

文章编号:1672-9854(2010)-03-0040-05

贵州青岩中三叠统垄头组台地边缘滩相 储层特征分析

淡永, 陈洪德, 林良彪, 隆轲, 范昱, 邹灏

(成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室; 成都理工大学沉积地质研究院)



淡永

摘要 贵州贵阳青岩地区中三叠统垄头组发育于台地边缘浅滩沉积环境中, 主要为一套藻屑、砾屑灰岩。青岩实测剖面的分析表明, 垄头组储层岩石类型主要为生物碎屑灰岩、核形石灰岩、砂砾屑灰岩、藻团块灰岩及泥微晶灰岩。铸体薄片及扫描电镜鉴定分析发现, 垄头组储集空间类型主要有微孔、晶间孔、粒内溶孔、铸模孔及构造微裂缝; 对野外样品的物性特征研究表明, 垄头组仅有 4.5% 的样品属好储层。认为沉积作用对储层发育具有一定的控制作用, 胶结作用、重结晶作用尽管使得垄头组储层整体物性较差, 但是溶蚀作用、白云石化作用及构造作用却局部改善了储层。指出了藻屑滩亚相内的裂缝发育带为有利储层发育区。

关键词 贵州; 中三叠统; 垄头组; 碳酸盐岩储集层; 储集层特征; 成岩作用; 控制因素

中图分类号 TE112.23

文献标识码 A

淡永 1986 生, 2008 年毕业于成都理工大学能源学院资源勘查专业, 现为成都理工大学沉积地质研究院在读硕士研究生。主要从事沉积学与油气储层研究工作。通讯地址: 610059 四川省成都市成华区二仙桥东三路 1 号

近年, 四川盆地东部海相油气勘探取得了重大突破, 这促进了整个中国南方海相油气的勘探进程, 掀起了对中国南方海相地层新一轮的油气勘探热潮^[1]。对于南方海相研究的另一重要地区——滇黔桂地区, 也因此又被引起重视。自上世纪 80 年代开始至今, 前人先后对滇黔桂地区的盆地性质和演化及其沉积体系特征、沉积演化动力机制、层序地层等做了较为深入的研究工作^[2-5]。对于贵州中三叠统垄头组的研究起步较早, 80 年代贺自爱等^[6-7]就对垄头组的生物礁滩发育特征及碎屑流沉积特征进行过细致研究, 范嘉松等^[8]也在近年继续深入探讨了垄头组的沉积特征, 认为垄头组发育于经常暴露的浅滩环境中。

但是令人遗憾的是, 对于在这种环境下发育的垄头组, 其储集性如何, 至今还无人涉及。本文根据贵州青岩地区实测剖面, 结合野外样品的测试数据, 利用岩石铸体薄片、扫描电镜等分析方法, 对贵州中三叠统垄头组的储集特征及储层发育的控制因素进行了分析和探讨。

1 地质背景

早三叠世至中三叠世拉丁期, 古特提斯洋板块向北东俯冲挤压、大量火山岩的喷发造成热收缩以及右江盆地内巨厚沉积物堆积所产生的重力作用, 引起右江盆地进入强烈拗陷阶段, 其显著特点是表现为整体拗陷, 造成右江盆地普遍沉积厚达 2000~5000m 的陆

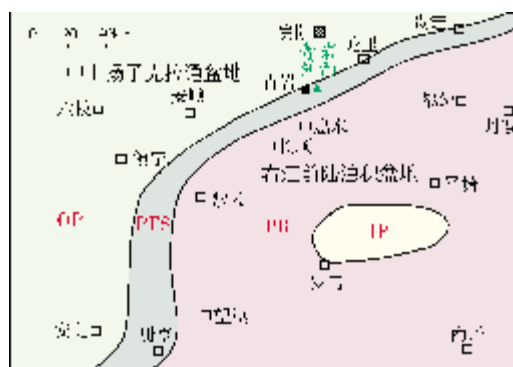


图 1 贵州南部中三叠世构造—沉积相图(据马永生等^[9], 有修改)
OP 开阔台地相; PFS 台地边缘浅滩相; PB 台盆相; IP 孤立台地相

收稿日期: 2010-01-25; 改回日期: 2010-03-17

本文为“全国油气资源战略选区调查与评价——黔南桂中海相地层油气资源前景评价”项目(项目编号: XQ-2007-01)部分成果

源碎屑浊积岩,仅在局部地区保存有碳酸盐孤台^[2-3](图1)。在右江盆地西北缘的贵州地区有一狭长的S形相变带,西入云南罗平、广南,东延至湖南涟源、娄底,往东可能向江西延展,构成一条规模巨大的碳酸盐岩台地边缘带,而垄头组就沿此带发育^[8]。

位于贵州省贵阳市南部青岩镇的青岩剖面(图1),垄头组发育较全,野外露头良好,因而本文以此作为研究垄头组的主干剖面。通过野外实测,青岩垄头组剖面总厚284.53m,可划分为41个小层,岩性主要为一套台地边缘滩相的藻屑、砾屑灰岩(图2)。

2 垄头组台地边缘浅滩相沉积特征

垄头组沉积时,青岩地区位于高能的天台边缘带上,沉积水体较浅,时常暴露^[8]。通过对青岩剖面的实测分析发现,垄头组主要发育于台地边缘浅滩相环境中(图1),浅滩以生物碎屑灰岩、核形石灰岩、砂砾屑灰岩、藻团块灰岩和微晶灰岩为主。可以划分为砾屑滩、藻屑滩和滩间三类亚相(图2)。

砾屑滩亚相主要发育于垄头组底部,岩性主要由藻砂砾屑灰岩组成,含少量藻屑灰岩。藻屑滩亚相是垄头组滩相沉积的主体,主要由藻屑灰岩、核形石灰岩、藻团块灰岩组成,并含有有孔虫、腕足等生物屑化石。滩间亚相平面上主要分布于藻屑或砾屑滩间的低地,主要由一套泥微晶灰岩组成。在垄头组剖面主要见于下部和顶部(图2)。

3 储层岩石特征

贵州青岩地区垄头组储层发育于生物碎屑灰岩、核形石灰岩、砂砾屑灰岩、藻团块灰岩、泥微晶灰岩中。

生物碎屑灰岩 在剖面中广泛发育,生物屑主要为荷叶藻屑,其次有介屑和有孔虫腕足碎屑等(图3a)。

藻团块灰岩 分布于剖面的中上部,主要由藻黏结团块、泥—微晶方解石、微晶白云石和亮晶胶结物等组成,分布较多生物碎屑,重结晶较强,白云石化作用明显(图3b)。

核形石灰岩 主要见于垄头组中部第5、7、17、27、28、29、34层。主要由核形石、泥微晶方解石和亮晶胶结物组成,核形石白云石化作用常见,胶结物以微—细晶方解石为主,野外观察核形石大小一般为1~2cm,镜下见溶蚀作用,以核形石富藻层为主,形成溶蚀微孔、缝(图3c)。

砂砾屑灰岩 在地层剖面中主要见于垄头组下

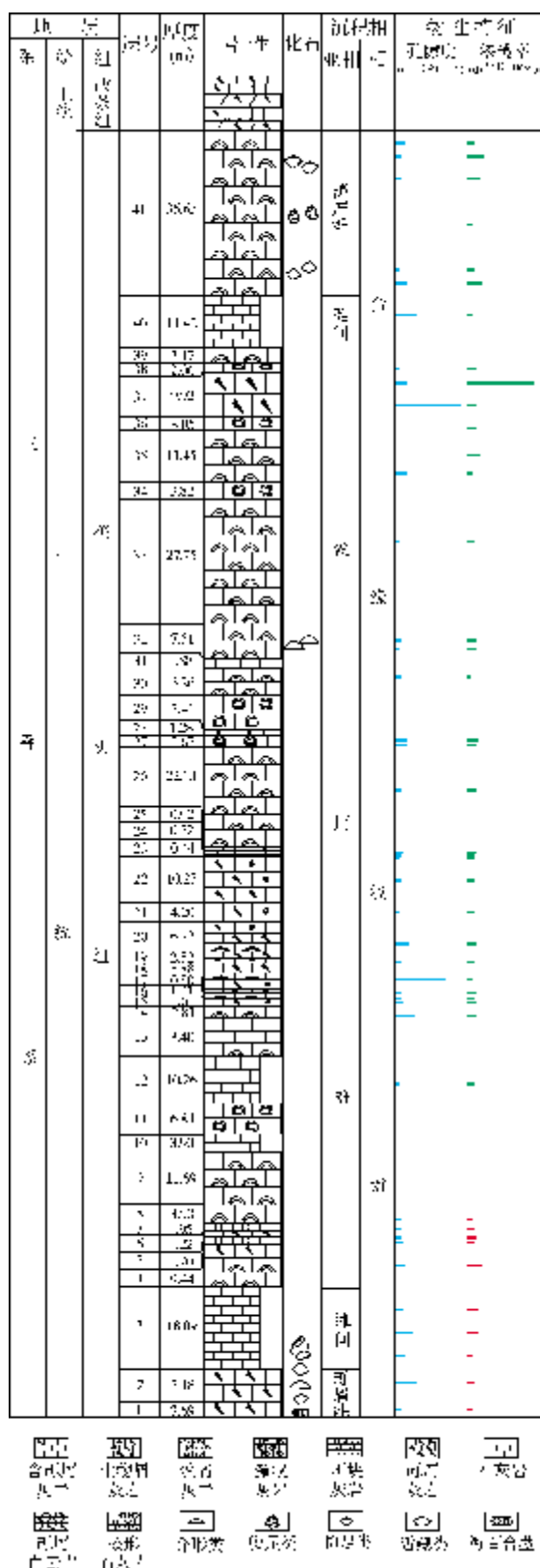
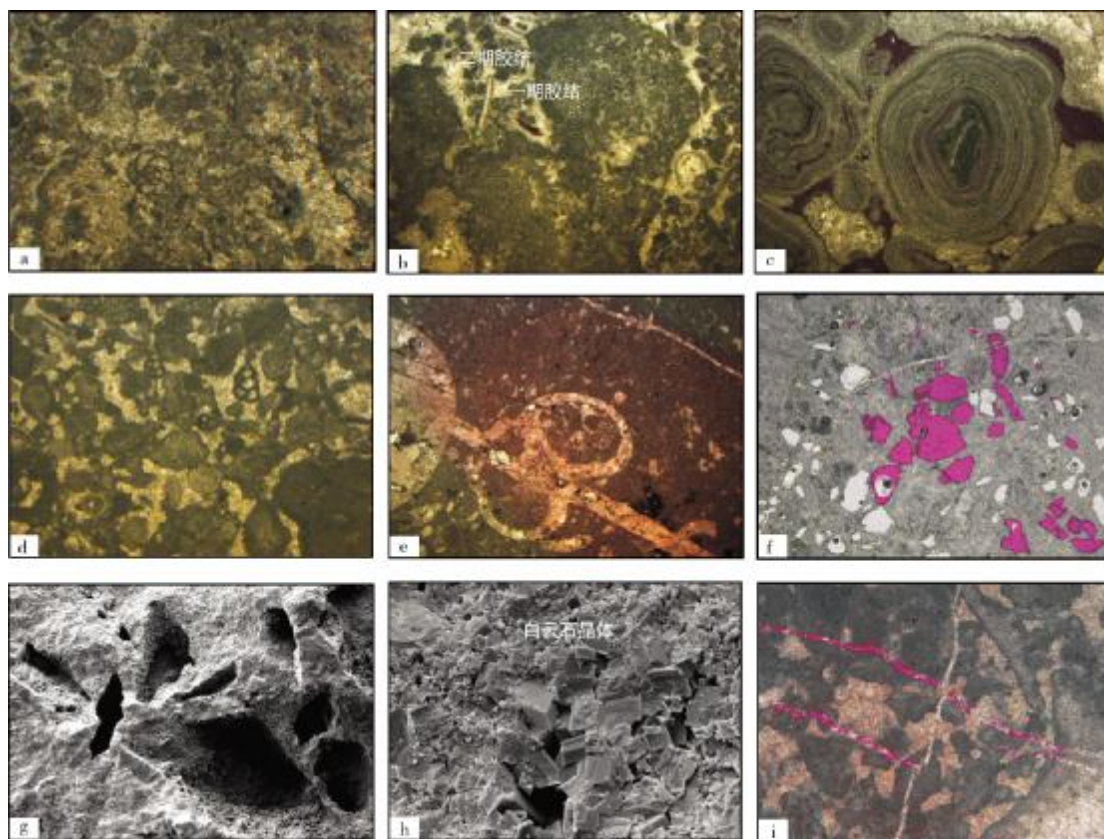


图2 贵州青岩剖面垄头组沉积相及储层物性特征综合柱状图



(a) 薄砂屑灰岩,局部具重结晶。青岩剖面第31层。单偏光, $\times 25$
 (b) 亮晶含生物屑(藻)砂屑屑块灰岩,具两个世代的方解石胶结。青岩剖面第7层。单偏光, $\times 12.5$
 (c) 核形石灰岩,微晶方解石胶结,见微孔。青岩剖面第17层。单偏光, $\times 25$
 (d) 亮晶含生物屑(藻)砂屑屑灰岩,见有孔虫,方解石胶结。青岩剖面第20层。单偏光, $\times 25$
 (e) 生物屑泥晶灰岩,生物屑为腕足碎屑。青岩剖面第40层。单偏光, $\times 12.5$
 (f) 铸模孔,颗粒完全被溶蚀,镜下见一被方解石充填的裂缝,较大孔径约600 μm 。青岩剖面第37层。铸体,单偏光, $\times 25$
 (g) 溶蚀孔洞发育,较大孔径约1.2mm。青岩剖面第37层。扫描电镜
 (h) 菱形的白云石晶体较发育,形成较多晶间孔、洞,较大孔径约24 μm 。青岩剖面第40层,扫描电镜
 (i) 铸体薄片中的二期裂缝,二期切割一期,两期均切穿颗粒,一期被方解石完全充填,二期部分被充填。青岩剖面第24层。单偏光, $\times 25$

图3 青岩垄头组储层岩石及储集空间类型

部第1—2层及中部第20—22层,主要由砂屑屑组成,并含有孔虫碎屑。碎屑含量大于80%。胶结物为两世代微—中晶方解石胶结,并有白云石化现象,含量约15%(图3d)。

泥微晶灰岩 主要见剖面第3、40层,主要由泥微晶方解石组成,偶含生物化石,如腕足和介壳等(图3e)。

4 储层空间类型

根据铸体薄片观察和扫描电镜分析,青岩垄头组的储集空间主要为次生孔隙,孔隙类型有微孔、晶间孔、粒内溶孔、铸模孔隙、构造微裂缝等,其中主要为微孔和溶孔。

微孔 主要由富藻层发生溶蚀作用形成的溶蚀微孔,是致密低渗透性的储集空间。这类孔隙在藻屑滩亚相内较发育,为青岩剖面的主要孔隙类型(图3a)。

铸模孔 由颗粒全部溶蚀形成,溶孔保存了颗粒的形态和大小。铸模孔在剖面的第37层较发育(图3f),在其他层欠发育。

粒内溶孔 由颗粒部分溶蚀形成,粒内溶孔也主要发育在剖面的第37层,其他层中欠发育(图3g)。

晶间孔 主要是由白云石化作用过程中发生减体积效应,在白云石晶体间形成的孔隙(图3h)。此类孔隙在剖面中分布较少,主要发育在上部。

裂缝 主要是构造缝,缝较直,常切穿颗粒(图3i)。镜下鉴定至少存在两期缝,两期均切穿颗粒,一

期被方解石完全充填,二期部分被充填。裂缝在垄头组灰岩中也欠发育,仅在27、37层有发育。

5 储层物性分析

通过对青岩垄头组的44个野外物性样品分析,发现垄头组孔隙度和渗透率较低(图2)。垄头组平均孔隙度为1.36%,最大为10.57%,最小为0.07%;渗透率最大为 $200.14 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (为裂缝),最小为 $0.018 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (图2),除去裂缝高值 $200.14 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均渗透率为 $0.034 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。本文以孔隙度2%、4%、6%为碳酸盐岩储层分类评价标准,发现有84.1%的样品孔隙度小于2%,属非储层;11.4%的样品孔隙度在2%~4%,为差储层;4.5%的样品孔隙度大于6%,为好储层(图4)。因此垄头组整体储集性不好,属低孔低渗储层。图4还显示,当孔隙度增加时,渗透率值无明显变化。这表明垄头组岩石孔隙度与渗透率相关性不强。

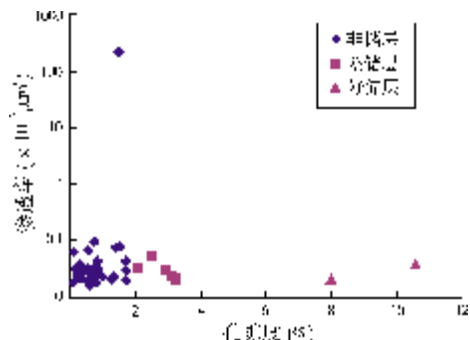


图4 青岩剖面垄头组岩石孔隙度—渗透率相关图

6 储层控制因素

6.1 沉积作用

沉积环境控制了岩石类型、古生物类型、杂基含量等方面,沉积环境对储层物性的影响主要体现在不同沉积相带其储层物性不同,如高能的台地边缘相带有利于储层发育^[10]。由图5所示贵州青岩地区垄头组尽管多数样品属非储层,但值得注意的是好储层均发育在藻屑滩相内,而砾屑滩及滩间亚相不发育好储层。因此贵州青岩地区垄头组的沉积亚相对储层具有一定控制作用,藻屑滩相有利于好储层发育(表1)。

6.2 成岩作用

根据大量岩石薄片的成岩作用特征观察、储层样品的扫描电镜分析等结果,青岩垄头组主要经历

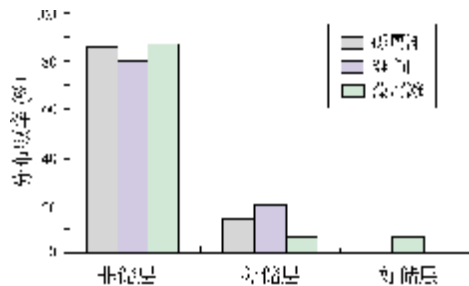


图5 青岩剖面垄头组不同沉积亚相不同储层分布频率图

表1 青岩垄头组储层控制因素、特征及与物性的关系

表 7-1 岩性因素对储层控制因素、渗透率与物性的关系					
储层控制因素		与储集空间的关系	控制范围	与储层物性的关系	控制强度评价
沉积作用		控制原生孔隙的形成	全岩	有一定关系	中等
成岩作用	压实压溶	降低原生孔隙	全岩	破坏性作用	较强
	重结晶	降低原生孔隙	全岩		较强
	胶结	降低原生、次生孔隙	全岩		强
	溶蚀	增大次生孔隙	局部岩石		弱
	白云石化	增大次生孔隙	局部岩石		建设性作用
构造作用		提高渗透率	局部岩石		弱

了如下成岩作用:

压实压溶作用 压实作用随埋深的增加而逐渐加强,大大减小岩石的原始孔隙。当压实作用到达一定阶段,岩石内的孔隙水由于压力作用而大量排出,并带出岩石中的易溶物,形成压溶缝等。压溶缝往往延伸不远,不能形成有效储层。

重结晶作用 在多数样品的显微镜下发现局部的泥晶方解石重结晶为假亮晶(图3a)。重结晶作用使得泥晶方解石晶粒增大,大大减小了孔隙体积。

胶结作用 通过镜下鉴定发现垄头组岩石发生了至少两期胶结(图3b),一期胶结物往往呈纤维状,为成岩早期胶结,二期胶结物为小颗粒状,为成岩后期胶结。两期胶结作用后直接堵塞了孔隙,破坏了原来较好的孔隙。其次在第一期裂缝中往往也被方解石充填胶结(图3i)。

溶蚀作用 溶蚀作用增大了孔隙的体积,起到改善储层的作用。垄头组中的溶蚀作用表现为具选择性溶蚀的特征,富藻层及颗粒往往易溶,形成微孔、铸模孔和粒内溶孔(图3f,3g)。如第37层中某一样品由于溶蚀作用的影响,其孔隙度为全部样品中的最高,达10.57%,可惜的是这类溶蚀作用仅在局部发生,并未在全组发生溶蚀(表1),究其原因,这可能是受裂缝控制。图3f所示高孔隙样品的镜下特征正是裂缝与铸模孔隙的同时发育,裂缝成为流体

选择性溶蚀颗粒的通道,而易溶颗粒完全被溶蚀。

白云石化作用 白云石化作用将增加孔隙体积。垄头组岩石的白云石化作用并不是很明显,白云石化范围仅局限于缝洞周围(图 3h),但对发生了白云石化作用的样品进行分析后发现其平均孔隙度达到 2.05%,大于全岩平均孔隙度 1.36%。上述分析表明白云石化作用对垄头组岩石的物性有明显的改善作用。

6.3 构造作用

在垄头组中构造作用至少形成两期裂缝(图 3i),一期已被方解石完全充填,二期切割一期,部分被方解石充填。构造裂缝对储层的渗透率有较好的改善作用,如第 37 层中的一个样品,尽管其孔隙度只有 1.47%,但由于裂缝存在,其渗透率达到 $200.14 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (图 2)。这一方面可构成油气的良好运移通道,另一方面它可以带来外来流体,从而在裂缝附近形成溶蚀孔洞或发生白云石化作用,进一步增大了岩石孔隙体积。图 3f 说明了裂缝在形成好储层中的控制作用。

7 结 论

(1)贵州青岩剖面垄头组主要发育一套台地边缘藻屑滩相的藻屑灰岩、核形石灰岩、藻团块灰岩,其次为砾屑滩相的砂砾屑灰岩和滩间亚相的微晶灰岩。

(2)垄头组储集空间有微孔、晶间孔、铸模孔、粒内溶孔及构造微裂缝。储集物性较差,样品中仅有 4.5%为好储层,垄头组灰岩为低孔低渗储层。

(3)对储层的控制因素分析,发现藻屑滩相有利于好储层发育,成岩作用中的白云石化作用和溶蚀作用有利于改善储层空间,但其作用范围较局限,并未达到全组。导致垄头组储集性能较差的主要原因是后期至少两期的胶结作用及重结晶作用,胶结作用不仅胶结了先期形成的孔隙,而且也胶结了构造裂缝,使储层物性大大降低。

(4)贵州中三叠统垄头组好储层发育于藻屑滩亚相的裂缝发育带上,裂缝是流体选择性溶蚀颗粒的通道,而藻屑滩有利于颗粒发育。

参 考 文 献

- [1] 顾家裕. 南方油气勘探的突破贵在坚持不懈[J]. 海相油气地质, 2007, (12): 7-9.
- [2] 陈洪德,曾允孚. 右江盆地的性质及演化讨论[J]. 岩相古地理, 1990, (1): 30-36.
- [3] 曾允孚,刘文均,陈洪德,等. 华南右江复合盆地的沉积构造演化[J]. 地质学报, 1995, 69(2): 113-123.
- [4] 覃建雄,陈洪德,田景春. 右江盆地层序充填序列与古特提斯海再造[J]. 地球学报, 2000, 21(1): 62-70.
- [5] 刘特民,刘炳温,陈国栋,等. 南盘江盆地构造演化与油气保存区划分[J]. 天然气工业, 2001, 21(1): 18-23.
- [6] 贺自爱,杨宏,周经才. 贵州中三叠世生物礁[J]. 地质科学, 1980, (3): 256-264.
- [7] 贺自爱,杨宏. 贵州中三叠世碎屑流[J]. 石油实验地质, 1987, 9(1): 49-56.
- [8] 范嘉松,闻传芬. 贵州中三叠世生物礁的再研究——三叠纪钙结壳的发现[J]. 科学通报, 1992(5): 438-440.
- [9] 马永生,陈洪德,等. 中国南方层序地层与古地理[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [10] 许中杰,刘万洙,白雪峰,等. 黔南、黔北及南盘江拗陷古生代碳酸盐岩储层特征[J]. 世界地质, 2007, 26(2): 225-228.

编辑:赵国宪

Reservoir Characteristics of Middle Triassic Longtou Shoal Facies of Platform Margin at Qingyan in Guiyang, Guizhou

Dan Yong, Chen Hongde, Lin Liangbiao, Long Ke, Fan Yu, Zou Hao

Abstract: he measured profile rock of Middle Triassic Longtou Formation that is cropped out at Qingyan in the south part of Guiyang, Guizhou is the shoal sediments of platform margin. The Longtou reservoir mainly consists of bioclastic limestone, oncolitic limestone, algal limestone and micritic limestone. By analysis of cast thin sections and SEM, it is identified that micropores, intercrystalline pores, intragranular dissolved pores, molded pores and structural microfissures. Analysis of reservoir physical property for 44 field samples has shown that only 4.5% of samples can be sorted well with good reservoirs. It is deemed that sedimentation is of a certain control to the reservoir. Cementation, recrystallization made the whole Longtou reservoir poor physical property but the dissolution, dolomitization and tectonism partly improve the reservoir. It is indicated that the fracture zone in algae subfacies is the favorable area of reservoir development with hydrocarbon potential.

Key words: Middle Triassic; Longtou Formation; Carbonate reservoir; Reservoir characteristics; Diagenesis; Controlling Factor; Guizhou

Dan Yong: male, Master degree in progress at Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu. Add: 1 Dongsan Rd., Erxianqiao, Chengdu, 610059 China