

# 川东南地区茅口组地质特征浅析

樊佳莉

中石化江汉石油工程有限公司页岩气开采技术服务公司 湖北武汉 430223

**摘要:** 川东南地区茅口组风化壳岩溶储层是碳酸盐岩油气最为重要的储集类型之一。通过调研前人对四川盆地东南部二叠系茅口组的层序特征、油气成藏特征、岩相古地理特征等方面的研究成果,结合川东南地区涪陵页岩气田焦石坝区块钻井、录井等实测资料,从茅口组沉积特征、缝洞岩溶储层特征入手,浅析川东南地区茅口组地质特征,以期对油气勘探提供参考借鉴。<sup>[1]</sup>川东南地区茅口组油气地质条件良好,茅口组一段及二段下部低能环境的黑色灰岩具有良好的生烃条件,为调研区最具影响的烃源岩;川东南地区下二叠统茅口组属于碳酸盐岩台地沉积体系,其沉积相类型可进一步划分为浅水开阔台地、较深水开阔台地、台地边缘浅滩、台内滩和台地前缘斜坡相;其古岩溶储层可划分为四种类型:沉积期(层间)岩溶、风化期(表生)岩溶、埋藏期岩溶及褶皱期岩溶,其中风化期(表生)岩溶、褶皱期岩溶发育规模较大,为茅口组油气勘探重点。

**关键词:** 川东南地区;茅口组;地质特征

## Geological characteristics of Maokou Formation in southeast Sichuan

Jiali Fan

Sinopec Jiangnan Petroleum Engineering Co., LTD. Shale gas exploitation Technology Service Company, Hubei Wuhan 430223

**Abstract:** The weathered karst reservoir of the Maokou Formation in the southeastern Sichuan region is one of the most important reservoir types for carbonate oil and gas. Based on previous research on the stratigraphic characteristics, hydrocarbon accumulation features, and lithofacies paleogeographic characteristics of the Permian Maokou Formation in the southeastern part of the Sichuan Basin, combined with drilling and logging data from the Jiaoshiba Block in the Fuling Shale Gas Field in the southeastern Sichuan region, this paper analyzes the sedimentary characteristics and fractured-cavity karst reservoir features of the Maokou Formation, aiming to provide references for oil and gas exploration. In the southeastern Sichuan region, the geological conditions for oil and gas in the Maokou Formation are favorable. The black-gray limestone of the lower part of the first and second members of the Maokou Formation in a low-energy environment has good hydrocarbon generation conditions and is the most influential source rock in the study area. The Lower Permian Maokou Formation in the southeastern Sichuan region belongs to a carbonate platform sedimentary system, and its sedimentary facies can be further divided into shallow-water open platform, deeper-water open platform, platform margin shoal, platform interior shoal, and platform margin slope facies. The paleokarst reservoirs can be divided into four types: sedimentary (interbedded) karst, weathering (exposure) karst, burial karst, and folding-related karst. Among them, weathering (exposure) karst and folding-related karst are the main targets for oil and gas exploration in the Maokou Formation.

**Keywords:** Southeast Sichuan; Maokou Formation; Geological feature

### 一、地质背景

四川盆地为中国西南部重要的含油气盆地,地处扬子准地台偏西北一侧,为扬子准地台次一级构造单元<sup>[2]</sup>。富油气的川东南地区属于扬子准地台的三级大地构造单元,构造主体区位于四川盆地川东弧形高陡褶皱带和川南帚状褶皱带南部的低陡褶皱区。川东南地区下二叠统发育良好,厚 119~508m,平均 237m,岩性以灰黑-深灰色厚层块状灰岩为主。茅口早期上扬子地台基本被海水淹没,四川盆地全面下沉,造成生物富集;茅口期继承了栖霞期海侵的原貌,海侵主要来自东南方向;茅口晚期上扬子盆地地壳隆起,受到海水退却影响,上、下二叠统间的沉积间断<sup>[3]</sup>。茅口组灰岩暴露地

表,受到大气水侵蚀影响,厚度从东南向西北逐渐减薄,同时其顶部展布张裂缝。晚二叠世海侵时期,沉积形成数十米厚的龙潭组泥页岩地层,溶蚀形成孔洞缝系统,富集大量生物化石、有机质,形成良好的油气成藏条件。

### 二、茅口组地质特征

油气早期运移的有利指向区主要为川东南地区加里东期乐山-龙女寺古隆起的东南缘下斜坡带及印支期泸州古隆起的东南斜坡,川东南地区海相层系油气地质条件良好。

#### 2.1 烃源岩生气条件

烃源岩条件是影响盆地或区带油气潜力的决定因素。大部分川东南地区下二叠统为生物发育的浅海沉积,有机质丰

富, 转化条件良好。茅口组一段及二段下部低能环境的黑色灰岩具有优良的生气条件, 为该区最具影响的生气源岩。川东南地区的烃源岩对比分析显示: 龙潭组、茅口组为一类烃源岩, 志留系、栖霞组、长兴组为二类烃源岩; 依据烃源岩厚度, 志留系、茅口组最佳; 从生烃强度分析, 志留系最佳, 其次为茅口组, 龙潭组、栖霞组。川东南地区茅口组生烃中心为通南巴构造带两端。

### 2.2 储集条件

川东南地区下二叠统厚 280~380 m, 平均孔隙度 0.98%, 渗透率  $0.1 \times 10^{-5} \text{um}^2$ , 为自生自储与下生上储的复合性裂缝气藏; 产气主要源于茅二一茅四段石灰岩及生物碎屑灰岩。川东南地区主要储渗空间为裂缝和溶蚀孔洞, 茅口组气藏储层分布主要受控于古岩溶作用及断层和裂缝的发育, 该地区茅口组的储集空间类型以溶洞为主, 使得钻井工程施工过程中常见钻具防空间、井喷、井漏等现象出现。

### 2.3 盖层条件

自加里东运动以来, 川东南地区沉积了巨厚的海相碳酸盐岩和陆相碎屑岩。本区二叠系碳酸盐岩孔隙度小, 岩性致密, 渗透率低, 物性较差, 主要为裂缝性气藏, 裂缝连通性差。茅口组气藏的直接盖层为龙潭组致密微晶灰岩、泥岩; 区域性间接盖层为  $T_{1j}^2$  和  $T_{2j}^3 \sim T_{1j}^4$  上部的硬石膏和盐岩。

## 三、茅口组沉积相特征

### 3.1 沉积相类型

目前, 罗鹏等认为四川盆地茅口组沉积相主要为开阔台地沉积环境, 而陈宗清则认为是碳酸盐岩缓坡沉积环境<sup>[4]</sup>; 此外, 部分学者通过研究该区岩石学特征、构造特征、生物化石等沉积相标志, 参考威尔逊碳酸盐沉积相模式, 将下二叠统茅口组定为碳酸盐岩台地沉积体系, 并将其划分为浅水开阔台地、较深水开阔台地、台地边缘浅滩、台内滩和台地前缘斜坡等<sup>[5]</sup>。详见下表。

表 四川盆地茅口组碳酸盐岩台地相类型

相	亚相	主要岩性特征
浅水 开阔 台地	台内滩	深灰色、深灰褐色、灰黑色泥质灰岩、泥灰岩、
	潮下	泥-粉晶灰岩, 含藻屑生物屑泥晶灰岩, 偶含燧石结核

较深		
水开		深灰色、灰黑色泥质灰岩、泥灰岩、
阔台	/	硅质灰岩
地		

台地	台缘	灰褐色、浅灰褐色、浅灰色亮晶藻
边缘	(生屑)	屑生物屑灰岩, 亮晶藻
浅滩	滩滩间	屑生物屑白云岩, 残余生物屑灰质白云岩, 偶含燧石结核

台地	上斜	灰色、深灰色、灰黑色燧石结核灰
前缘	坡、下	岩, (含)生物屑藻屑泥晶灰岩, 泥
斜坡	斜坡	质灰岩

碳酸盐岩台地相为浅水环境中的碳酸盐沉积, 在茅口组地层中较为发育, 研究区碳酸盐岩台地相包括浅水开阔台地相、较深水开阔台地相和台地边缘浅滩相。

### 3.2 沉积相演化

由于地壳频繁出现震荡和古气候旋回性变化, 下二叠世栖霞晚期至茅口组形成三次海侵—海退旋回。茅一上段的沉积时期为海退时期, 沉积水体逐渐变浅。茅一段沉积后, 经过短暂沉积间断, 再次发生了一次四级海侵—海退作用。茅二下段沉积时期为海侵阶段, 此次海侵达到整个茅口期的顶峰, 海平面相对较高, 海水由南向北侵入, 茅二下段沉积末期—茅二上段沉积时期, 四川盆地因“川黔运动”影响, 形成了由台地相向台地前缘相过渡的沉积相。茅三段沉积时期为海侵时期, 研究区的北缘发育台地前缘斜坡和台地边缘相。茅四段沉积时期为海退时期, 在北缘发育的台地前缘斜坡和台地边缘相也向北转移, 茅口晚期未发生东吴运动, 上扬子地区构造活动剧烈, 碳酸盐台地部分裸露于海面以上, 茅口组顶部在区域上广泛受到剥蚀。

## 四、茅口组古岩溶特征

茅口组古岩溶储层的成岩作用以溶蚀为主。茅口组缝洞系统的储集空间主要包括溶洞和裂缝两大部分, 溶洞主要是在东吴期暴露形成的岩溶管道状洞穴系统, 被不同程度充填, 是缝洞系统的主要储集空间和渗流或流动通道, 裂缝主要是喜马拉雅期形成的构造缝, 具有较好的渗流通道, 可以将原来不连通的洞穴沟通起来。茅口期多期次海平面升降旋回, 茅三段、茅二段发育了多套高能滩相颗粒灰岩与低能致密泥晶灰岩互层, 在岩性岩相组合及垂向溶蚀孔缝的影响下, 发育形成高能滩相控层状岩溶带。

## 五、结论与认识

(1) 川东南地区茅口组油气地质条件良好。其中, 茅口组一段及二段下部低能环境的黑色灰岩具有良好的生烃条件, 为调研区最具影响的烃源岩; 茅口组储集空间主要为发育于大套致密灰岩中的缝洞岩溶储层; 茅口组气藏的直接盖层为P<sub>2</sub>l致密微晶灰岩、泥岩, 区域性间接盖层为T<sub>1j</sub><sup>2</sup>和T<sub>2</sub>l<sup>3</sup>~T<sub>1j</sub><sup>4</sup>上部的硬石膏和盐岩。

(2) 川东南地区下二叠统茅口组属于碳酸盐岩台地沉积体系, 其沉积相类型可进一步划分为浅水开阔台地、较深水开阔台地、台地边缘浅滩、台内滩和台地前缘斜坡相。

(3) 川东南地区茅口组风化期(表生)岩溶、褶皱期岩溶发育规模较大, 为茅口组油气勘探关注的重点。

(4) 钻探成果显示川东南地区茅口组存在独立发育的

岩溶缝洞型气藏, 具有较大的勘探潜力。

### 参考文献:

[1] 胡修权. 涪陵地区茅口组岩溶古地貌恢复及储层预测研究[D].成都理工大学, 2014.

[2] 赵正望. 川东南地区构造特征及其对油气成藏的控制作用[D].中国地质大学(北京), 2005.

[3] 邢浩婷, 邱琼, 刘明, 等. 四川盆地中二叠统茅口组岩相古地理特征研究[J].石油地质与工程, 2015, 115(4): 195-197.

[4] 陈宗清. 四川盆地中二叠统茅口组天然气勘探[J].中国石油勘探, 2007, 12(5): 1-11.

[5] 向娟, 胡明毅, 胡忠贵, 等. 四川盆地中二叠统茅口组沉积相分析[J].石油地质与工程, 2011, 25(1): 14-19.