

上扬子东南缘寒武系碳酸盐岩台缘滩的 发现与油气地质意义 ——以贵州石阡—岑巩为例

贺永忠¹, 陈厚国¹, 谢 渊², 赵 磊¹, 朱 勋¹, 易成兴¹, 安亚运¹

(1. 贵州省地质调查院, 贵州 贵阳 550018; 2. 中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081)

摘要: 采用地层剖面测量、区域调查、岩矿鉴定等工作方法, 发现石阡—岑巩地区寒武纪黔东世晚期至芙蓉世时期为一套连续沉积的台地边缘滩相的颗粒及藻类碳酸盐岩; 通过地层划分与对比、岩石地层格架的建立, 再现了该区寒武纪时期台、坡、盆的沉积古地理格局, 研究了从寒武纪黔东世晚期开始碳酸盐岩台地的建立、发展、衰亡的沉积发展演化过程; 并通过台地边缘滩相碳酸盐岩物性分析, 认为该套岩石具有一定粒间孔、晶间孔, 且晶洞发育, 是油气储集层最有利部位, 从而为贵州东部乃至中国南方地区该相位隐伏区寻找油气资源提供新的信息与线索。

关键词: 寒武纪; 碳酸盐岩沉积环境、台缘滩; 油气储层; 贵州石阡—岑巩

中图分类号: P618.130.2⁺1

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2015)05-0038-07

0 引言

笔者在2008—2010年参加中上扬子海相含油气盆地油气地质调查项目之习水—湄潭—天柱油气地质调查走廊大剖面课题工作过程中, 在石阡—岑巩一带发现了寒武纪黔东世晚期至芙蓉世一套连续沉积的滩相颗粒及藻类碳酸盐岩, 通过地层剖面测量、面上调查、岩矿鉴定、物性分析及综合研究等工作认为, 该套颗粒碳酸盐岩的沉积环境为寒武纪时期碳酸盐岩台地边缘滩, 该滩由老至新具有由西向东的迁移过程。并在该课题中由下至上将其命名为“排楼坡鲕粒砂屑灰岩”(时限相当于清虚洞组)和“大坪鲕粒砂屑白云岩”(时限相当于高台组、石冷水组、娄山关组)。这一发现, 为该区寒武纪时期台地碳酸盐岩台缘滩的存在及台缘滩颗粒云岩在油气地质工作中作为油气储集层研究具重大研究意义, 同时为贵州在该区自1:20万区调工作以来一直困扰未解决该时期的盆地沉积充填等问题及下一步工作提供新的基础资料。

1 地质背景

研究区寒武纪时期处于西高东低的沉积古地理格局, 由于牛蹄塘组早期海侵, 全区进入高水位沉积体系, 之后逐渐海退。该时期具多样沉积环境、沉积类型多样等特征^[1-4]。其中牛蹄塘组—杷榔组时期为陆棚碎屑岩沉积或混积陆棚灰岩夹碎屑岩沉积(九门冲组), 到杷榔组晚期—清虚洞组早期, 由于海水地球化学条件改变, 全区渐转为碳酸盐岩环境沉积, 并逐渐形成台、坡、盆沉积古地理格局^[5]。

寒武纪黔东晚晚期—芙蓉统时期贵州石阡—岑巩—天柱一带大致以玉屏—岑巩一线(玉屏—岑巩大断裂)为界进行地层分区划分(图1), 将此带以西划为扬子地层区(台地相区)、以东为江南过渡地层区(斜坡相区)。扬子地层区出露地层为清虚洞组、高台组、石冷水组、娄山关组; 过渡地层区为乌训组、敖溪组、车夫组。此时期在岑巩一带自清虚洞组—娄山关组时期自下而上沉积一套巨厚颗粒灰岩、藻灰岩、颗粒云岩、藻云岩, 厚达上千米。

收稿日期: 2014-12-15; 改回日期: 2015-01-05。

基金项目: 中国地质调查“中上扬子海相含油气盆地油气地质综合调查项目(编号:1212010782003-02)”和贵州省地质矿产勘查开发局科研项目“贵州省湄潭—天柱地区震旦纪—寒武纪盆地沉积演化与油气生储盖层研究课题(编号:黔地矿科(2009)16号)”联合资助。

作者简介: 贺永忠(1971—), 男, 高级工程师, 主要从事沉积地质、油气地质等工作。Email:253109134@qq.com。

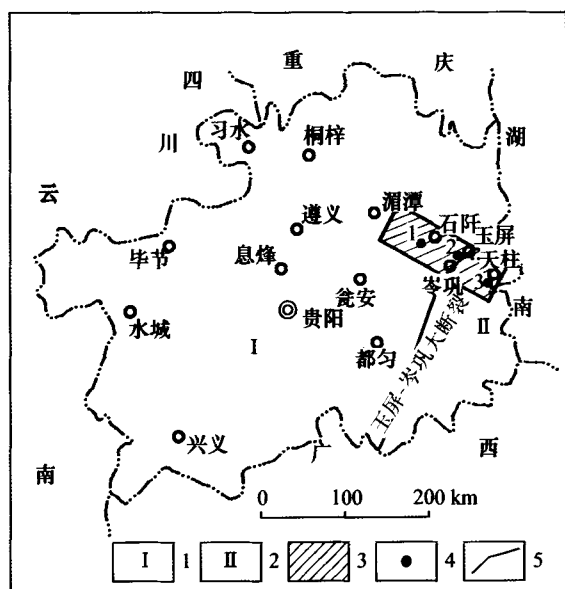


图1 研究区位置及地层分区

Fig.1 Location and stratigraphic regionalization in the study area

1. 扬子区; 2. 过渡区; 3. 研究区范围; 4. 典型剖面;
5. 深大断裂

2 台地、台缘、斜坡剖面结构特征及相分析

通过对研究区有目的性的测制大量地层剖面,收集较详细的岩石、沉积相、岩石组合、物性等野外第一手资料,采集大量的岩矿及岩石物性样进行测试分析。这里重点介绍和分析寒武纪时期碳酸盐岩沉积环境位于台地、台缘、斜坡的3条具代表性剖面特征(图2),该3条剖面碳酸盐岩的沉积底板均为寒武系杷榔组碎屑岩。

2.1 台地相剖面特征

位于石阡县青岩村(图1),剖面由下至上分别为清虚洞组、高台组、石冷水组、娄山关组地层(图2),其岩性组合特征如下:清虚洞组下部为灰色中厚层亮晶鲕粒灰岩、亮晶鲕粒砂屑灰岩,具底冲刷构造,发育水平层理、斜层理(图3);中部为灰色中厚层砂屑灰岩、泥晶灰岩;上部为灰色厚层亮晶鲕粒灰岩、亮晶砾屑灰岩,沉积环境为台缘滩相。高台组为浅灰色中层微晶白云岩,水平层理发育。石冷水组为浅灰色中厚层微晶白云岩、藻云岩,发育水平层理。娄山关组为中厚层微晶白云岩夹同色中厚层细—粉晶白云岩,偶夹少许同色中层鲕粒白云岩,发育底冲刷、斜层理、交错层理、水平层理等

沉积构造。高台组—娄山关组为局限台地潮坪—潟湖沉积环境。

2.2 台缘相剖面特征

位于岑巩县排楼坡一大坪(图1),剖面由下至上为清虚洞组、高台组—娄山关组地层(图2),岩石组合特征如下:清虚洞组下部为灰色薄—中层泥晶灰岩、泥质条带灰岩,发育水平层理,沉积环境为斜坡相;中部为灰色中厚—厚层角砾灰岩、亮晶砂屑灰岩、亮晶鲕粒灰岩、藻灰岩不等厚互层,发育底冲刷,水平层理、斜层理等沉积构造,为台缘滩—滩前斜坡相沉积环境;上部为灰色厚层藻灰岩、亮晶砾屑灰岩、砂屑灰岩、云质灰岩(豹皮灰岩),发育水平层理、具鸟眼、窗格、底冲刷等沉积构造(图4),为滩相沉积环境。高台组—娄山关组为浅灰、灰白色中—厚层鲕粒云岩、砂屑鲕粒云岩、含核形石鲕粒云岩、藻云岩及微—中晶云岩等,具水平纹层(图5),为滩相沉积环境。

2.3 斜坡相剖面特征

剖面位于天柱县圭口山(图1),自下而上地层分别为乌训组、敖溪组、车夫组(图2),岩石组合特征如下:乌训组为深灰色薄—中层泥晶灰岩、泥质灰岩夹同色薄层泥岩、粉砂质泥岩,含少量细粒黄铁矿,水平纹层发育,沉积环境为斜坡—盆地相。敖溪组为灰—深灰色薄层泥岩、钙质泥岩、粉砂质泥岩夹深灰色中—中厚层白云质灰岩,向上夹3层角砾灰岩,含细粒黄铁矿颗粒,泥岩中水平纹层发育,沉积环境为斜坡相。车夫组为灰—深灰色厚层块状角砾灰岩夹同色薄层泥晶灰岩、泥质灰岩,薄层泥晶灰岩具蠕滑变形特征,泥晶灰岩中发育水平纹层,砾屑灰岩向上层次增多、增厚,统计为18层角砾灰岩,为斜坡相沉积环境。

3 岩石地层格架建立及特征分析

通过上述台地、台缘、斜坡相剖面资料分析,并结合该区域大量剖面资料,通过地层划分与对比,经综合分析研究,建立研究区清虚洞组—娄山关组时期岩石地层沉积格架(图6)。地层格架的建立,直观地反映了同时期不同相位的岩石充填序列和特征,以及横向变化、沉积环境变迁,不同时期地层的纵向变化、叠覆关系、沉积体系岩性转换特征等^[6]。

通过对岩石地层格架的建立(图6)可知,寒武系牛蹄塘组时期发生了海侵作用,杷榔组是该时期

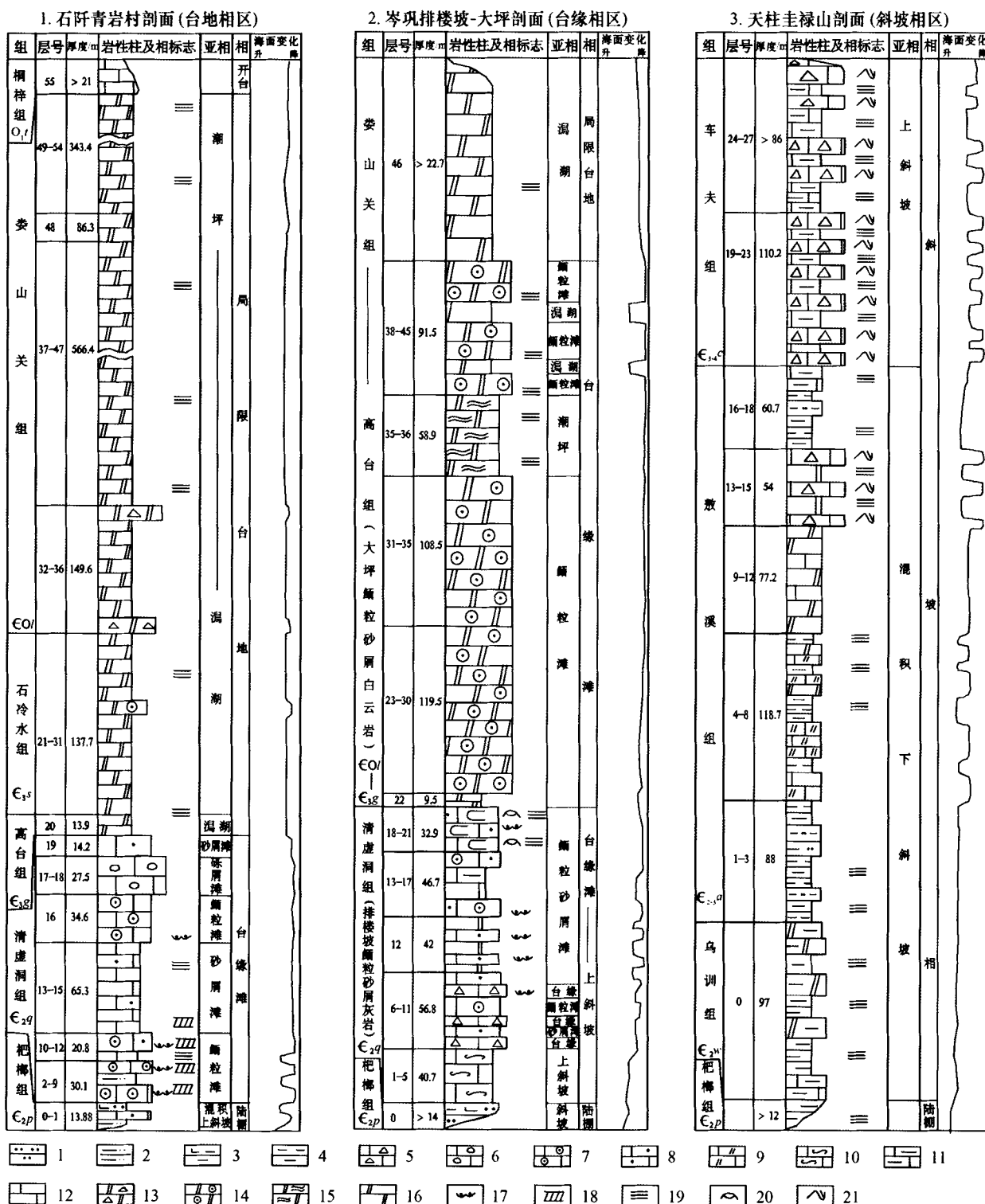


图 2 台地、台缘、斜坡相典型剖面结构及沉积相分析图

Fig. 2 Diagram of typical cross-sectional structure and sedimentary facies analysis on platform, platform margin and slope facies

1. 粉砂岩; 2. 粉砂质泥岩; 3. 钙质泥岩; 4. 泥岩; 5. 角砾灰岩; 6. 砾屑灰岩; 7. 鲕粒灰岩; 8. 砂屑灰岩; 9. 云质灰岩;
10. 泥质条带灰岩; 11. 泥质灰岩; 12. 泥晶灰岩; 13. 角砾白云岩; 14. 鲕粒白云岩; 15. 藻纹层白云岩;
16. 微晶白云岩; 17. 底冲刷; 18. 交错层理; 19. 水平层理; 20. 鸟眼构造; 21. 滑移构造

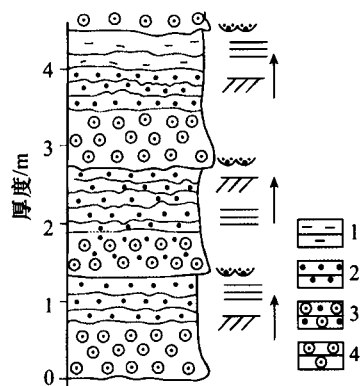


图3 鲕粒灰岩与砂屑灰岩互层特征

Fig.3 Oolitic limestone and intraclastic limestone interbed feature

1. 泥晶灰岩; 2. 砂屑灰岩; 3. 含砂屑鲕粒灰岩; 4. 鲕粒灰岩

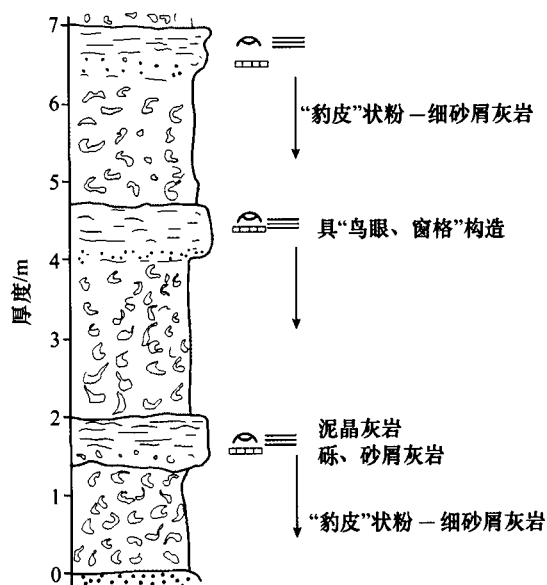


图4 泥晶灰岩中发育窗格及鸟眼构造

Fig.4 The fenestral and bird-eye structure in the micrite

碎屑岩沉积体系晚期产物, 把榔组晚期—清虚洞组早期, 由于海水地球化学条件的改变, 把榔组时期的陆棚碎屑沉积或混积陆棚沉积环境向清虚洞组早期碳酸盐岩沉积环境转变, 清虚洞组早期, 全区进入碳酸盐岩沉积环境, 台、坡、盆沉积环境逐渐形成。

3.1 台缘滩的形成与迁移

清虚洞组早期, 在石阡—天柱一带, 总体呈北西高南东低的缓坡碳酸盐岩沉积, 较早鲕粒滩发育地带主要分布于余庆—石阡一带, 其宽度约 50 km, 滩前斜坡—盆地为深灰色薄层泥晶灰岩夹少量粘土岩, 滩后为灰泥坪的灰色薄层泥质灰岩、泥晶灰岩。

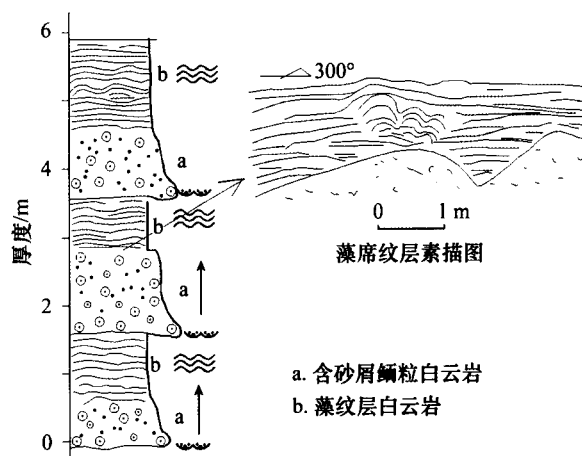


图5 砂屑鲕粒云岩与藻云岩互层特征

Fig.5 Characteristics of psammitic oolitic dolomite interbedded with algal dolomite

清虚洞组中期, 海平面下降, 鲕粒滩向东迁至石阡—岑巩排楼坡一带, 其迁移距离约 60 km, 此时碳酸盐岩沉积的台、坡、盆格局显现, 镶边的碳酸盐岩台地形成, 滩相以鲕粒砂屑灰岩为主、次为藻纹层灰岩, 发育水平纹层、斜层理。滩前斜坡变陡, 为幕式角砾灰岩夹泥晶灰岩, 盆地相为深灰色泥晶灰岩。滩后台地相为灰色泥晶灰岩夹鲕粒灰岩。此时期鲕粒滩向东迁移层位逐渐升高, 具有穿时、水体变浅等特点。

3.2 台缘滩成长与衰亡

清虚洞组晚期, 海平面降速减缓, 沉积以垂向加积为主, 台缘滩依然受岑巩—玉屏深大断裂的控制, 分布位置大致在岑巩排楼坡—镇远羊坪一带, 宽 5~7 km, 以鲕粒砂屑灰岩、藻粘结灰岩、砂屑灰岩为主, 具水平层理, 栉壳、窗格、鸟眼等构造。滩前幕式角砾灰岩频发, 延伸不远, 向东斜坡—盆地相区以深灰色中薄层泥晶灰岩与同色中薄层灰质白云岩不等厚互层为主, 含三叶虫、腹足类等浮游生物化石, 显示具频繁的海平面升降。滩后由灰色中厚层泥晶灰岩、灰质白云岩、白云质灰岩组成, 显示出滞流环境沉积。

高台组—娄山关组时期, 继承北西高南东低的古地貌格局, 早期(高台组期), 海平面具有一次明显下降(海退), 台缘滩向南东迁移(进积), 迁移距离 5~6 km, 鲕粒滩位于工区镇远羊坪—芭蕉坪一带, 宽 5~7 km, 以灰白色厚层块状鲕粒白云岩为特征。台缘滩前出现呈北东向展布的深海槽, 以碎屑岩沉积

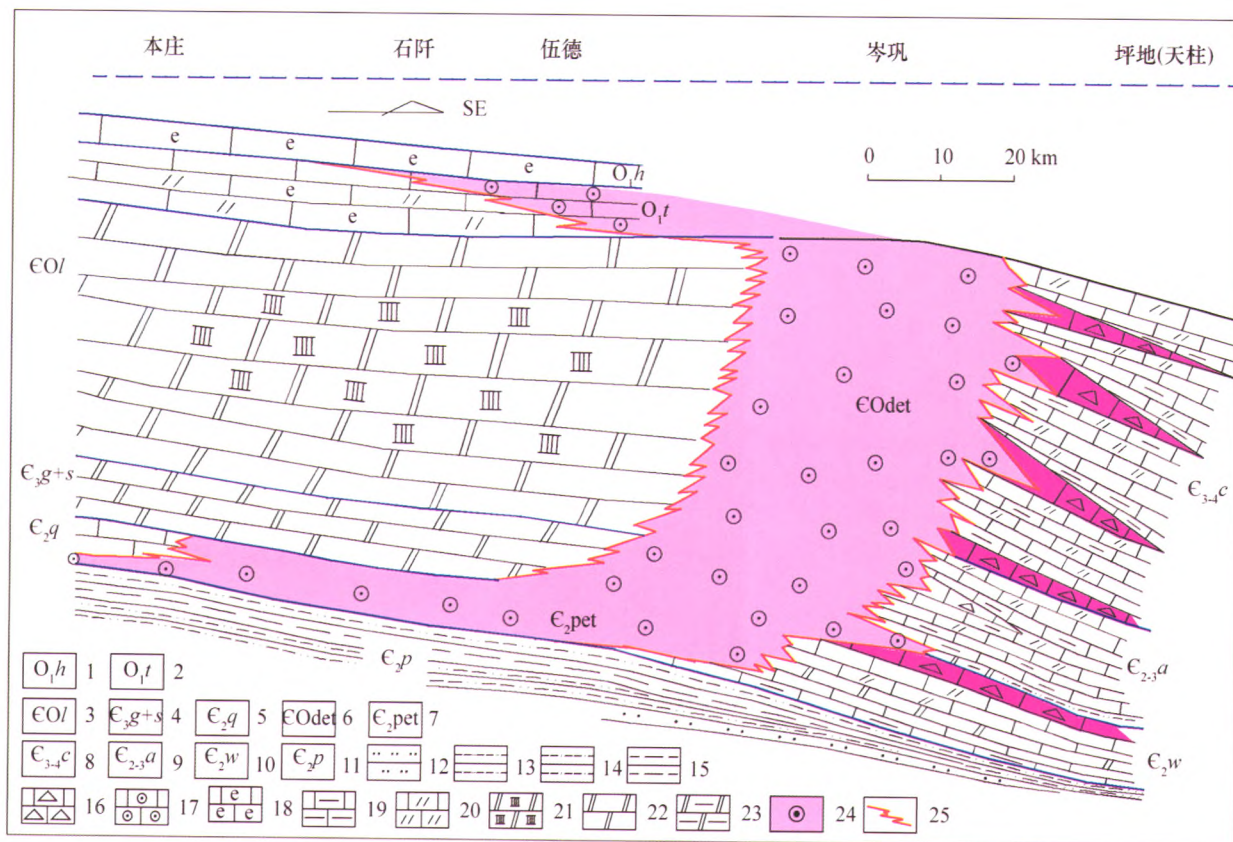


图 6 石阡—岑巩—天柱地区寒武纪清虚洞组—娄山关组岩石地层沉积格架

Fig. 6 The lithostratigraphic sedimentary framework of Cambrian Qingxudong-Loushanguan formation in Shiqian-Cengong and Tianzhu area

1. 红花园组; 2. 桐梓组; 3. 娄山关组; 4. 高台组—石冷水组; 5. 清虚洞组; 6. “大坪砂屑鲕粒灰岩”; 7. “排楼坡砂屑鲕粒白云岩”;
8. 车夫组; 9. 敖溪组; 10. 乌训组; 11. 杷榔组; 12. 粉砂岩; 13. 粉砂质粘土岩; 14. 含粉砂质粘土岩; 15. 粘土岩; 16. 角砾灰岩; 17. 鲕粒灰岩; 18. 生屑灰岩; 19. 泥质灰岩; 20. 白云质灰岩; 21. 含膏白云岩; 22. 白云岩; 23. 泥质白云岩; 24. 鲕粒滩; 25. 相变线

为主。而在研究区外西北边习水一带,由于海平面下降,来自康滇古陆大量碎屑物质涌入,以一套细粒岩屑石英砂岩沉积为主(陡坡寺组),发育斜层理。

中期,海平面上升,台缘滩呈短暂后移,之后海平面缓慢下降,台缘滩沉积物以加积进积为主,形成研究区内岑巩大坪鲕粒砂屑滩,由大套厚层块状鲕粒白云岩、砂屑鲕粒白云岩、藻纹层白云岩夹微晶白云岩等组成,沉积厚度大于 800 m。滩前斜坡沉积角砾灰岩向上变厚、层数增加,向盆地迅速减薄至消失;盆地中主要沉积纹层泥晶灰岩、泥质灰岩,沉积厚度相对较小;滩后台地相区此时期海水由于受台缘滩阻挡作用,形成了石阡本庄—伍德一带潟湖环境,以大套微晶白云岩、膏云岩、含膏云岩为主。

娄山关组晚期—奥陶纪早期,雪峰初次水下隆起,台缘鲕粒滩表现极为明显,此时期台缘滩在加

积过程中渐呈向西迁之势,区域资料特征显示,此时沉积环境发生逆转趋势,区内在石阡伍德、镇远大地方等地出现鲕粒滩、生屑滩,伍德一带的红花园组为具有暴露标志栉壳结构的生屑灰岩,台缘滩由东部岑巩一带向西迁至石阡一带,此时期古地理渐呈现出东高西低之势,这标志着区内加里东早期西高东低的古地理格局宣告结束,到红花园末期,碳酸盐台、坡、盆沉积环境已消亡,继而转为造山时期前陆盆地沉积。

4 滩相颗粒碳酸盐岩物性特征

野外调查中,清虚洞组滩相鲕粒灰岩、砂屑鲕粒灰岩结构致密,裂缝不发育,上部砂屑灰岩中发育少许晶洞;高台组—娄山关组滩相鲕粒白云岩、砂屑鲕粒白云岩、藻纹层白云岩中针孔、晶洞、裂缝

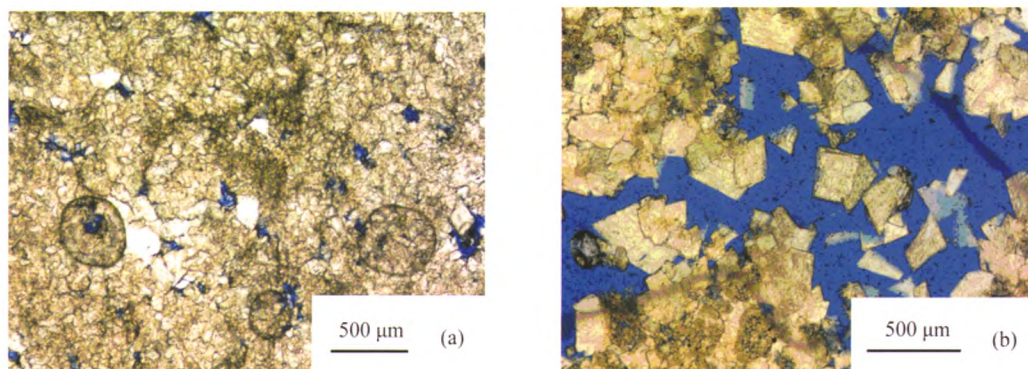
图7 颗粒碳酸盐岩储集空间铸体照片($\times 50$)

Fig. 7 The reservoir space cast photos of particulate carbonate

(a) 清虚洞组颗粒灰岩中粒间、粒内孔(石阡); (b) 娄山关组白云岩中晶间孔(岑巩)

发育,单层孔洞发育不均一,面孔率一般在1%~10%,具不均一孔、缝特征。测试分析显示,颗粒碳酸盐岩中主要发育粒间孔、晶间孔、晶间溶孔、粒内溶孔(图7)。其中清虚洞组孔隙度变化比较大,值域为0.52%~4.68%,均值1.88%;渗透率均值为 $0.015 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,总体显示为低孔低渗特征。高台组—娄山关组孔隙度最大为15.43%,平均为2.92%;渗透率最大为 $68 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,一般为 $0.072 \times 10^{-3} \sim 1.37 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,具良好储集性能。

5 意义及探讨

(1) 在剖面测量、区域调查、岩矿分析的基础上,发现了石阡—岑巩地区寒武系黔东统晚期至芙蓉统时期碳酸盐台地边缘滩的存在,进一步明确了寒武纪时期贵州东部乃至扬子东南缘具有台地、台缘、斜坡—盆地的沉积古地理格局,为丰富和完善贵州乃至中国南方地区寒武系岩相古地理提供了新的基础资料。

(2) 通过地层划分与对比、建立寒武系岩石地层格架,再现了该区寒武纪时期台、坡、盆的沉积古地理格局,研究了从寒武系黔东统晚期开始碳酸盐台地的建立、发展、衰亡的演化过程,为研究贵州乃至中国南方地区寒武系盆地沉积充填序列、盆地演化提供了新的资料和研究思路。

(3) 研究认为:寒武系台地边缘滩相碳酸盐岩具有一定粒间孔、晶间孔,且晶洞发育,具有良好的储集性能,是油气成藏的最有利储集层。

(4) 调查发现:研究区清虚洞组、高台组—娄山关组滩相颗粒灰岩、颗粒白云岩在野外调查中均

有干沥青分布,击打具有油气味,说明曾经有过油气的聚集^[7-11]。通过与建南气田的储层为三叠系飞仙关组滩相鲕粒灰岩、二叠系长兴组滩相生物灰岩^[12],贵州省瓮安玉华古油藏、金沙岩孔古油藏、遵义仁怀古油藏其储层均为震旦系灯影组滩相颗粒白云岩^[13-20]进行对比研究,认为寒武系台缘滩相颗粒碳酸盐岩具有良好的寻找油气资源前景,提出其地下隐伏分布区是未来寻找油气资源最有利潜力靶区的思路。

参考文献:

- [1] 冯曾昭,彭勇民,金振奎,等. 中国南方寒武纪和奥陶纪岩相古地理[M]. 北京:地质出版社,2001.
- [2] 冯曾昭,彭勇民,金振奎,等. 中国寒武纪和奥陶纪岩相古地理[M]. 北京:石油工业出版社,2004.
- [3] 马力,陈焕疆,甘克文,等. 中国南方大地构造和海相油气地质[M]. 北京:地质出版社,2004:3-8.
- [4] 姜在兴. 沉积学[M]. 北京:石油工业出版社,2003:403-440.
- [5] 汪正江,王剑,卓皆文,等. 扬子陆块震旦纪—寒武纪之交的地壳伸展作用——来自沉积序列与沉积地球化学证据[J]. 地质论评,2011,57(5):731-742.
- [6] 周小进,杨帆. 中国南方新元古代—早古生代构造演化与盆地原型分析[J]. 石油实验地质,2007,29(5):445-451.
- [7] 武蔚文. 贵州东部若干古油藏的形成和破坏[J]. 贵州地质,1989,6(1):9-25.
- [8] 韩世庆,王守德,胡卫元. 黔东麻江古油藏的发现及其地质意义[J]. 石油与天然气地质,1982,3(4):316-327.
- [9] 陶树,汤达祯,李风,等. 黔中隆起北缘金沙岩孔古油藏特征及成藏期次厘定[J]. 中国矿业大学学报,2009,38(4):576-581.
- [10] 薛秀丽,赵泽桓,赵培荣. 黔中隆起及周缘下组合古油藏和残余油气藏研究[J]. 南方油气,2007,20(1/2):6-11,19.

- [11] 杨平,汪正江,贺永忠,等. 贵州仁怀震旦系灯影组古油藏成藏条件及油气地质意义[J]. 地质通报,2012,31(11):1894 - 1901.
- [12] 马永生,牟传龙,郭旭升,等. 四川盆地东北部长期沉积特征与沉积格局[J]. 地质论评,2006,52(1):25 - 29.
- [13] 赵宗举,冯加良,陈学时,等. 湖南慈利灯影组古油藏的发现及意义[J]. 石油与天然气地质,2001,22(4):114 - 119.
- [14] 赵泽恒,张桂权,薛秀丽. 黔中隆起下组合古油藏和残余油气藏[J]. 天然气工业,2008,28(8):39 - 42.
- [15] 邱蕴玉,徐濂,黄华梁. 威远气田成藏模式初探[J]. 天然气工业,1994,14(1):9 - 13.
- [16] 梁狄刚,郭彤楼,陈建平,等. 中国南方海相生烃成藏研究的若干新进展(一)[J]. 海相油气地质,2008,13(2):1 - 16.
- [17] 罗啸泉,郭东晓,蓝江华. 威远气田震旦系灯影组古岩溶与成藏探讨[J]. 沉积与特提斯地质,2001,21(4):54 - 60.
- [18] 郭旭升,郭彤楼,黄仁春,等. 普光 - 大元坝大型气田储层发育特征与预测技术[J]. 中国工程科学,2010,12(10):82 - 90.
- [19] 胡东风. 川东北元坝地区隐蔽气藏的勘探突破及意义[J]. 天然气工业,2010,30(8):9 - 12.
- [20] Hwang R S, Teerman S, Carlson R. Geochemical comparison of reservoir solid bitumens with diverse origins[J]. Organic Geochemistry, 1998,29:505 - 518.

Discovery of Cambrian Carbonate Platform Margin Shoal in the Southeastern Margin of Upper Yangtze Platform and Its Geological Significance—Example from Shiqian-Cengong Area of Guizhou Province

HE Yong-zhong¹, CHEN Hou-guo¹, XIE Yuan², ZHAO Lei¹, ZHU Xun¹, YI Cheng-xing¹, AN Ya-yun¹

(1. Guizhou Geological Survey, Guiyang, Guizhou 550018, China; 2. Chengdu Center of Geological Survey, China Geological Survey, Chengdu, Sichuan 610081, China)

Abstract: In the study area of Shiqian-Cengong, by using a set of methods including stratigraphic profile measuring, regional geological survey, and rock-mineral identification, we found the strata from late Qiongdongian to Furongian of Cambrian were marked by a succession from oolite shoal carbonate rocks to algae carbonate rocks of platform margin. By means of stratigraphic division and correlation, the lithostratigraphic frameworks were established, the sedimentation paleogeographic patterns of platform, slope and basin were reproduced, and the evolution process of establishment, development and decline of carbonate platform started from late Qiongdongian of Cambrian were studied. Through physical property analysis of carbonate rocks with a large number of intergranular pores, intercrystal pores and miarolitic cavities on the platform margin shoal, we found these carbonate rocks could be favorable oil and gas reservoir. These achievements would provide new information and clues for searching concealed oil and gas in platform margin shoal at Eastern Guizhou and even southern regions of China.

Key words: Cambrian; carbonate sedimentary environment, platform margin shoal; oil and gas reservoir; Shiqian-Cengong of Guizhou province