部开始分叉、缩小,正常沉积层不断切入礁体内。造礁生物密度不断降低,倒伏现象明显增多。海百合类生物含量比例相对增大,最终被正常沉积层完全覆盖或分散成小型礁块逐渐消失。

3 储集性能

3.1 物性

轮南地区和巴楚地区 117 块样品的物性分析资料统计表明,研究区含礁层段孔隙分布范围在 0.43%~7.35% 之间,平均为 2.16%; 渗透率分布范围在 $0.01 \times 10^{-3} \sim 613 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间(表 1)。反映了轮南-巴楚地区奥陶系含礁层段储层基质孔隙度较低,多为低孔低渗型储层,部分为低孔中渗型储层。

表 1 轮南-巴楚地区奥陶系含礁层段储层孔渗分布

Table 1 Distribution of porosity and permeability in reef reservoirs in Odovician system in Lunan- Bachu area									
地区	层段	孔隙度/ %				渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$			
		样品数	范围	均值	> 2.5% 的百分数	样品数	范围	均值	> 2.5% 的百分数
轮南地区	含礁层系	83	0.43~ 7.12	2.21	33.7	76	< 0.01~ 613	/	65.8
	礁盖	32	0.68~ 7.12	3.21	65.6	32	< 0.01~ 24.66	/	71.9
	礁基	14	0.60~ 2.83	1.70	14.3	9	< 0.01~ 613	/	66.7
	礁核	37	0.43~ 4.02	1.54	13.5	35	< 0.01~ 54.4	/	54.3
巴楚地区	含礁层系	34	0.45~ 7.35	2.03	26.5	32	0.007~ 145	14.27	65.6
	礁基	21	0.45~ 7.35	2.55	42.9	20	0.007~ 145	21.48	65
	礁核	3	0.83~ 2.4	1.31	0	12	0.015~ 21.7	3.49	66.7

轮南地区含礁层系中礁核与礁盖、礁基之间存在着明显的差异,礁盖的储层物性明显好于礁基,

礁基好于礁核(图 1)。巴楚地区也存在类似的分布规律。

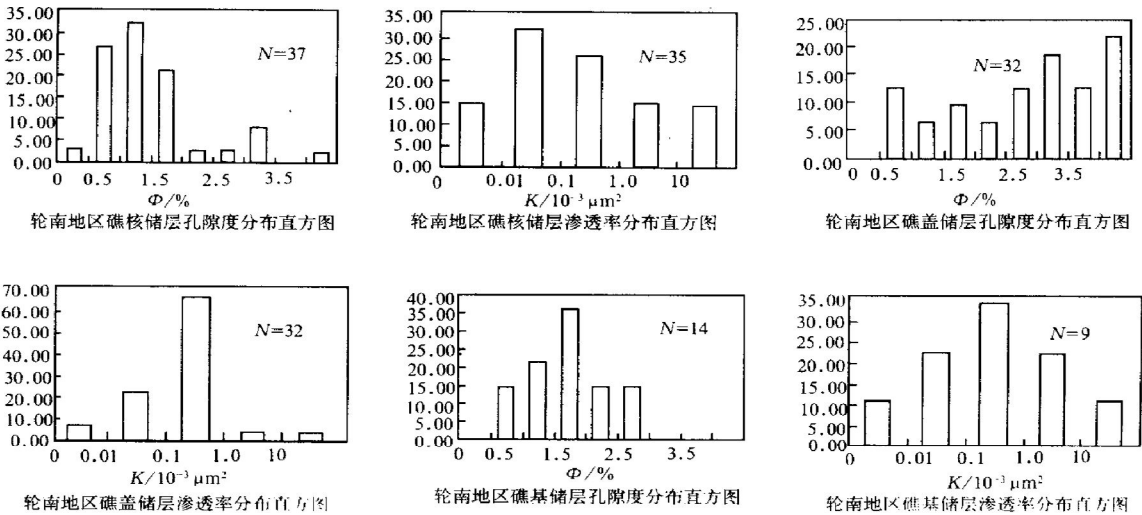


图 1 轮南地区含礁层系储层物性分布

Fig. 1 Distribution of reef reservoirs in Lunan- Bachu area

3.2 类型

轮南-巴楚地区奥陶系生物礁储层孔隙度、渗透率关系比较复杂, 大致可分为3个区间(图2)。第I区孔隙度低于2.5%, 渗透率分布于 $< 0.01 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 到 $613 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间, 但不随孔隙度大小变化, 这代表了裂缝型储层或致密灰岩储层, 第II区孔隙度大于2.5%, 但随着孔隙度的增加, 渗透率变化不大, 渗透率不超过 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 说明连通性不好, 缺乏有效的裂缝通道, 属孔隙型储层。第III区孔隙度一般大于2.5%, 渗透率有随孔隙度的增加而增加的趋势, 反映这类储层以裂缝型或裂缝-孔隙型为主。轮南地区储层物性样品大部分落入I区, 约占61.8%, 落入III区的样品占29.0%, 落入II区的样品较少, 约占9.2%。巴楚地区样品同样大部分落入I区, 占71.9%, 落入III区的样品占28.1%, 没有落入II区的样品。表明巴楚地区含礁层段以裂缝型储层为主, 其次为裂缝-孔隙型储层; 轮南地区主要为裂缝型储层, 其次为裂缝-孔隙型储层, 同时有少量孔隙型储层。薄片鉴定的储层类型与此吻合。

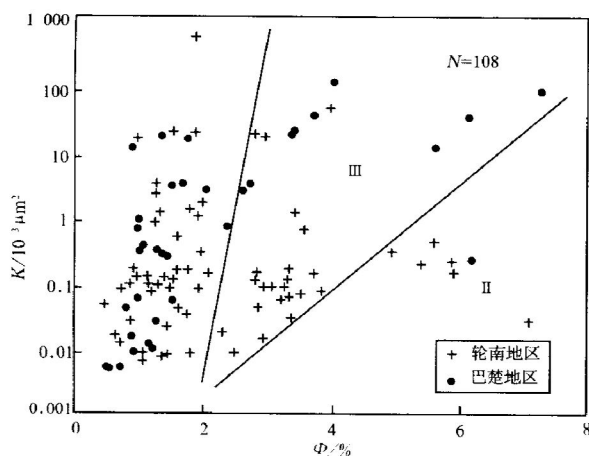


图2 轮南-巴楚地区含礁层系孔渗相关图

Fig. 2 Correlation diagram of reef reservoirs in Lunan-Bachu area

4 影响因素

4.1 沉积相

研究区奥陶系生物礁主要分布于台地边缘滩礁相和开阔台地相带中, 不同相带的储层物性分析结果表明: 台地边缘滩礁相储层物性明显好于开阔

台地相带; 在台地边缘滩礁相中, 礁相储层物性又略好于滩相, 由此表明沉积相对生物礁储层发育起明显的控制作用。

4.2 成岩作用

研究区礁体形成之后, 经历了复杂的成岩演化历史^[5,6], 其中对礁体储层发育起主导作用的成岩作用类型有胶结作用, 溶蚀作用和构造破裂作用。

(1) 胶结作用: 研究区主要有一世代纤状等厚环边胶结物、两世代粒状胶结物和共轴胶结物3种类型。胶结作用使礁岩中的原始孔隙几乎全部被充填, 孔隙度明显降低。

(2) 溶蚀作用: 研究区礁岩共经历了多期溶蚀作用, 即早期大气淡水淋滤溶蚀作用、埋藏溶蚀作用和古风化壳溶蚀作用。在轮南地区由于古风壳溶蚀作用强烈, 溶孔、溶洞发育, 形成了良好的储集空间。

(3) 破裂作用: 破裂作用在研究区较强烈, 在礁岩中形成了大量的裂缝。岩芯观察表明, 轮南地区礁岩中裂缝发育, 构造缝至少有3~4期, 其中局部还见有沿裂缝溶蚀扩大的裂缝-溶蚀孔隙。物性分析表明, 该区礁岩储层渗透率一般较高, 属裂缝型储层或孔隙-裂缝型储层, 因此破裂作用对礁岩储层的形成起着非常重要的作用。

参 考 文 献

- 1 Lui Bingli, Rigby J K, Jiang Yanwen, et al. Lower Ordovician Lithistid sponges from the eastern Yangtze Gorge area, Hubei China[J]. Journal of Paleontology, 1997, 71(2): 194~207
- 2 Zhu Zhongde, Guo Chengxian, Liu Bingli, et al. Lower Ordovician reef at Huang Huchang, Yichang, east of the Yangtze Gorge[J]. Scientia Geologica Sinica, 1993, 2(1): 79~90
- 3 朱忠德, 姜衍文, 刘秉理, 等. 湖北宜昌下奥陶统分乡组藻-海绵礁[J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(4): 320~324
- 4 朱忠德, 刘秉理, 李相明, 等. 湖北宜昌黄花场早奥陶世Pelmatozoan 障积丘的发现[J]. 科学通报, 1994, 39(12): 1106~1109
- 5 胡明毅, 朱忠德, 杨威, 等. 湖北宜昌早奥陶世生物礁储层特征及控制因素[J]. 江汉石油学院学报, 1998, 20(4): 7~11
- 6 胡明毅, 朱忠德, 郭成贤. 湖南石门中上寒武统成岩作用及储层特征[J]. 石油学报, 1994, 15(3): 35~41

ORDOVICION REEF IN LUNAN- BACHU AREA AND THEIR RESERVOIR CHARACTERISTICS

Hu Minyi^{1,2} Zhu Zhongde² He Ping² Zhang Jun¹ Wang Qingchun²

(1. China University of Geosciences, Beijing; 2. Jiangnan Petroleum University, Jingzhou, Hubei)

Abstract: Ordovician reef in Lunan- Bachu area of Tarim basin have been discovered recently in Middle Ordovician Yi Jianfang Formation and Upper Ordovician Sang Tama Formation. The reef- build- up organism are mainly composed of Calathium, Lithistida, Batostoma and Archaeoscyphia etc. The reef body, small in size and variety in type, is generally made up of reef base, reef core and reef cap. Characterized by low- porosity- low permeability or low porosity- middle permeability based on the analysis of porosity and permeability, rocks of reef reservoir are not good in general, but the porosity of reef base and reef cap is higher than that of reef core. The reservoirs, controlled by sedimentary structure and diagenesis, are mainly in types of fracture and pore- fracture.

key words: reef; reservoir; Ordovician system; Tarim

(上接 169 页)

- 4 中国石油天然气集团公司石油经济和信息研究中心. 层序地层学原理及在油气勘探开发中的应用[M]. 北京: 地质出版社, 1999
- 5 郭彦如, 李天顺, 高平. 内蒙古银额盆地火山特征与识别[J].

地球学报, 1999, 20(增刊): 97~ 102

- 6 瞿辉, 赵文智. 层序格架在油气勘探中的作用[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(5): 40~ 43
- 7 高山林, 李学万, 宋柏荣. 辽河盆地欧利坨子地区火山岩储集空间特征[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(2): 173~ 177

EVOLUTION AND SEQUENCE STRATIGRAPHIC FRAMEWORK OF LOWER CRETACEOUS IN CHAGAN DEPRESSION

Guo Yanru^{1,2} Yu Junmin² Fan Tailiang¹

(1. Earth Resource Faculty, China University of Geosciences, Beijing;

2. Northwest Branch, Research Institute of Petroleum Exploration & Development, CNPC, Lanzhou, Gansu)

Abstract: Lower Cretaceous of Chagan depression, situated in the northwest corner of YinE basin, can be divided into one first- order sequence; two second- order sequences and seven third- order sequences according to its data of seism, lithology, palaeobiography, geochemistry and well- logging etc. I and II order sequences were shaped during I and II member deposition of Bayin Gebi Formation, III, IV and V- order sequences were formed in the deposition of Suhongtu Formation while VI and VII- order sequences formed in the deposition of Yingen Formation. Well- logging data collected from Chagan depression indicate that 58 % oil and gas bearing- formation are distributed in lowstand system tracts, 30 % in highstand system tracts and 12 % in lake ingression system tracts.

Key words: Lower Cretaceous; sequence stratigraphy; subtle reservoir; Chagan depression