

## 黔东南凯里—麻江—丹寨地区 奥陶系红花园组古岩溶储层特征

谈永<sup>1,2</sup>, 梁彬<sup>1,2</sup>, 曹建文<sup>1,2</sup>, 张庆玉<sup>1,2</sup>

(1 中国地质科学院岩溶地质研究所; 2 国土资源部广西岩溶动力学重点实验室)

**摘要** 黔东南凯里—麻江—丹寨地区(构造上位于黔南坳陷东北部)下奥陶统红花园组为一套生物碎屑灰岩。该区已发现的麻江古油藏尚未取得油气勘探进展。对区内多处露头剖面中一下奥陶统进行了宏观勘查和采样以及岩样微观薄片分析,证实该套地层曾发生古岩溶作用,并可识别出埋藏岩溶和风化壳岩溶两类古岩溶作用。基于这些岩溶剖面的对比分析,发现古风化壳岩溶受早中奥陶世古隆起及剥蚀时间控制,主要发育于古隆起区麻江古油藏一带,而其它地区为埋藏岩溶。认为古风化壳岩溶形成大量溶蚀孔洞缝,为红花园组提供了优质储层条件。此外在中一下奥陶统大湾组碎屑岩覆盖下的红花园组碳酸盐岩也可以发生埋藏岩溶并形成较好的岩溶型储层。红花园组在黔南坳陷东北部的油藏大多有过暴露或破坏。认为在坳陷西南部寻找古隆起区附近的上述两类储层应是油气勘探方向。

**关键词** 黔东南地区; 黔南坳陷; 奥陶系; 红花园组; 古风化壳; 岩溶作用; 岩溶型储层; 储层特征

**中图分类号**: TE112.23      **文献标识码**: A

自20世纪80年代在黔东南地区发现麻江古油藏<sup>[1]</sup>以来,众多地质和石油的科研与生产单位加大了对该地区的油气地质研究<sup>[1-5]</sup>,但是至今未有突破,因此还需要转变思路,加大对该地区的研究力度。

奥陶系古岩溶储层在塔里木盆地和鄂尔多斯盆地为主要油气产层,前人对于上述盆地奥陶系的古岩溶作用研究较成熟<sup>[6-8]</sup>。而在黔东南凯里—麻江地区,地质剖面上的中一下奥陶统常与上覆志留系呈假整合接触,奥陶系也存在暴露,因此应具有古岩溶储层形成的条件。前人曾对奥陶系这套储层有过一定研究,林家善等<sup>[4-5]</sup>就对储层沉积环境、储层类型、物性特征、储层分布等方面以及古油藏中烃的来源有过相关论述,但在储层分布与古岩溶作用关系方面只是有所提及而并未深入研究。本区古岩溶作用范围和程度,岩溶作用机理以及对储层分布的控制等也还没有人深入研究过。

基于以上原因,本文在黔南坳陷凯里、麻江、都匀、丹寨等地对多个奥陶系露头剖面进行了实测地

质调查,并着重对奥陶系古岩溶作用进行调查研究,结合黔山1井钻井剖面,展开多剖面的古岩溶发育对比分析,探讨了古岩溶发育的特征及对奥陶系红花园组储层分布的控制机理,以期认识红花园组优质储层的发育、分布规律,从而指导油气勘探。

### 1 地质背景

本研究区位于黔东南苗族侗族自治州凯里—麻江—丹寨一带,构造上位于黔南坳陷东北部(图1)。该地区在早奥陶世红花园期(O<sub>1h</sub>)沉积了一套台地边缘浅滩相的含生物碎屑灰岩。早—中奥陶世大湾期(O<sub>1-2d</sub>)沉积了一套大湾组陆棚相紫红色泥岩、泥质灰岩,覆盖于红花园组之上。其后研究区由于受加里东末期都匀运动影响<sup>[9]</sup>,早—中奥陶世沉积的地层被抬升至地表,遭受剥蚀,局部地区大湾组已全部被剥蚀,对红花园组也产生了溶蚀作用。直到早志留世才重新被海水覆盖接受沉积,沉积的下志留统翁项组灰绿色及深灰色页岩、石英砂岩假整合于中—

收稿日期: 2012-07-30; 改回日期: 2012-09-17

本文为国家地质调查项目“雪峰山西侧海相油气地质调查及综合研究工作”(项目编号: 1212010782003)部分成果

谈永: 1986年生, 硕士, 研究实习员。2011年成都理工大学沉积地质研究院硕士学位毕业。主要从事沉积地质与古岩溶油气地质研究。通讯地址: 541004 广西桂林市七星路50号; 电话: (0773)5850153

下奥陶统大湾组之上。在经历多次构造运动后,该套地层现今在凯里—麻江—都匀一带再次出露。

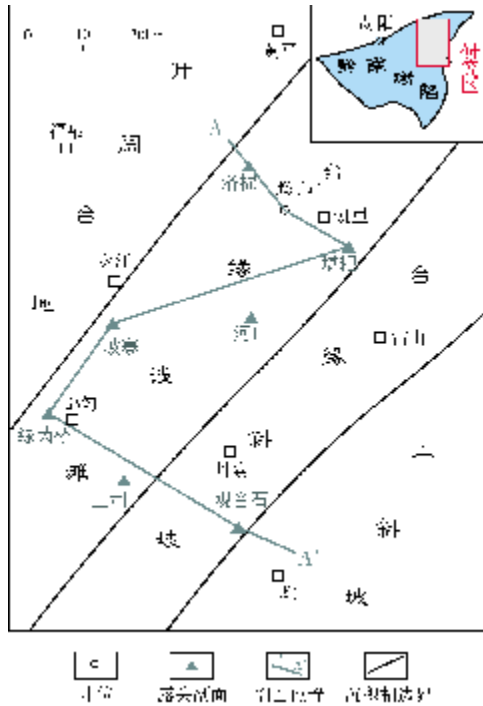


图1 研究区位置与沉积相分布图(据文献[4],有修改)

本文重点选择在凯里洛棉和堪把、丹寨河口和观音石、麻江坡寨、都匀绿茵桥等六地(图1)对上述地层进行了剖面实测或观测研究,并在凯里洛棉剖面对红花园组岩石进行连续采样,共计采样15块,然后对其储集物性进行了测试分析。对其余剖面则着重宏观岩溶现象描述与岩溶缝洞测量。

## 2 古岩溶存在的证据

古岩溶的定义很多,既有狭义的也有广义的<sup>[1,6-7,9-10]</sup>。狭义上是指地质历史时期成岩后的岩石,由于构造运动后,被重新暴露地表,在表生风化期受地表水、地下水作用而发生的溶蚀,即风化壳岩溶。广义上还包括埋藏岩溶、深部岩溶等。以此为依据,结合区域地质背景以及前人的研究<sup>[1-4]</sup>,在对露头剖面分析后认为,本区红花园组中存在两类古岩溶作用,即古风化壳岩溶和埋藏岩溶,证据如下。

(1)在麻江地区,下奥陶统红花园组与下志留统翁项组之间为平行不整合面,缺少大湾组,说明其间存在地层剥蚀。同时,在整合面附近发现了一层1.5m

厚的风化黏土残积层,部分地区志留系底部还发现了底砾岩。这些都证明了都匀运动对该地区有影响,从而产生了溶蚀作用。

(2)在麻江、丹寨等地,红花园组中发现大量溶孔和溶洞(图2),一些溶洞大者可以达到洞径1m,这样规模的溶洞是风化壳期岩溶的产物。根据前人对红花园组洞穴充填物(半充填自形方解石)碳氧同位素测定结果<sup>[4]</sup>来看,充填物为淡水方解石。这也再次证明了大气降水对红花园组产生了古风化壳岩溶作用。



岩溶洞内被岩溶角砾岩及沥青全充填。角砾成分为灰岩,与基岩一致

图2 丹寨河口红花园组风化壳溶洞特征

(3)在研究区内多条剖面上发现志留系底部发育有底砾岩,与中—下奥陶统大湾组呈假整合接触(图3),证明了大湾组曾遭受了强烈的风化剥蚀。但位于其下的红花园组是否也发生了岩溶呢?在有较厚大湾组存在的凯里洛棉剖面发现一溶洞,洞宽近3m(图4a),溶洞底部发现铁质氧化层和皮壳层,溶洞充填物为灰色和灰绿色泥质粉砂岩(图4b)。这表

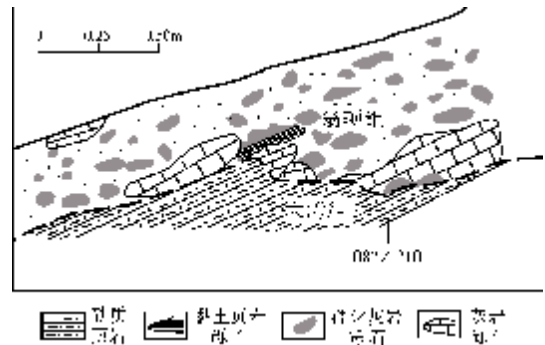
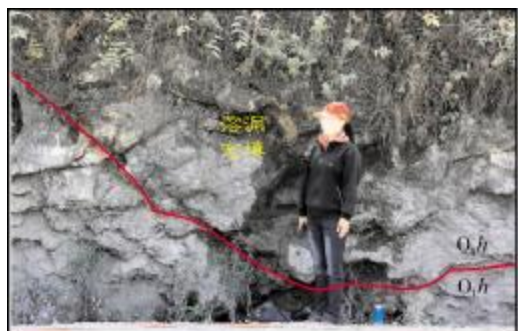


图3 都匀王司中—下奥陶统大湾组与下志留统翁项组之间的假整合接触特征



(a) 发育的溶洞。红线为溶洞边界，溶洞宽近3m



(b) 溶洞内充填灰绿色泥质粉砂岩，发育皮壳层及铁质氧化层

图4 凯里洛棉红花园组溶洞特征

明尽管洛棉剖面红花园组上有厚达百余米的大湾组碎屑岩覆盖,但红花园组确实也发生过岩溶作用。由于红花园组之上的大湾组碎屑岩分布较厚,故本文认为这里的岩溶应属于埋藏岩溶的产物。

### 3 古岩溶发育特征

在对黔南地区多个露头剖面研究后发现,古岩溶作用在不同剖面反映出不同的溶蚀强度,具有地域差异性。因此,为了找出古岩溶发育的客观规律,本文按红花园组之上是否存在大湾组碎屑岩作为划分依据,将各岩溶剖面分为两类:埋藏岩溶剖面 and 古风化壳岩溶剖面。经分析各剖面的古岩溶发育特征,并结合已有的黔山1井钻井资料,最后进行了黔东南凯里—麻江—丹寨地区红花园组古岩溶发育剖面横向对比(图5)。

通过横向对比,发现黔东南地区的古岩溶可按其发育特征分为古风化壳岩溶和埋藏岩溶两类地区。

古风化壳岩溶区 凯里堪耙、麻江坡寨、丹寨河口及都匀绿茵桥均位于该区域,尤其以麻江坡寨、丹寨河口为典型。按风化壳岩溶的垂向溶蚀特征,自上至下可分为地表残积带、垂向渗流带、水平潜流带及

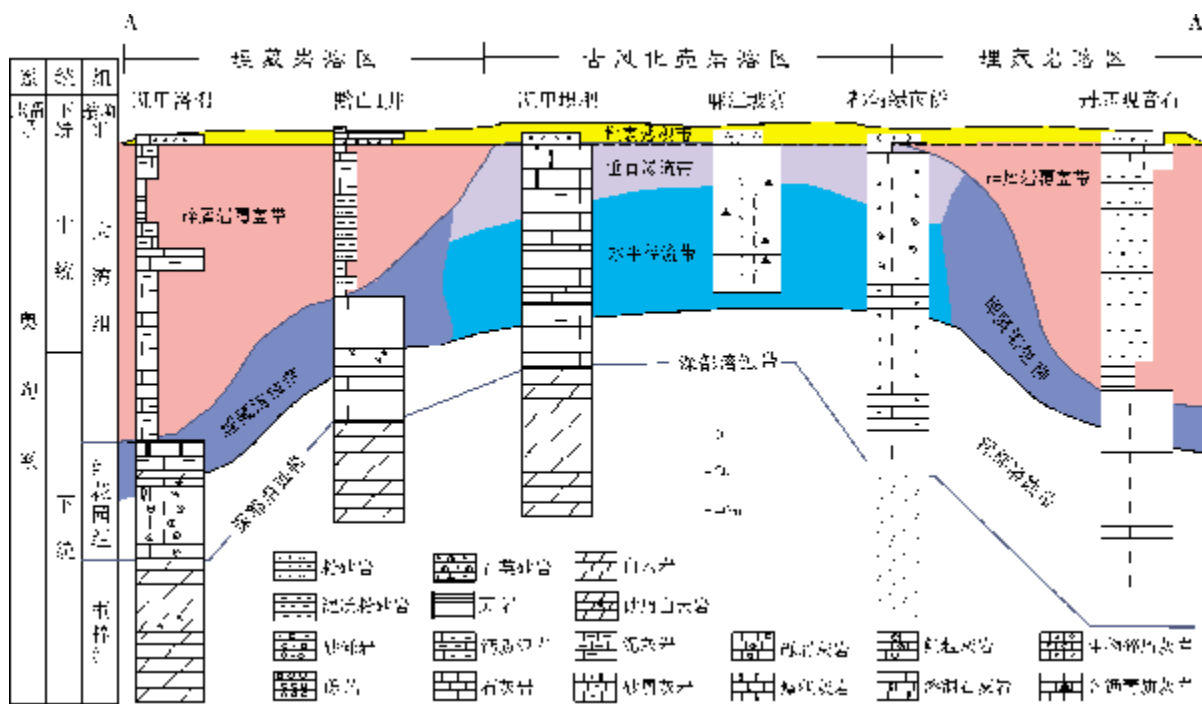


图5 黔东南凯里—麻江—丹寨地区下奥陶统红花园组古岩溶发育剖面图

A—A'剖面位置见图1

深部岩溶带。在麻江地区,因属于古背斜核部<sup>[1]</sup>,为古隆起区域,风化剥蚀较为严重,大湾组已被完全剥蚀(图6),从而红花园组发生了风化壳岩溶,形成大量溶蚀孔洞<sup>[4]</sup>。地表残积带主要表现为红花园组与志留系底部的黏土岩、底砾岩接触,厚度较薄,为0~3m。垂向渗流带在本区不很发育,该带主要以上覆地层的渗流砂泥岩充填于红花园组小型裂缝为特征,处于风化壳面下10~20m。水平径流带在麻江坡寨、丹寨河口、都匀绿茵桥较为发育,溶洞是该带发育的特征,其影响深度为风化壳面下20~80m。深部溶蚀带溶蚀较弱。

埋藏岩溶区 位于古隆起区两翼斜坡,凯里洛棉、黔山1井及丹寨观音石位于此区域,主要以红花园组碳酸盐岩之上发育厚层大湾组碎屑岩为特征。都匀运动使得大湾组碎屑岩暴露,与风化壳岩溶区一样,产生了风化作用,形成了风化残积带。此外,与古风化壳岩溶区不同的是,大湾组碎屑岩为隔水层,大气降水不能直接对下部红花园组溶

蚀。但该地区接近古风化岩溶区,大气淡水从风化壳岩溶区进入地下径流带后,侧向流向埋藏岩溶区,发生顺层岩溶作用,从而对大湾组碎屑岩覆盖下的红花园组产生溶蚀。由于大湾组碎屑岩为隔水层,因此流水将沿通天断裂以上升泉的形式回到地表,形成排泄。这类溶蚀深度较深,为不整合面下100~150m,可惜的是这样的溶蚀作用范围较窄,仅在碎屑岩与碳酸盐岩接触带发生。因此埋藏岩溶区的溶蚀作用明显弱于古风化壳岩溶区,这也是麻江地区为何有大量的溶洞,而在丹寨观音石及黔山1井没有大型溶洞(仅在凯里洛棉剖面发现一个溶洞)的原因。

总结以上分析,可以发现古隆起的存在以及长时间的暴露剥蚀是红花园组古风化壳岩溶形成的决定因素。而在隆起区两翼,地层抬升较少,因此大湾组被剥蚀掉的地层较薄,红花园组未被暴露,仅发生埋藏岩溶(图6),从溶洞发育程度可以发现,埋藏岩溶区的溶蚀程度明显弱于古风化壳岩溶区。

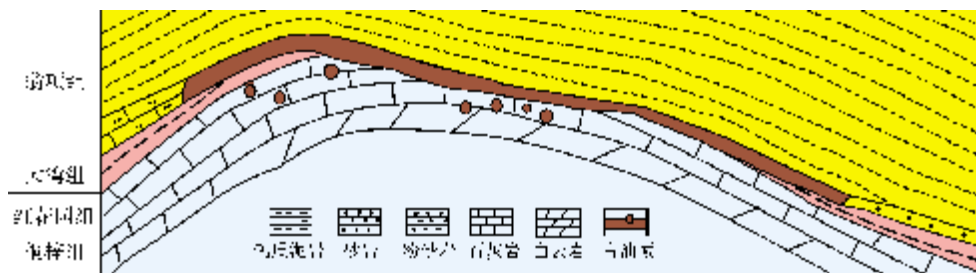


图6 麻江地区红花园组古油藏发育模式图(据文献<sup>[1]</sup>,略有修改)

#### 4 岩溶储层特征

下奥陶统红花园组储层主要分布在黔南凯里、都匀地区,面积较大<sup>[11]</sup>。主要储层岩石有微—泥晶灰岩、生物碎屑灰岩(图7a)、砂屑灰岩、砾屑灰岩、白云质灰岩及粉—细晶白云岩(图7c)等。

对凯里洛棉、麻江坡寨等地实地调查及采集样品进行显微分析后,发现有下列几类储集空间:溶缝(图7a)、溶蚀孔洞(图7b)、晶间孔(图7c)、粒间溶孔(图7d)等。溶蚀孔洞在黔东南地区红花园组中较常见,尤其是在风化壳岩溶区的凯里堪耙、麻江坡寨、丹寨河口、都匀绿茵桥等地发现了大量被沥青充填的溶洞,洞径大者达1m,一般也具有2~10cm(图2),是优质的储集空间。然而在埋藏岩溶区,仅在凯里洛棉发现一个溶洞(图4),溶洞被碎屑黏土全充

填,无储集意义。显微镜下,在洛棉剖面的岩石中发现一些粒间溶孔及白云石晶间孔、晶间溶孔,应具有一定的储集意义,但显然逊于麻江、丹寨等地的溶洞、溶缝。值得注意的是,生物碎屑灰岩中生物碎屑间孔隙较少,多被胶结,储集空间较少,但后期的裂缝及沿缝的溶蚀作用形成的孔缝改善了储层。

为了进一步认识埋藏岩溶区奥陶系红花园组的储集性,在凯里洛棉剖面上选取了15块样品,其中3块为白云岩和灰质白云岩(采于剖面下部),7块为颗粒灰岩和生物碎屑灰岩(剖面中、上部),5块为泥晶灰岩(剖面上部)。测试它们的物性,结果发现孔隙度变化在0.2%~6.5%之间,渗透率为 $(0.05\sim 0.71)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ (图8)。73.3%样品的孔隙度小于2%(图9),93.3%的样品渗透率小于 $0.1\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ (图8),这说明洛棉剖面红花园组储层本身的孔渗性较差。

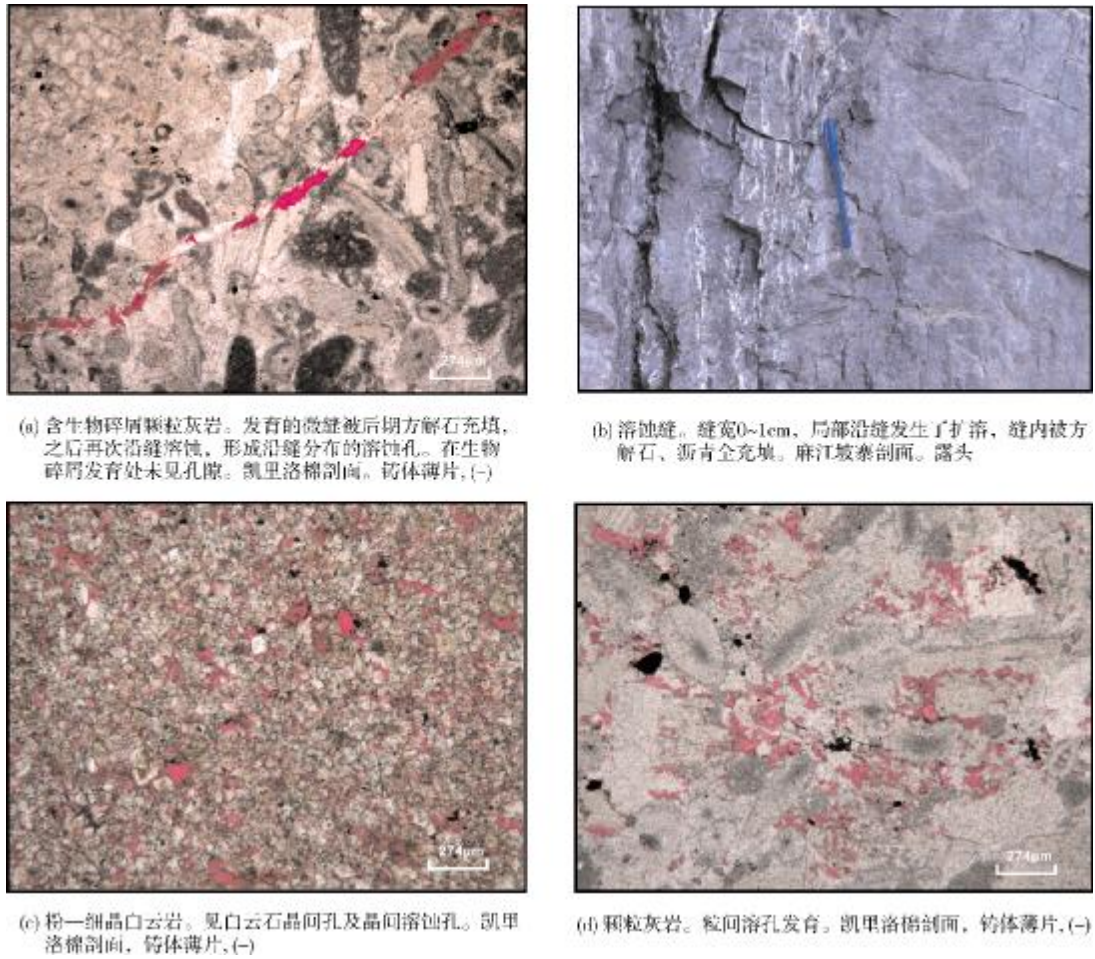


图 7 黔东南地区下奥陶统红花园组储集空间类型

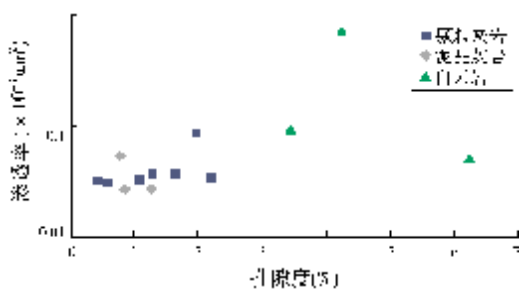


图 8 凯里洛棉下奥陶统红花园组岩石孔隙度—渗透率相关图

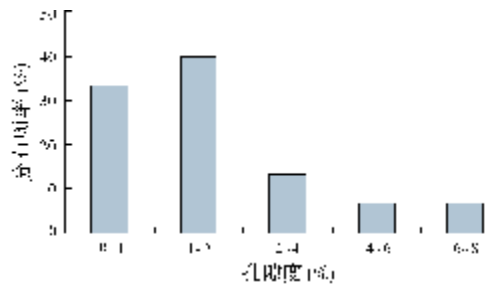


图 9 凯里洛棉下奥陶统红花园组岩石孔隙度分布频率直方图

值得注意的是,若从储层岩石类型来看,发现白云岩储层的孔隙度在 3.43%~6.26%,要明显好于泥晶灰岩及颗粒灰岩(图 8)。分析其原因,发现是白云岩的晶间孔发育,尤其是晶间溶蚀孔发育,改善了储层(图 7d),由此看来,虽然埋藏岩溶期的溶蚀作用不及风化壳岩溶期,但溶蚀作用对红花园组储层肯定具有明显的改善作用。

## 5 黔南坳陷优质古岩溶储层发育带及勘探方向

经研究认为,风化壳岩溶期形成的溶蚀孔、洞、缝是优质的储集空间,麻江古油藏就是发育在这类储层中。但黔东南地区风化壳岩溶期的岩溶作用主要发生于古隆起核部地区,在两翼和非隆起区因为

红花园组的上覆大湾组剥蚀程度不够,红花园组未形成大规模溶蚀孔洞。因此应加大地震勘探部署,在古隆起区寻找优质岩溶储层。

其次,在埋藏岩溶区,大湾组碎屑岩与下伏红花园组碳酸盐岩接触带的溶蚀储层,储集性虽不及风化壳岩溶区,但该带内也可以发育少量溶蚀孔洞,形成较好的储层,因此寻找这类储层也是一个勘探方向。

研究区由于受后期构造影响,奥陶系已被剥蚀出露于地表,盖层缺失,发现的油藏也是被破坏了的古油藏,因此,应把勘探重点放到覆盖较好的黔南坳陷西南部。

## 6 结 论

(1)黔东南凯里—麻江地区发育了两类古岩溶,即埋藏岩溶和古风化壳岩溶。

(2)麻江地区为古风化壳岩溶区,而位于其北的洛棉地区和东南的丹寨观音石地区为埋藏岩溶区。古风化壳岩溶发育于大湾组碎屑岩完全被剥蚀的地区,因此古隆起以及长时间的剥蚀决定了古风化壳岩溶作用的强弱。

(3)在古风化壳岩溶区,风化壳岩溶作用形成的大量溶蚀孔洞缝为红花园组提供了优质储层条件。在埋藏岩溶区,大湾组碎屑岩下部与红花园组碳酸盐岩的接触带也具有发育溶洞的可能。对这些储层空间的分析表明,该地区曾发生过溶蚀作用,形成了溶蚀孔缝,改善了该地区的储集性,因此这些地区也

可成为较好的储层发育区。

(4)黔南坳陷西南部下奥陶统红花园组古隆起上的风化壳溶蚀区,或碎屑岩与碳酸盐岩接触带的埋藏溶蚀区,可作为油气勘探的一种目标区。

### 参 考 文 献

- [1] 韩世庆,王守德,胡惟元. 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): 316-324.
- [2] 高波,沃玉进,周雁,等. 贵州麻江古油藏成藏期次[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(3): 418-423.
- [3] 刘劲松,马昌前,王世明,等. 麻江古油藏原生水晶中固体沥青包裹体的发现及地质意义[J]. 地质科技情报, 2009, 28(6): 39-44.
- [4] 林家善. 黔南坳陷麻江古油藏储层特征评价[D]. 成都:成都理工大学, 2008.
- [5] 林家善,谢渊,刘建清,等. 再论“麻江古油藏”烃源岩. 地质科技情报, 2011, 30(6): 105-109.
- [6] 张锦泉,陈洪德,刘文均,等. 鄂尔多斯盆地奥陶系沉积、古岩溶及储层特征[M]. 成都:成都科技大学出版社, 1993.
- [7] 夏日元,唐建生,邹胜章,等. 碳酸盐岩油气田古岩溶研究及其在油气勘探开发中的应用[J]. 地球学报, 2006, 27(5): 503-509.
- [8] 陈学时,易万霞,卢文忠. 中国油气田古岩溶与油气储层[J]. 沉积学报, 2004, 22(2): 245-253.
- [9] 余开富,王守德. 贵州南部的都匀运动及其古构造特征和石油地质意义[J]. 贵州地质, 1995, 12(3): 225-232.
- [10] 任美镠,刘振中. 岩溶学概论[M]. 北京:商务印书馆, 1989.
- [11] 周明辉,梁秋原. 黔中隆起及其周缘地区“下组合”油气地质特征[J]. 海相油气地质, 2006, 11(2): 17-24.

编辑:赵国宪

## Characteristics of Ordovician Honghuayuan Paleokarst Reservoir in Kaili-Majiang-Danzhai Area, Southeastern Guizhou

Dan Yong, Liang Bin, Cao Jianwen, Zhang Qingyu

**Abstract:** The Lower Ordovician Honghuayuan Formation is a set of bioclastic limestone strata distributed in Kaili-Majiang-Danzhai area (in the northeastern part of Qiannan Depression), southern Guizhou. Petroleum exploration is not advancing yet in the discovered Majiang oil-bearing paleoreservoir in this area. On the basis of observing and sampling from Middle to Lower Ordovician outcrops and comparative analysis of thin sections of these samples, it is proved that paleo-karstification, in which both of burial karstification and weathering-crust karstification can be identified, was subjected in this set of limestone strata. According to comparing with these karstified outcrops, it is indicated that the weathering crust karst mainly develops in the Majiang oil-bearing paleoreservoir in the uplift area where it was controlled by uplifting and erosion during Early Ordovician period and the burial karstification develops in other areas except the uplift area. Dissolved pores, holes and joints are abundant in the weathering crust karst zone and the karstification provides a nice condition of forming excellent reservoir for Honghuayuan carbonate rock. Besides, the Honghuayuan carbonate rock that is overlapped by Middle to lower Ordovician Dawan clastic rock may become a good karst reservoir if it was subjected by burial karstification. The other Honghuayuan reservoirs were ever exposed and destroyed in northeastern part of Qiannan Depression. It is suggested that the direction of petroleum exploration should be put to these Honghuayuan paleokarst reservoirs near the paleo-uplift in the southwestern part of Qiannan Depression.

**Key words:** Ordovician; Honghuayuan Formation; Weathering crust; Karstification; Karst reservoir; Reservoir characteristics; Qiannan Depression; Southeastern Guizhou

**Dan Yong:** male, Research Assistant. Add: Institute of Karst Geology, CAGS, 50 Qixing Rd., Guilin, Guangxi, 541004, China