

文章编号:1001-6112(2010)04-0330-04

江汉盆地潜江凹陷 潜江组岩性油藏勘探方向及对策

郑有恒

(中国石油化工股份有限公司 江汉油田分公司,湖北 潜江 433124)

摘要:潜江凹陷位于江汉盆地中部,是江汉盆地油气最为富集的富烃凹陷。潜江组勘探程度高,岩性油藏已成为主要的勘探对象与目标。该文通过对潜江组岩性油藏发育条件、分布规律及主控因素的分析,指出潜江凹陷构造斜坡带、构造反转区、断裂发育带及挠曲带是岩性油藏的有利勘探方向。发展高分辨率三维地震、建立以相控砂体预测为核心的岩性圈闭识别与评价技术,推广薄油层改造技术是深化潜江盐湖岩性油藏勘探的主要对策与方法。

关键词:油气勘探;岩性油藏;潜江组;潜江凹陷;江汉盆地

中图分类号:TE132.1

文献标识码:A

EXPLORATION DIRECTION AND STRATEGY FOR LITHOLOGIC ACCUMULATIONS IN QIANJIANG FORMATION OF THE QIANJIANG SAG, JIANGHAN BASIN

Zheng Youheng

(SINOPEC Jianghan Oilfield Company, Qianjiang, Hubei 433124, China)

Abstract: The Qianjiang Sag lies in the central part of the Jianghan Basin and is the most prolific depression for hydrocarbon accumulation in the basin. The Qianjiang Formation has been maturely explored, so the lithologic hydrocarbon accumulations now become the primary exploration targets. In this paper, based on analysis of development and distribution of lithologic hydrocarbon accumulations in the Qianjiang Formation, it is suggested that the favorable lithologic hydrocarbon accumulations occur in structural slope belts, structural reverse areas, fault-developed belts and flexural belts. The main strategy and method for further exploration of the lithologic accumulations in the Qianjiang salt lake basin are to develop technologies for identification and evaluation of lithologic traps and to develop techniques for rework of thin-bedded oil layers, through development of high-resolution 3-D seismic technologies.

Key words: oil and gas exploration; lithologic hydrocarbon accumulation; Qianjiang Formation; Qianjiang Sag; Jianghan Basin

潜江凹陷位于江汉盆地中部,面积 2 610 km² (图 1),属燕山运动发展起来的白垩—古近系凹陷,自晚白垩纪至早古近纪末消亡,经历了 2 个断—坳旋回,主要发育了新沟嘴组和潜江组 2 套生储油层系。其中潜江组地层是我国独具特色的内陆高盐度氯化钠盐湖沉积^[1],也是江汉盆地最重要的勘探层系。经过 50 余年的勘探,已探明 16 个油田,探明石油地质储量占江汉盆地探明石油地质储量的 65%。但随着勘探程度的提高,现已步入高勘探程度阶段,石油资源探明率达 60%,岩性油藏

成为勘探增储的主要对象与目标。

1 岩性油藏发育的有利地质条件

1.1 烃源岩及油气的运移

潜江组暗色泥岩分布广、厚度大,生烃中心在蚌湖—周矶洼陷及其周缘,烃源岩最厚达 2 000 m。烃源岩有机质丰度中等,残余有机碳含量平均 1.06%,有机质转化率高,氯仿沥青“A”平均为 0.332 7%,烃含量平均为 0.719 mg/g;生油母质类型好,I+II_A 型占 81.5%;生烃强度大,一般为(150~350)×10⁴ t/km²。

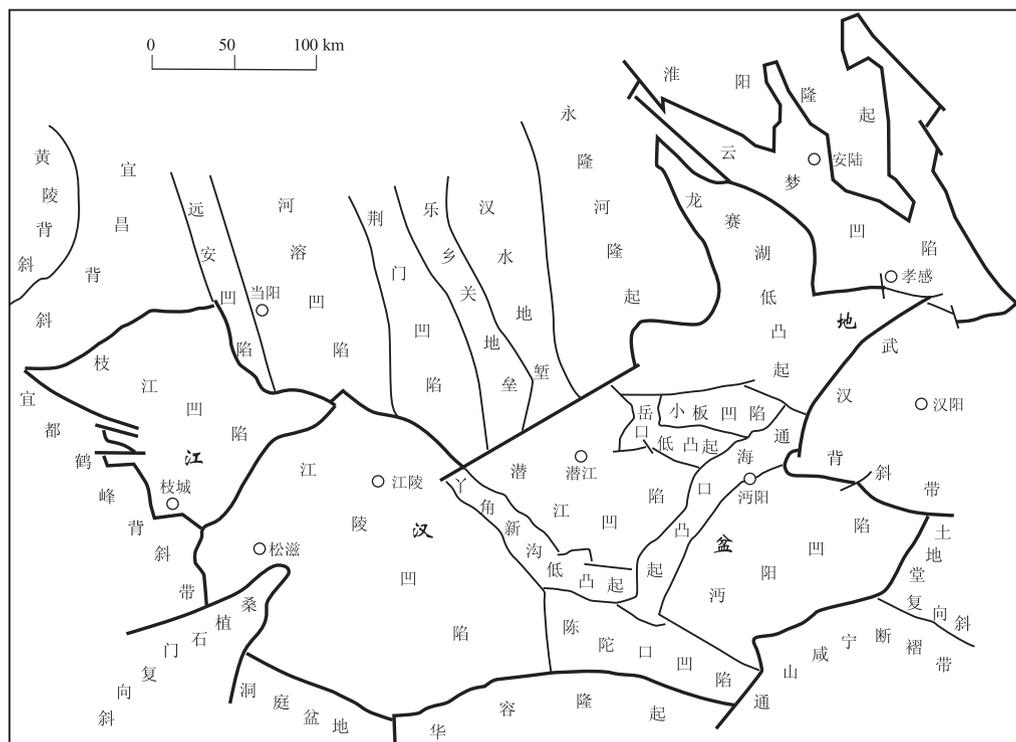


图1 江汉盆地地区构造位置示意

Fig. 1 The regional structural location of the Jianghan Basin

潜江组砂岩资源量达到 1.68×10^8 t, 具备良好的烃源条件。潜江组盐韵律与砂泥岩层段间互沉积, 发育 193 个盐韵律, 纵向上盐岩层对油气运移起到良好分隔, 砂泥岩层段中的烃类运移以横向运移为主, 易于形成多层组的岩性油藏。

1.2 岩性圈闭的形成

受北部单向多物源补给控制, 潜江组自北而南形成三角洲前缘砂体—淡一半咸水滨浅湖泥岩(砂岩)—盐湖盐岩的沉积序列。不同时期砂体平面上展布规模及范围各不相同, 总体上自西北向东南方向呈朵状、鸟足状、舌状、席状展布, 分别在潜北断层前缘 5~30 km 范围内先后尖灭, 纵向上不同层位砂岩尖灭线交错分布, 为岩性圈闭的形成创造了有利条件。

1.3 成藏配置关系良好

潜江凹陷为一受潜北断层控制、向东南方向区域抬升的箕状凹陷, 发育北东向断裂。凹陷内砂体总体呈北西向展布, 与北东向断层配合, 可形成断层—岩性圈闭。最主要的正向构造——王场背斜, 在潜四段—潜三段沉积时期为一低洼带, 是古向斜的斜坡部位, 砂体发育; 潜二段沉积末期, 由于盐岩的塑性流动而隆升形成王场背斜, 构造的反转导致蚌湖向斜东坡极易形成上倾尖灭类型岩性圈闭。

应用油砂包裹体中烃类的色谱—质谱分析、荧

光显微观察和流体包裹体均一温度检测, 确定潜江组油藏主要有 2 期油气充注: 第 I 期成熟油充注时间约为潜二段末至潜一段末沉积时期; 第 II 期高成熟油充注时间约为荆河镇组末至广华寺组沉积时期。潜江组圈闭的主要定型期为潜二段沉积末期, 与油气充注时间匹配关系良好。

2 岩性油藏特点及主控因素

2.1 岩性油藏特点

潜江凹陷潜江组岩性油藏具有分布广、类型多、油层薄、规模小、砂体成因类型多、物性差异大、分布成群成带的特点。潜江组沉积时期, 纵向上砂岩分布广泛、分布面积变化大, 平面上多呈指状或舌状自北而南延伸, 与北东向构造、斜坡、断裂配合, 形成大量各种类型岩性圈闭。包括上倾尖灭、物性变化、透镜体、侧缘尖灭等纯岩性油藏以及各种复合型岩性圈闭, 纵向从潜一段到潜四上段均发育, 平面上在砂岩分布范围内都有岩性油藏分布。

潜江组砂岩平均厚度 200 m, 占地层厚度 12% 左右, 砂岩体积仅为沉积岩的 4%。砂岩粒度细、砂层薄、变化快、砂体规模小, 砂体宽度一般 0.8~2.5 km, 平均 1.5 km, 长度 1.0~5.6 km, 平均 3.1 km。岩性油藏相应地具有油层薄、规模小的特点。砂体成因类型主要有三角洲砂体及滨浅湖滩坝砂体, 其中三

角洲砂体、河口坝中部—根部砂体物性好,孔隙度大于18%,渗透率大于 $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属Ⅰ类储层,平均产能大于30 t/d;河口坝砂体远端、滩坝砂体相对较差,孔隙度在8%~18%之间,渗透率为 $(1 \sim 100) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,多属Ⅱ、Ⅲ类储层。

潜江组岩性油藏成群成带分布,上倾尖灭型岩性圈闭位于继承性发育的古斜坡与构造反转区;断层—岩性油藏主要发育在凹陷中部;钟市、潭口地区为地层—岩性、地层—构造—岩性复合型岩性油藏发育区;凹陷西部斜坡发育侧缘尖灭岩性圈闭。

2.2 岩性油藏主控因素

潜江组岩性油藏平面上运移距离短、近源分布,油气平面上呈环带状集中在蚌湖、周矶生油向斜周缘;纵向上主要分布在潜四段、潜三段;继承性古斜坡、构造反转区是油气聚集有利区;不同成因类型砂体油气富集程度不同,席状砂砂体油气最富集。

烃源层控制油气分布。盐岩的封隔作用,使潜江组油气垂向运移不畅,以层内横向运移为主。潜四段油源条件好于潜三—潜一段,纵向上潜四段油藏充满足要高。

构造、沉积体系决定了岩性油藏的类型、规模。古构造控制不同成因砂体和烃源岩的展布,北东向断裂带和断层控制油气藏分布,正向构造、斜坡等是油气运移的有利指向区。扇三角洲前缘砂体、局部砂坝延展性差,形成规模较小的局部上倾尖灭、透镜体类型的岩性油藏;滩砂、席状砂延展性强,与斜坡带配合,能够形成大规模区域上倾尖灭岩性油藏;三角洲前缘砂体形成的油藏类型多为断层—岩性、局部上倾尖灭型油藏。

砂体临界物性决定储层的含油气性,当砂体内部的孔渗条件达到一定的临界值时,砂体才能接收来自外部烃源岩中的油气。潜江组油砂孔隙度一般大于8%,渗透率大于 $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;油砂体平均粒度中值一般大于0.04 mm,分选系数大于1.29(差—中等)。

输导体系及供油范围是油藏富集的关键。不同的输导体系决定油气纵横分布,砂体横向输导控制了油气平面分布范围、规模;断层—砂体疏导体系控制油气纵向分配。油源的充足程度决定油藏油气富集程度。

3 岩性油藏勘探方向

3.1 蚌湖向斜东南斜坡上倾尖灭岩性圈闭带

蚌湖及周矶向斜在潜二段沉积以前为一古斜坡,受后期构造活动及盐岩塑性流动影响,形成向

斜构造格局。物源来源于北西方向,潜三和潜四上段多个油组或砂组的水下分支河道砂体在斜坡不同部位呈舌状延伸并尖灭,错叠分布,蚌湖及周矶向斜东、南斜坡上倾尖灭型岩性圈闭十分发育。目前在蚌湖向斜周缘的严河、广北地区 $E_{q_3}^3$ 、 $E_{q_4}^3$ 油组已发现的主要为上倾尖灭型岩性油藏。

3.2 东部斜坡上倾尖灭岩性圈闭带

张港—黄场—泽口地区为凹陷向东、南抬升的斜坡,与砂体延伸方向近于垂直或斜交,水动力条件较强时,砂体以指状沿构造上倾方向舌状尖灭;水动力条件较弱时,以大面积分布的席状砂体为特征,形成面积大、砂层薄的岩性油藏。现今在王广、张港—黄场地区 $E_{q_4}^2$ 、 $E_{q_4}^3$ 油组已发现大量上倾尖灭类型油藏。

3.3 浩口一周返地区断层—岩性圈闭带

周返地区位于潜江凹陷中部,处于区域向南抬升的构造背景上,北东向断层发育,断层走向与砂体延伸方向近于直交,形成断层切割舌状砂体或断层与向西沿构造上倾方向砂岩侧缘尖灭而形成的断层—岩性圈闭,是构造—岩性油藏集中发育地带。周返地区 $E_{q_4}^1$ 、 $E_{q_4}^3$ 油组岩性油藏是该类型的典型岩性油藏。

3.4 钟市构造—岩性圈闭带

区带位于潜北断裂带前缘,为一向北抬升的断鼻,发育有断层—岩性、构造—岩性、物性变化等类型的岩性圈闭,以断层—岩性、构造—岩性圈闭为主,各个层组岩性圈闭都极为发育。钟市潜四下段深层处于潜北断层前缘深注槽带西端,为钟市物源入口处前缘,具备碎屑岩沉积的条件;向东古地形急剧变陡,在同生断层前缘沉积的厚砂岩,极有可能形成滑塌浊积扇。地震资料证实在潜北断层前缘钟市地区存在断裂坡折及沉积坡折,存在地震异常,是寻找低位扇等岩性圈闭有利区。

4 潜江组岩性油藏勘探对策

4.1 开展高分辨地震勘探

新农—蚌东地区采用高分辨三维地震野外采集和处理技术,与过去常规地震剖面相比,信噪比和频率都大为提高。高分辨率地震剖面的频带宽为10~150 Hz,视主频为40~120 Hz;在目的层埋深2.0 s左右的频带宽为10~120 Hz,视主频达到70~80 Hz,比常规地震剖面的视主频(28 Hz)成倍提高(图2)。按 $1/4\lambda$ 作为调谐厚度,预测目的层埋深的地层层速度为3 800~4 400 m/s,视主频50~70 Hz,则波形(相位)可分辨的地层厚度为13.5~

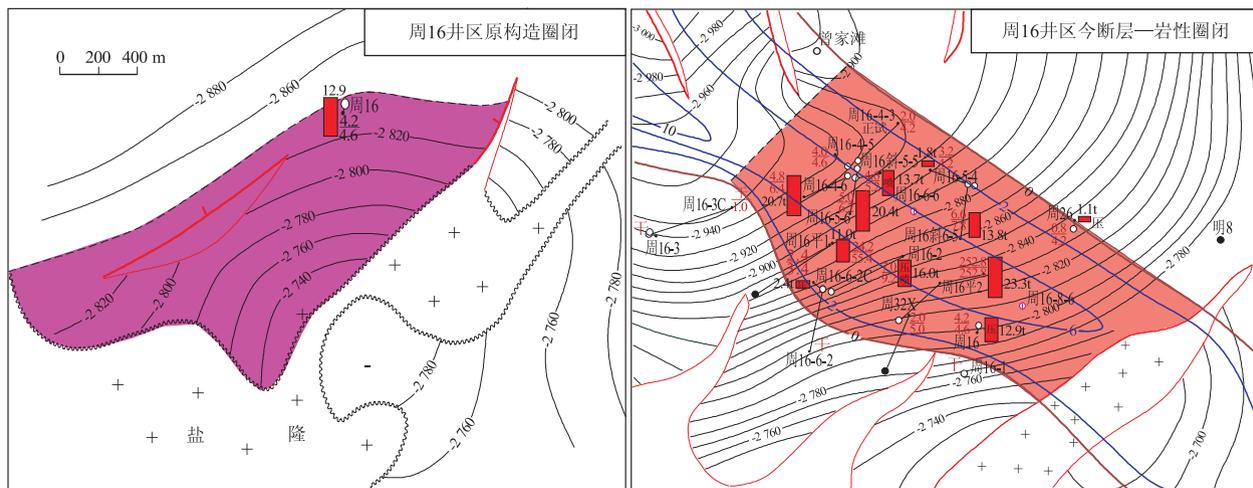


图2 江汉盆地周16井区圈闭变化对比

Fig. 2 The trap's comparison of Well Zhou16 in the Jianghan Basin

22.0 m,而常规地震剖面的分辨能力只有34.0~39.3 m。分辨率和信噪比的大幅度提高为利用地震信息预测砂体和岩性油藏奠定了基础。

4.2 加强古地貌控制下的精细沉积微相研究

加强沉积古地貌研究,开展精细小层对比、精细沉积微相研究是开展岩性油藏勘探的基础核心^[2]。潜江凹陷今古构造面貌差异大,古构造面貌控制了凹陷的沉积充填,今构造背景则控制了油气成藏;潜四段一潜三段沉积时期,为浅水三角洲沉积特征,来自西北部荆门地堑物源可以延伸很远,直至凹陷中部的周返地区,表现为指状或舌状展布的水下分流河道在平面上、空间上相互叠置,横向连通性相对较差,与断层或构造相匹配可形成构造-岩性、断层-岩性复合油藏。例如,周返地区周16井区原先一直认为是一构造油藏,认为该井区是受盐隆影响形成的构造圈闭。通过精细沉积微相及储层预测后认为,该地区 $E_{q_4}^3$ 油组存在3支水下分支河道砂体,周16井位于中间一支砂体的主体位置,其前端被北东向断层切割,形成断层-岩性类型岩性圈闭,应为一岩性油藏(图2)。在周16井区构造低部位设计钻探周16-2井,在 $E_{q_4}^3$ 油组发现油层7.0 m,试油获得日产16 t的工业油流。

4.3 完善精确储层预测技术

盐湖沉积岩性类型多,砂岩储层较薄,岩性油藏规模小;而且泥岩不同程度的含有盐类矿物,其速度与砂岩速度不易区分,两者间的波阻抗差异小,淡水盆地中常用的地震速度反演、波阻抗反演预测砂体的方法技术在应用中受到一定限制。在高分辨率地震资料处理解释的基础上,建立以相控砂体预测为核心的地震多属性综合预测、地震反演

(主要为道积分相对波阻抗反演、绝对波阻抗反演、伽马及密度反演)预测砂体展布技术^[3-7],在岩性油藏勘探生产实践中能够起到良好作用。

蚌湖向斜东南斜坡带存在多条自西北向东南方向呈指状上倾尖灭砂体,通过以相控砂体预测为核心的地震多属性综合预测,认为该区 $E_{q_3}^{3(2)}$ 砂组砂岩为北西至南东向展布河道,向北东方向上倾尖灭,预测 $E_{q_3}^{3(2)}$ 砂组有四支砂体呈指状上倾尖灭,形成岩性圈闭。钻探4个,成功3个,在团结岩性圈闭上钻探严7井发现油层4层11.8 m,常规试油获得日产14.15 t的工业油流;团结东岩性圈闭部署严10井,发现油层1层4.0 m,试油获得日产13.5 t的工业油流。

4.4 推广薄油层压裂改造技术

针对盐湖盆地砂体砂层薄、物性差、常规试油不出油或产量低的情况,推广应用薄层压裂改造技术提高油层产量,可解放低渗透油层。黄场油田原为4个孤立的透镜状岩性油藏, $E_{q_3}^4$ 油组油层薄,单层厚度一般2~3 m,物性差,常规试油产量一般达不到工业油流标准。通过采取大型压裂改造,使“干层”变油层,如黄斜18-1井原解释干层1层3.6 m,压裂后获日产10.9 t工业油流;黄34-1井区钻井4口,油层厚度1.2~3.0 m,压裂改造后日产均在10 t以上,实现了王场-黄场油田 $E_{q_3}^4$ 低渗透油藏含油连片,新增探明石油地质储量 222×10^4 t。

5 主要认识与结论

1)潜江凹陷潜江组具有形成岩性油藏的良好地质条件,岩性油藏已成为勘探的主要对象与目标。

(下转第346页)

生长速率的关系,主要发育海侵期退积滩(礁)一台地和高位期进积滩(礁),后者又分为相对海平面下降时形成的进积滩(礁)和相对海平面上升速率小于滩(礁)的生长速率时形成的进积滩(礁)。

4) 良里塔格组 4 个取心段由一个向上变深、一个震荡和二一个总体向上变浅的过程,一般表现为粒屑滩、灰泥丘、骨架礁亚相的多旋回中低能环境下的组合。

致谢:中国科学院南京古生物研究所李越研究员指导了古生物鉴定,在此深表谢意!

参考文献:

[1] 杨海军, 邬光辉, 韩剑发, 等. 塔里木盆地中央隆起带奥陶系碳酸盐岩台缘带油气富集特征[J]. 石油学报, 2007, 28(4): 26—30.

[2] 李宇平, 王振宇, 李文华, 等. 塔中 I 号断裂构造带奥陶系碳酸

盐岩圈闭类型及其勘探意义[J]. 地质科学, 2002, 37(增刊): 141—151.

[3] 于炳松, 樊太亮, 黄文辉, 等. 层序地层格架中岩溶储层发育的预测模型[J]. 石油学报, 2007, 28(4): 41—45.

[4] 高志勇, 张水昌, 朱如凯, 等. 塔中地区良里塔格组海平面变化与烃源岩的非均质性[J]. 石油学报, 2007, 28(5): 45—50.

[5] 刘忠宝, 于炳松, 李延艳, 等. 塔里木盆地塔中地区中上奥陶统碳酸盐岩层序发育对同生期岩溶作用的控制[J]. 沉积学报, 2004, 22(1): 103—109.

[6] 钱一雄, 何治亮, 邹远荣, 等. 塔里木盆地塔中 I 号带西北部上奥陶统碳酸盐岩同生期岩溶: 以顺 2 井为例[J]. 地质学前缘, 2008, 15(2): 59—66.

[7] WILSON J L. Carbonate facies in geological history[M]. Berlin: Springer-Verlag, 1975: 1—471.

[8] FLUGEL E. Microfacies analysis of Limestone[M]. Berlin: Springer-Verlag, 1982: 1—555.

[9] FLUGEL E. Microfacies of Carbonate Rocks[M]. Berlin: Springer-Verlag, 2004: 1—450.

(编辑 徐文明)

(上接第 333 页)

但由于潜江盐湖沉积的特殊性,使得潜江组岩性油藏具有类型多、油层薄、规模小的特点,发现难度大。

2) 综合潜江组古地貌、构造演化、沉积体系展布的研究,明确了潜江组岩性油藏下步勘探的主要方向。即上倾尖灭类型岩性油藏应主要在构造斜坡带,断层—岩性油藏主要在凹陷中部断层发育带,坡折带砂体勘探则主要围绕钟市、潭口地区开展。

3) 通过开展高分辨地震资料的采集、处理,有效提高地震资料分辨率,在此基础上开展以“相控砂体”技术为核心的储层预测技术方法能较有效地解决勘探实践中的难点。推广应用薄层压裂改造技术,提高油层产量,解放低渗透油层,是目前潜江盐湖特殊沉积条件下开展岩性油藏精细勘探的主要方法与对策。

参考文献:

[1] 方志雄. 潜江盐湖盆地盐间沉积的石油地质特征[J]. 沉积学报, 2002, 20(4): 608—613, 620.

[2] 吴丽艳, 陈春强, 江春明, 等. 浅谈我国油气勘探中的古地貌恢复技术[J]. 石油天然气学报, 2005, 27(4): 559—560, 586.

[3] 杨贵祥, 黄捍东, 高锐, 等. 地震反演成果的沉积学解释[J]. 石油实验地质, 2009, 31(4): 415—419.

[4] 叶泰然, 付顺, 吕其彪, 等. 多波地震联合反演预测相对优质储层: 以川西深层致密碎屑砂岩为例[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(3): 357—369.

[5] 焦志峰, 杨占龙. 地震信息多参数综合分析 with 岩性圈闭评价[J]. 石油实验地质, 2008, 30(4): 408—413.

[6] 陆永潮, 杜学斌, 陈平, 等. 油气精细勘探的主要方法体系: 地震沉积学研究[J]. 石油实验地质, 2008, 30(1): 1—5.

[7] 曹学良, 曹延军, 姜传恩, 等. 胡状集地区地震岩性反演与储层预测[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(3): 225—229.

(编辑 徐文明)

(上接第 340 页)

[3] 崔德树, 魏凌琛. 早、中三叠世四川盆地古地理概况及与油气关系探讨[G]//岩相古地理文集编辑部. 岩相古地理文集(2). 北京: 地质出版社, 1986: 53—64.

[4] 朱洪发, 刘翠章, 林傅律. 四川盆地中下三叠统成盐古地理景观、成盐机理及钾盐预测[G]//岩相古地理文集编辑部. 岩相古地理文集(4). 北京: 地质出版社, 1988: 117—128.

[5] 郭正吾, 邓康龄, 韩永辉, 等. 四川盆地形成与演化[M]. 北京: 地质出版社, 1996: 67—75.

[6] 冯增昭. 沉积岩石学(下册)[M]. 2 版. 北京: 石油工业出版社, 1993: 1—8.

[7] 中国地质科学院地质研究所, 武汉地质研究院. 中国古地理图集[M]. 北京: 地质出版社, 1985: 53—56.

[8] 侯方浩, 方少仙, 赵敬松, 等. 鄂尔多斯盆地奥陶系碳酸盐岩储层图册[M]. 成都: 四川人民出版社, 2002: 1—2, 8—10.

[9] 侯方浩, 方少仙, 董兆雄, 等. 鄂尔多斯盆地中奥陶统马家沟组沉积环境与岩相发育特征[J]. 沉积学报, 2003, 21(1): 106—112.

[10] 吴应林, 袁敬阁. 上扬子地区三叠纪蒸发岩的成因和相模式[M]. 北京: 地质出版社, 1985: 132—152.

[11] READING H G. 沉积环境和相[M]. 周明鉴, 译. 北京: 科学出版社, 1985.

(编辑 韩 或)