

## 四川盆地北部中二叠统茅口组 碳酸盐岩斜坡沉积及其油气勘探意义

陈轩<sup>1</sup>, 赵宗举<sup>2</sup>, 高阳<sup>3</sup>, 刘银河<sup>4</sup>, 周慧<sup>4</sup>

(1 长江大学油气资源与勘探技术教育部重点实验室; 2 中国石油学会)  
(3 中国石油新疆油田公司勘探开发研究院; 4 中国石油勘探开发研究院)

**摘要** 在露头分析的基础上,结合钻井和地震资料,提出四川盆地中二叠统茅口组发育碳酸盐岩斜坡相沉积。其典型岩性为深灰色砾屑灰岩,砾屑成分以生物碎屑泥晶灰岩为主,局部地区见亮晶生物碎屑灰岩、造礁生物和重力滑动变形构造,砾径变化范围大;次要岩性为含钙屑油积岩的深灰色薄层泥晶灰岩。中二叠统从栖霞组开阔台地相到茅口组斜坡相的演化,说明茅口组沉积时期构造活动加强,导致盆地北部及其他区域都有可能发生相带的分异。茅口组地震剖面上的厚度由南向北明显增厚,且具有楔形反射的特征,印证了盆地北部斜坡相的南区发育有台地边缘高能相带,这一认识有利于对四川盆地茅口组构造-岩相古地理的重建以及有利相带和储层的预测。

**关键词** 茅口组; 斜坡相; 碳酸盐岩储层; 沉积特征; 沉积模式; 油气勘探

**中图分类号**: TE111.3; TE112.22

**文献标识码**: A

### 1 引言

四川盆地北部的露头和钻井资料揭示中二叠统发育白云岩储层。该地区在九龙山构造和河湾场构造(图1)的勘探效果较为明显,大部分钻井未钻遇有效储层或出气效果不好,其主要矛盾表现在沉积储层发育规律认识不清。前人研究认为四川盆地主体为碳酸盐台地沉积,盆地北部发育南秦岭洋盆,西部发育甘孜松潘海盆,但由于受资料和研究重点所限,学者们没有深入阐述深水盆地与碳酸盐岩台地之间的沉积情况<sup>[1-3]</sup>。有学者提出盆地北部中二叠统茅口组发育的岩性普遍为“眼球状灰岩”,其成因是由沉积作用和成岩作用综合所致,胶结物源于差异压实作用和物质的重新分配,沉积环境为较局限的或稍深水的台地<sup>[3-5]</sup>。也有学者提出盆地北部露头区或其他露头区茅口组发育的岩性为砾屑灰岩,而非“眼球状灰岩”,其沉积环境为较深水台地或斜坡<sup>[6-9]</sup>。还有

学者在对白云岩储层的认识基础上,提出盆地北部中二叠统栖霞组—茅口组白云岩储层的形成与高能相带密切相关<sup>[10-11]</sup>。总的看来,前人认识中存在的明确性给油气勘探带来了不确定性。

笔者从四川盆地北部大量露头资料分析入手,明确提出茅口组发育的主要岩性为砾屑灰岩,沉积具有典型的斜坡相特征,并结合地震资料,提出斜坡相区以南发育高能沉积相带。这一认识不仅提出了茅口组斜坡相典型的识别特征,而且也有助于认识该区中二叠世的构造活动规律,这可为指导该区的油气勘探提供有价值的参考。

### 2 斜坡相沉积特征

#### 2.1 茅口组地层厘定

四川盆地北部的中二叠统底部为梁山组,岩性为黑色碳质页岩、粉砂岩及石英细砂岩,厚约2~5m,

收稿日期: 2013-06-18; 改回日期: 2013-08-16

基金项目: 本文受青年科学基金项目“四川盆地二叠系热液白云岩储层地质模型研究”(编号: 41302119)及中石油科技创新基金项目“深层白云岩储层形成地质条件研究”(编号 2012D-5006-0105)联合资助

陈轩: 1983年生,副教授,2005年毕业于长江大学资源勘查工程专业,2011年在中国石油勘探开发研究院获博士学位。现主要从事沉积储层和油气田勘探相关的研究和教学工作。通讯地址: 430100 湖北武汉市蔡甸区

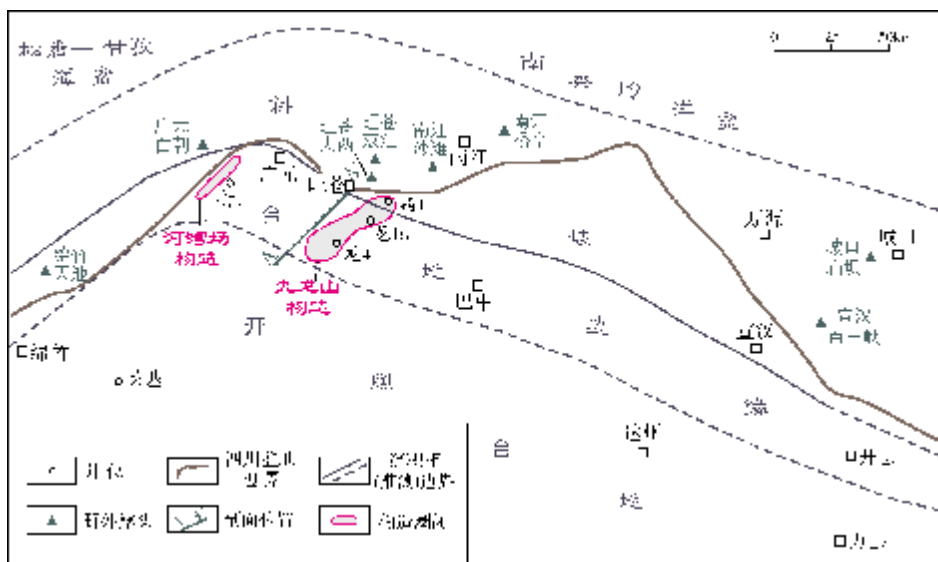


图 1 四川盆地北部中二叠统茅口组沉积相分布与资料点分布图

与下伏的志留系呈不整合接触。梁山组之上,为栖霞组,岩性为灰色薄泥晶生物碎屑灰岩、生物碎屑泥晶灰岩与亮晶生物碎屑灰岩,厚约50~70m。上覆的茅口组与栖霞组之间为连续沉积,岩性以灰色—深灰色砾屑灰岩为主,夹少量灰色薄—中层生物碎屑泥晶灰岩及泥晶灰岩,累计厚度50~150m。该段地层见大量 *Mesogondolella aserrata*、*M. postserrata*、*M. Nuchalin* 牙形石<sup>[12]</sup>。因此,通过中二叠统的露头岩性结构分析和牙形石鉴定,可以准确厘定茅口组。

## 2.2 斜坡相存在的证据

四川盆地北部露头区,茅口组最常见的岩性为砾屑灰岩,在广元白朝、旺苍双汇、旺苍大两、南江桥亭、城口庙坝和宣汉百里峡等剖面均有发育(图1),砾屑灰岩的厚度分布不等,在广元地区较厚(约150m),城口地区较薄(约50m)。砾屑的成分和直径在不同地区表现出一定的差异性,距离南部台地边缘较近的露头区,砾石以亮晶生物碎屑灰岩为主,直径变化范围较大(5~100 cm不等),如广元白朝和旺苍双汇露头区(图2a、2b,图3a);其它地区砾石成分以灰色泥晶生物碎屑灰岩为主,砾石大小相近(平均约20 cm),如旺苍大两、南江桥亭、城口庙坝的露头区等(图2c—2f、图3b、3c)。另外,本次研究在茅口组砾屑灰岩地层中发现了准同生滑动变形构造(图2c,图3b),在深灰色薄层泥晶灰岩中发现了钙屑浊积岩(图2g,图3d),这进一步说明了斜坡相的存在。

## 2.3 沉积模式

根据不同沉积物的特征可初步判别斜坡的大致位置。一般地,上斜坡的沉积含较多来自台地边缘的颗粒灰岩和造礁生物,其砾屑大小混杂(图2a、2b,图3a);中斜坡沉积以分选较好的砾屑灰岩为主(图2c—2e),局部可见滑动变形构造(图2c,图3b);下斜坡沉积以深灰色薄层状泥晶灰岩与灰黑色硅质岩不均匀互层夹薄层状钙屑浊积岩(泥晶砂屑灰岩)为主(图2g),局部可见斜坡坡度较大的上斜坡相沉积,其沉积物以砾屑棱角分明的砾屑灰岩为主,砾屑主要来自台地边缘相的颗粒灰岩(图2h)。

在此基础上,对过广元地区九龙山构造的二维地震剖面(图4)进行分析可以看出:茅口组总体为楔形反射(地层厚度由南向北逐渐增厚),南部连续性较好,地层较薄,解释为开阔台地相;中部(增厚区)连续性变差,解释为台地边缘相;北部受断裂活动影响,地震剖面品质较差,结合露头区砾屑灰岩发育的位置,解释为开阔台地—斜坡相的相变区。此外,在绵竹天池露头区发现茅口组发育厚层亮晶砂屑灰岩,且大规模白云石化,解释为台地边缘沉积(图5a、5b)。龙4井茅口组岩性揭示为泥亮晶生物碎屑灰岩(图5c),且发生白云石化作用(图5d),表明了高能相带的存在。

综合上述认识,可以初步厘定茅口组沉积相带的平面展布(如图1),并由此建立起四川盆地北部茅口组的沉积模式(图6)。

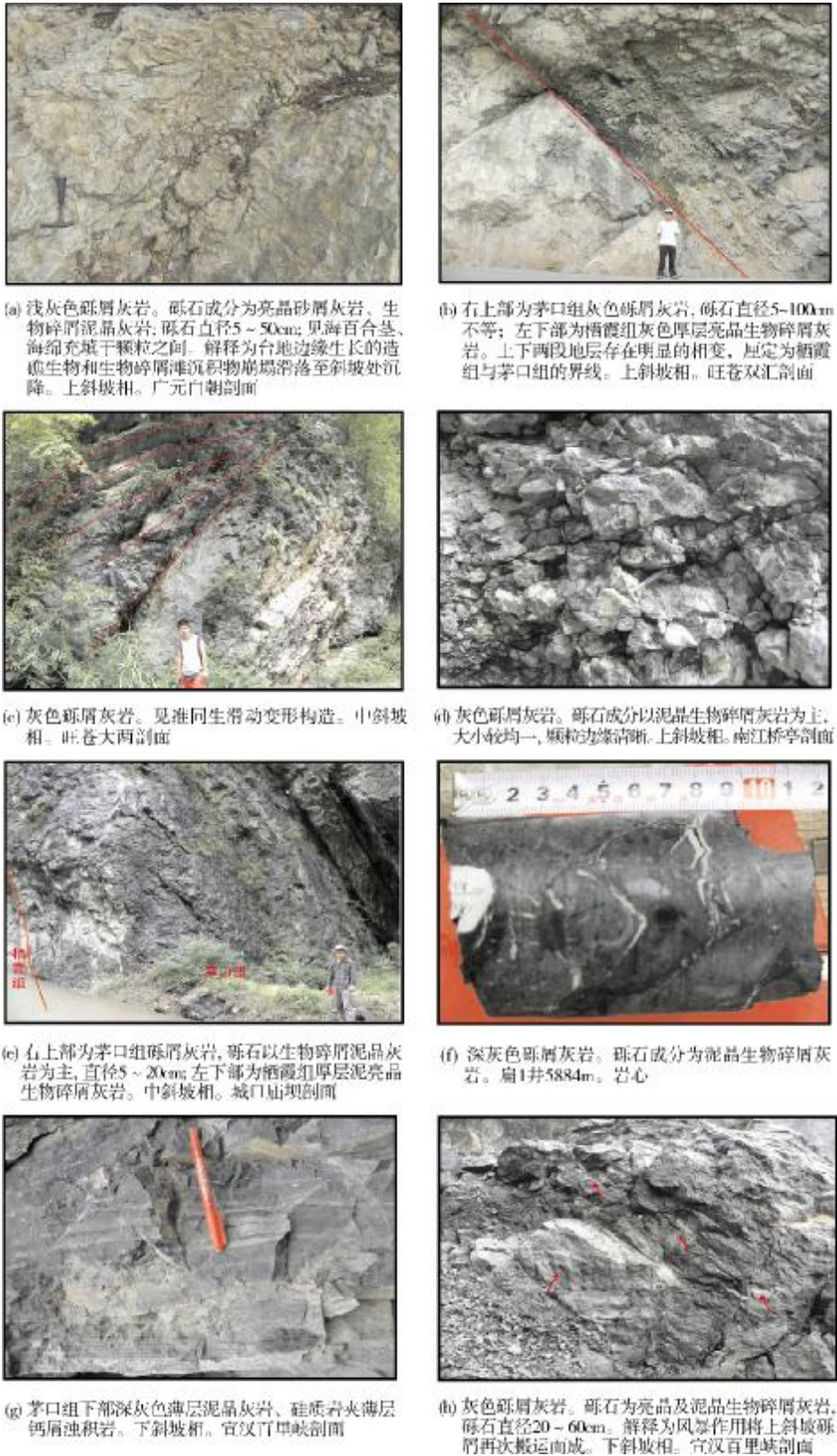


图2 四川盆地北部茅口组斜坡相岩石特征



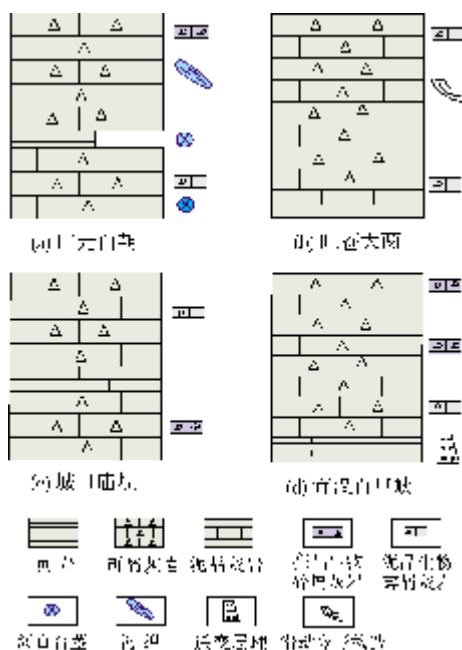


图3 四川盆地北部茅口组斜坡岩性剖面图

### 3 油气勘探意义

(1)茅口期构造活动较栖霞期强,可以造成沉积相带的分异

四川盆地中二叠统栖霞组为开阔台地沉积,这一特征不仅体现在广大的盆地内部,而且表现在四川盆地北部边缘地区<sup>[1-3]</sup>。栖霞组台地相之上,继承发育了茅口组斜坡相沉积,两组之间存在明显的沉积相分异(图2b、2e)。

从图4和图6也可以看出,两组基底断裂正好发育在斜坡相和台地边缘相的相变区,结合对峨眉地裂运动和南秦岭被动陆缘盆地活动影响的认识<sup>[13]</sup>,可以解释为中二叠世栖霞期构造活动平静,沉积环境相对稳定,茅口期基底断裂开始活动,沉积地层整体向北部的秦岭洋沉降倾斜,最终导致盆地北部茅口组发生开阔台地—台地边缘—斜坡的相带分异。由此可以推及,茅口期构造活动加强时,四川盆地并不是一块“铁板”,不仅是在北部,甚至在其他区域都

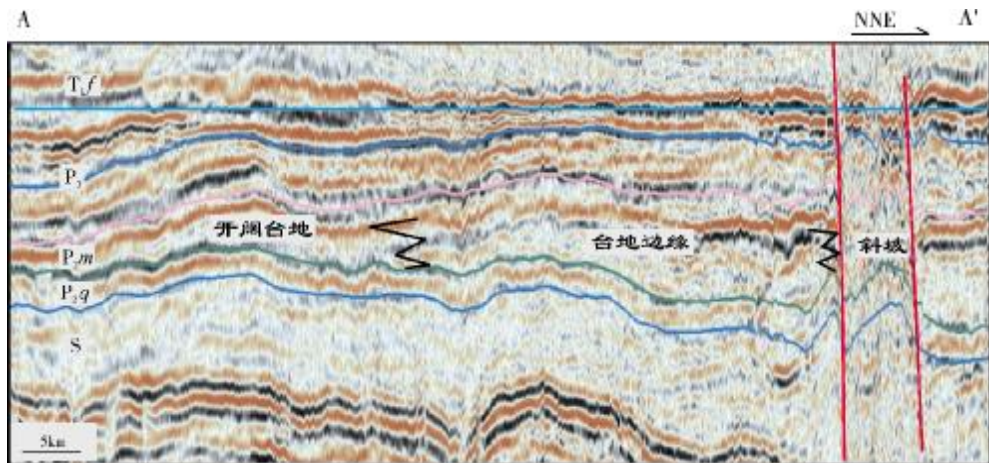


图4 四川盆地北部过九龙山构造茅口组地震相解释剖面  
P<sub>2</sub>q 栖霞组; P<sub>2</sub>m 茅口组; T<sub>1</sub>f 飞仙关组。A—A'剖面位置见图1

有可能发生相带的分异。这一观点,对四川盆地茅口组构造-岩相古地理的重建,乃至对有利高能相带的预测都有重要意义。

(2)白云石化的茅口组台地边缘相具有良好的勘探前景

在斜坡相得到确认的前提下,利用露头、钻井和地震资料,预测盆地北部茅口组斜坡相的南区应该发育有高能的平台边缘相带。通过分析,高能相带主体可能发育在四川盆地内部(非造山带内),这样就

为可能的油气勘探提供了基础。绵竹天池露头剖面的茅口组发育大套亮晶砂屑白云岩,并见大规模白云石化作用和丰富的沥青充填(图5a),为典型的高能相带。另外,在龙4井中钻遇茅口组泥亮晶生物碎屑灰岩和白云岩储层(图5c、5d),且获得高产工业气流,这里也解释为高能相带。

在以上几点证据的基础上,结合高能相有利于白云石化的规律<sup>[14-17]</sup>,笔者认为:白云石化的茅口组台地边缘相带有着良好的勘探前景。



## 4 结论及思考

四川盆地北部中二叠统茅口组普遍发育砾屑灰岩,砾屑成分主要为由台地边缘滑塌而来的亮晶生物碎屑灰岩和造礁生物,也见钙屑浊积岩,发育准同生滑动变形构造,是典型的斜坡相沉积环境。

建立了四川盆地北部茅口组的沉积模式,指出斜坡相的南区存在台地边缘高能相沉积。茅口组斜坡相的出现,反映了中二叠世茅口期构造活动加强,可造成盆地北部和盆地其他区域发生沉积相分异。

虽然本次研究确定了茅口组斜坡相的特征和存在,并指出这对于指导构造-古地理认识和油气勘探的意义,但在斜坡相与台地边缘相的相变位置,以及台地边缘高能相垂向演化规律的研究方面还有待深入,另外,露头资料尤其是能揭示台地边缘高能相的露头资料还有待丰富。

### 参考文献

- [1] 刘宝珺,许效松.中国南方岩相古地理图集(震旦纪—三叠纪)[M].北京:科学出版社,1994.
- [2] 陈洪德,覃建雄,王成善,等.中国南方二叠纪层序岩相古地理特征及演化[J].沉积学报,1999,17(4):510-521.
- [3] 冯增昭,杨玉卿,金振奎,等.中国南方二叠纪岩相古地理[J].沉积学报,1996,14(2):1-11.
- [4] 罗进雄,何幼斌.中—上扬子地区二叠系眼球状石灰岩特征及成因研究[J].地质论评,2010,6(5):629-637.
- [5] 刘杰,李藏洋,何幼斌.四川旺苍双汇下二叠统茅口组眼球状石灰岩成因分析[J].海相油气地质,2011,16(1):63-67.
- [6] 赵宗举,周慧,陈轩,等.四川盆地及邻区二叠纪层序岩相古地理及有利勘探区带[J].石油学报,2012,33(增刊2):35-51.
- [7] 胡明毅,胡忠贵,魏国齐,等.四川盆地茅口组层序岩相古地理特征及储集层预测[J].石油勘探与开发,2012,39(1):45-55.
- [8] 魏国齐,杨威,万怡平,等.扬子地块西北缘二叠系—中三叠统层序地层与沉积相展布[J].岩石学报,2011,27(3):741-748.
- [9] 李双应,孟庆任,万秋,等.长江中下游地区二叠纪碳酸盐斜坡沉积及其成矿意义[J].岩石学报,2008,24(8):1733-1744.
- [10] 何幼斌,冯增昭.四川盆地及其周缘下二叠统细—粗晶白云岩成因探讨[J].江汉石油学院学报,1996,18(4):15-20.
- [11] 魏国齐,杨威,朱永刚,等.川西地区中二叠统栖霞组沉积体系[J].石油与天然气地质,2010,31(4):442-448.
- [12] 《中国地层典》编委会.中国地层典:二叠系[M].北京:地质出版社,2000.
- [13] 罗志立.峨眉地裂运动和四川盆地天然气勘探实践[J].新疆石油地质,2009,30(4):419-424.
- [14] 邹才能,徐春春,汪泽成,等.四川盆地台缘带礁滩大气区地质特征与形成条件[J].石油勘探与开发,2011,38(6):641-651.
- [15] 陈轩,赵宗举,张宝民,等.塔里木盆地塔中孤立台地北缘上奥陶统良里塔格组精细沉积建模[J].沉积学报,2009,27(5):1002-1011.
- [16] 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.
- [17] 陈轩,赵文智,张利萍,等.川中地区中二叠统构造热液白云岩的发现及其勘探意义[J].石油学报,2012,33(4):562-569.

编辑:赵国宪

## Middle Permian Maokou Carbonate Slope Deposition and Its Significances for Petroleum Exploration in Northern Part of Sichuan Basin

Chen Xuan, Zhao Zongju, Gao Yang, Liu Yinhe, Zhou Hui

**Abstract:** Through analyses of outcrops, wells and seismic profiles, it is proposed that carbonate slope facies develops in Middle Permian Maokou Formation in northern part of Sichuan Basin. The carbonate slope facies is of typical characteristics as follows: The lithology mainly is dark grey calcirudite, which is composed of bioclastic micrite in majority and sparry bioclastic limestone and reef-building organisms in minor with gravity gliding structure. The secondary lithology is dark grey thin-layered micrite with calcarenaceous turbidite. The evolution of sedimentary facies from Middle Permian Qixia open platform facies to Maokou slope facies reveals a fact of increasing tectonic activity during Maokou sedimentation which resulted in possible differentiation of sedimentary facies belts in northern Sichuan Basin beside other areas. The seismic profile illustrates that the thickness of Maokou strata increases obviously from south to north and is characterized by a sphenoid reflection, which proves the existence of a high-energetic platform-margin facies belt in the south of slope area in the northern part of the basin. This viewpoint is favorable to reconstructing structure-lithofacies paleogeology and predicting the potential sedimentary facies and reservoirs of Maokou Formation in the basin.

**Key words:** Maokou Formation; Slope facies; Carbonate reservoir; Sedimentary characteristics; Sedimentary model; Petroleum exploration

Chen Xuan; male, D Sc, Associate Professor. Add: Key Laboratory of Exploration Technologies for Oil and Gas Resources of Ministry of Education, Yangtze University, Wuhan, Hubei, 430100, China