

川东北地区嘉陵江组二段沉积相特征研究

余海涛,王兴志,李斌,张帆,侯振学,李宇

(西南石油大学资源与环境学院)

摘要 对岩心、薄片和测井资料及川东北地区下三叠统嘉陵江组二段的岩石类型、古生物化石、沉积结构、沉积构造等沉积相标志的分析认为,嘉陵江组二段为局限台地相和蒸发台地相沉积环境,具有台坪相、潮坪相及粒屑滩等亚相特征,包含白云岩坪、石灰岩坪、云膏坪、膏云坪及砂屑滩等沉积微相。嘉陵江组二段由下至上经历了从潮上蒸发环境(蒸发潮坪)到潮下相对低能环境(白云岩坪、石灰岩坪),再到潮上蒸发环境(蒸发潮坪)的一个完整的海进—海退沉积旋回,其中发育于潮下相对低能环境的砂屑滩、白云岩坪和石灰岩坪是油气储集的最有利相带。

关键词 四川盆地;东北部;沉积相;嘉陵江组;三叠纪;岩相特征

中图分类号:TE111.3 **文献标识码**:A

川东北地区含气层位众多,如:石炭系,二叠系的阳新统长兴组,三叠系的飞仙关组、嘉陵江组,以及浅层的侏罗系等。其中嘉陵江组具有比较好的油气显示,尤其是嘉陵江组二段显示最好。

就整个川东北地区来说,由于钻井和地质等资料匮乏,尚未进行过深入的沉积微相分析,致使对该区嘉陵江组二段沉积相展布规律和有利区带的认识不清。笔者在前人研究的基础之上,结合当前的资料及理论,进行了对嘉陵江组二段沉积相(微相)特征及展布规律的研究,以期深入研究嘉陵江组二段的沉积演化规律。

1 区域沉积背景

嘉陵江组沉积时期,四川东北海域与周边环境继承了飞仙关时期的古地理格局,北为汉南及大巴山海隆,西北接龙门山岛链,西南连康滇古陆。四川海域为滨海—开阔海沉积环境,海域内的地势呈西高东低,物源来自西面龙门山岛链及康滇古陆,海水主要从南及东南方向侵入该区海域^[1]。

嘉陵江组二段沉积时华蓥山与齐岳山的断裂活动,使海域发生分异,川东抬升,与泸州地区一起形成隆起,成为碳酸盐岩台地环境。川东碳酸盐岩台地位

于川中半局限海与鄂西广海之间(图1),嘉陵江组二段沉积时期台地上海水很浅,波浪和潮汐作用十分明显,海水循环受限,故台地普遍盐度偏高,而台地东侧面临开阔海,受风浪作用影响较大,循环条件较好^[2]。

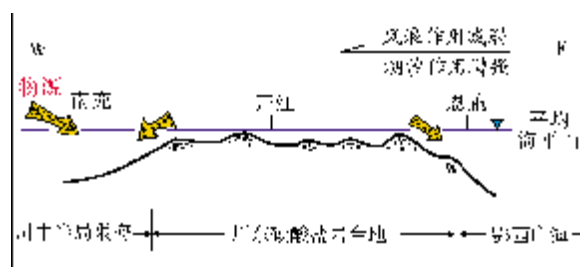


图1 早三叠世嘉陵江期四川海域横剖面示意图

2 沉积相特征

川东北地区早三叠世总体为克拉通盆地浅海碳酸盐台地沉积体系^[3]。每个主沉积旋回都经历了由开阔台地向局限台地—蒸发台地的演化^[4]。嘉陵江组沉积期间,川东北地区继承了飞仙关末期的古地貌环境,呈宣汉—达川—开江—开县等中部地区较为低洼、南北两侧相对较高的沉积环境,但总体上地貌高差并不显著。

嘉陵江组二段厚约150~238m,可分为三个亚

收稿日期:2010-10-12

余海涛:1985年生,2008年毕业于西南石油大学资源勘查工程专业,现为西南石油大学硕士研究生,主要从事沉积学和储层地质学方面的研究。通讯地址:610500 四川省成都市新都区新都大道8号

段,从下至上依次为嘉陵江组嘉二¹亚段、嘉二²亚段及嘉二³亚段,为蒸发台地和局限台地沉积。

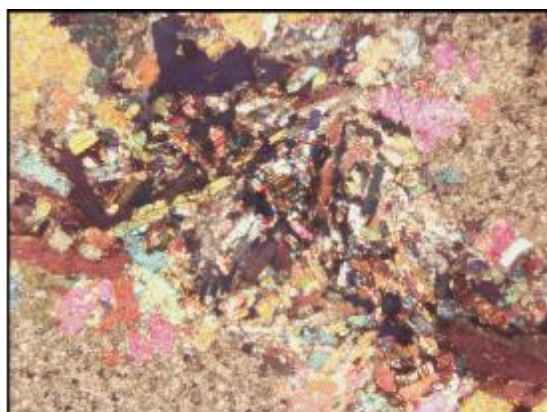
2.1 蒸发台地相

该区蒸发台地相主要发育在嘉陵江组嘉二¹亚段及嘉二³亚段,以蒸发潮坪亚相为主,进一步可划分为

膏盆、云膏坪和膏云坪三个微相。蒸发潮坪主要指以潮间—潮上带沉积为主的地区。由于气候干旱、蒸发作用强,形成大量硬石膏、膏质白云岩及泥晶白云岩、泥岩(图2)。除藻类外其他生物稀少,局部地区可见颗粒岩,以砂屑石灰岩(白云岩)为主。沉积构造以水平层理、藻纹层、干裂、鸟眼及结核为主。



(a) 石膏。下三叠统嘉陵江组嘉二²亚段, 黄龙8井, 2662.99m。岩心



(b) 膏质泥晶白云岩。溶蚀孔隙被石膏及有机质充填。下三叠统嘉陵江组嘉二²亚段, 铁山8井, 2523.7 m。正交光, 10×5

图2 川东北下三叠统嘉陵江组嘉二²亚段蒸发潮坪相岩心及薄片

2.2 局限台地相

局限台地相主要发育在嘉陵江组嘉二²亚段。当时海底地形坡度较低缓,海水较浅,因而广泛受到潮汐作用影响,且受台地边缘浅滩及古水下隆起的影响,水体循环性差,从而形成了广为发育的局限台地环境,发育有膏岩、白云岩及石灰岩。

局限台地与蒸发台地的区别主要是蒸发岩发育程度。根据相对地理位置及沉积物特点,局限台地相可进

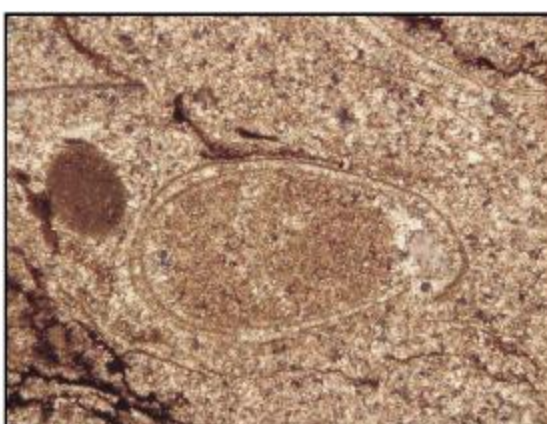
一步划分出局限台坪亚相、粒屑滩亚相和台内洼地亚相以及白云岩坪、石灰岩坪、云灰坪及砂屑滩等微相。

2.2.1 局限台坪亚相

局限台坪具有潮间—潮下沉积环境与岩性特征,水体循环相对较好,能量较强,主要为石灰岩、白云岩、含白云质灰岩,含灰质白云岩、白云岩夹生物碎屑及其它粒屑条带或薄层(图3),层位上主要分布于嘉陵江组嘉二²亚段(图4)。

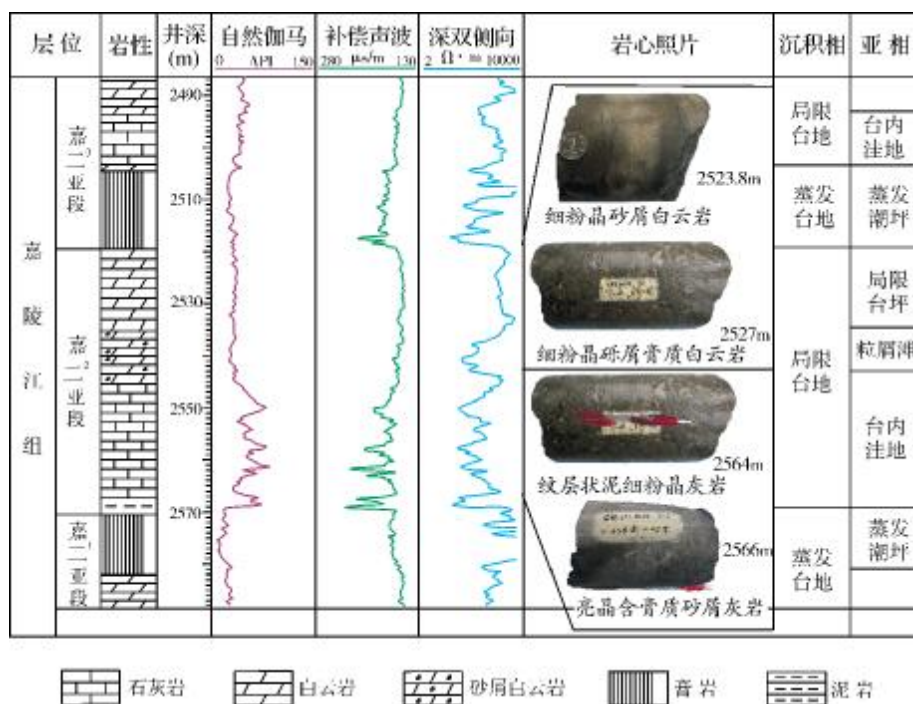


(a) 泥粉晶白云岩。下三叠统嘉陵江组嘉二²亚段, 温泉6井, 2036.28m。岩心



(b) 生物碎屑泥晶灰岩。下三叠统嘉陵江组嘉二²亚段, 铁山12井, 2459.98 m。正交光, 10×5

图3 川东北嘉陵江组嘉二²亚段局限台坪相岩心及薄片

图4 川东北铁山8井嘉陵江组嘉二²亚段单井相

在剖面结构上,局限台坪亚相往往位于台地局限化过程中的转换过渡带,或局限台地内部“局限台洼—局限台坪—蒸发潮坪”次级旋回的中部旋回,因此,它常常与其它相带构成向上变浅的相序列。

局限台坪与局限台洼在沉积物上常难以区别,但局限台洼多为潮下低能,因此台洼的泥质含量高于台坪相带。

2.2.2 粒屑滩亚相

在局限台地的内部常存在水动力条件相对较强的环境,这种较强水动力使细颗粒物被淘洗,粗颗粒物沉积,故常发育粒屑滩,一般不含灰泥和泥质沉积物,或含量很低。沉积物主要为中—厚层状鲕粒灰岩、砂屑灰岩、生物屑灰岩、生物屑含白云质灰岩或这几种粒屑岩的组合,常表现为潟湖—滩韵律性沉积。从沉积物类型看,主要有鲕滩、砂屑滩、介壳滩及其混合性滩,能量高的环境中见板状交错层理和波状层理等。在剖面结构上,常与局限台地其它亚相单元如局限台坪、潟湖或台内洼地形成浅滩化剖面结构或表现为向上变粗变厚的层序特征。

研究区嘉陵江组二段粒屑岩不太发育,一般为

生物屑灰岩、鲕状白云岩或石灰岩、砂屑砾屑白云岩,但三个亚段均有钻获(图5)。下三叠统嘉陵江组嘉二¹亚段分布在铁山、黄龙场—温泉井及金珠坪等构造;嘉陵江组嘉二²亚段分布在罗家寨—紫水坝、雷音铺、沙罐坪—黄龙场及铁山等构造,厚度一般不大,为1~4m;嘉陵江组嘉二³亚段分布在双石庙、沙罐坪及七里峡一带,厚度2~5m。

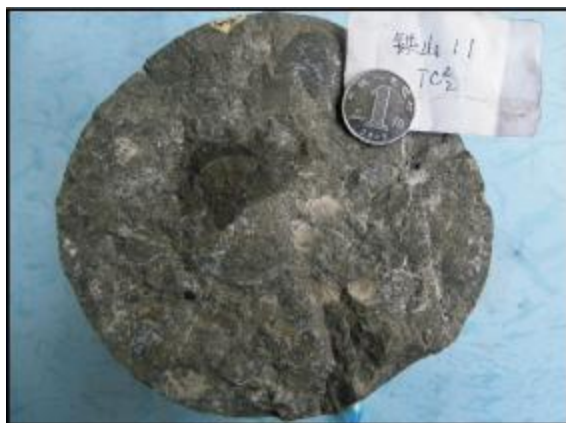
2.2.3 台内洼地亚相

台内洼地以潮下低能沉积环境为主体,在古地理位置上位于凹陷区域,海水受限但不完全闭塞,水体能量低。

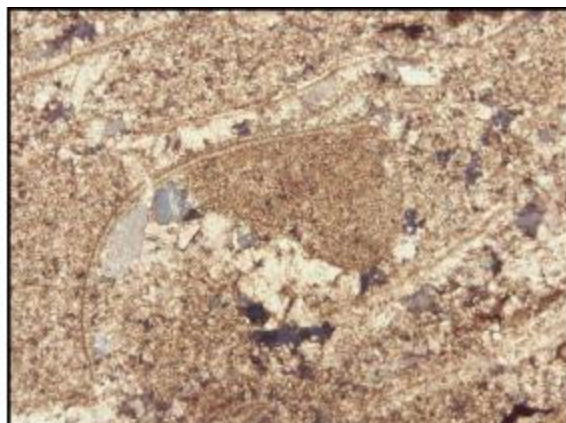
典型沉积物为泥晶灰岩和含泥灰岩,也可见含泥白云岩和泥晶白云岩,但较少。局部地区或层段夹薄层石膏及其透镜体,还常夹一些薄层和薄—中层的颗粒石灰岩(图6)。发育有水平纹层层理,生物以有孔虫、腹足和瓣腮类为主。在剖面结构上,局限台洼在海退阶段向上变浅,演化为粒屑滩和台坪沉积。

3 各相带测井响应特征

对研究区内若干口井的测井数据进行综合分析后发现,石膏的自然伽马为10~20API,声波时差



(a) 含生物蠕粒白云岩, 可见海蠕类生物化石及蠕粒。下三叠统嘉陵江组嘉二²亚段, 铁山11井, 2324.59 m。岩心

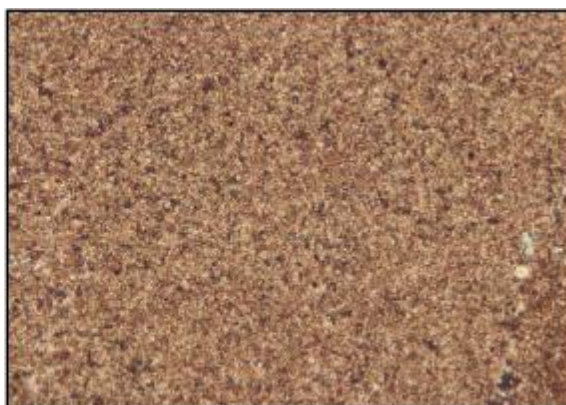


(b) 生物碎屑泥晶灰岩, 见生物碎屑。下三叠统嘉陵江组嘉二²亚段, 铁山12井, 2459.98 m。正交光, 10×5

图5 川东北嘉陵江组嘉二²亚段粒屑滩相岩心及薄片



(a) 泥晶灰岩。下三叠统嘉陵江组嘉二²亚段, 黄龙8井, 2690.01 m。岩心



(b) 粉晶灰岩。下三叠统嘉陵江组嘉二²亚段, 铁山12井, 2449.98 m。正交光, 10×5

图6 川东北嘉陵江组嘉二²亚段台内洼地相岩心及薄片

为 $160\sim 175\mu\text{s/m}$, 密度为 $2.85\sim 2.95\text{g/cm}^3$; 石灰岩的自然伽马为 $10\sim 90\text{API}$, 声波时差为 $145\sim 257.5\mu\text{s/m}$, 密度为 $2.5\sim 2.75\text{g/cm}^3$; 白云岩的自然伽马为 $15\sim 25\text{API}$, 声波时差为 $145\sim 160\mu\text{s/m}$, 密度为 $2.8\sim 2.9\text{g/cm}^3$ [5]。显而易见, 本区嘉陵江组二段的三种主要岩类 (石灰岩、白云岩、石膏) 存在以下规律: 自然伽马值, 石膏 < 白云岩 < 石灰岩; 声波时差值, 白云岩 < 石膏 < 石灰岩; 密度值, 石灰岩 < 白云岩 < 石膏。

各相带对应的主要岩性不同, 蒸发潮坪主要发育膏岩, 局限台坪主要发育白云岩, 台内洼地主要发育石灰岩。

下面对各相带的测井响应特征进行详细阐述。但经研究发现, ①各相带的声波时差变化规律不明显, 故此只针对自然伽马和密度进行研究; ②对于

粒屑滩来说, 其测井响应特征并不明显, 故在本文中将其略去不提; ③测井响应对于微相的识别划分灵敏度不高, 所以在此只用测井响应识别到亚相为止 [6]。

3.1 蒸发台地相

在研究区中, 嘉陵江组二段的蒸发台地相可细分为蒸发潮坪亚相, 主要发育大套的膏岩, 个别井以及某些层位也可见白云岩发育, 或出现膏岩和白云岩互层, 故蒸发潮坪相的测井响应特征应与膏岩的响应特征一致: 自然伽马 $10\sim 20\text{API}$, 声波时差 $160\sim 175\mu\text{s/m}$, 密度 $2.85\sim 2.95\text{g/cm}^3$ (图7); 自然伽马的形状特征为“低值的平直细锯齿形”, 补偿密度的形状特征为“高值的右凸锯齿形”。

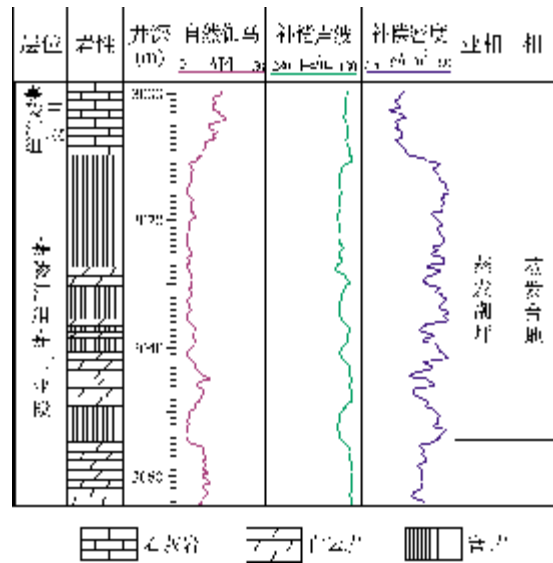


图7 川东北嘉陵江组蒸发潮坪测井响应特征 (罗家11H井)

3.2 局限台地相

本区嘉陵江组二段的局限台地相可细分为局限台坪和台内洼地两个亚相。

3.2.1 局限台坪亚相

局限台坪以发育白云岩为主,也可见薄层的膏岩、石灰岩或这几种岩石的组合,故其测井响应特征应与白云岩的响应特征一致。自然伽马 15~25 API, 声波时差 145~160 $\mu\text{s}/\text{m}$, 密度 2.8~2.9 g/cm^3 (图8)。自然伽马的形状特征为“中值的平直细锯齿形”,补偿密度的形状特征为“中值的锯齿形”。

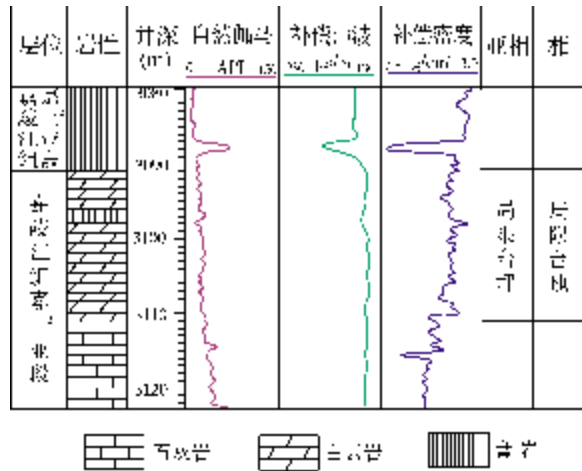


图8 川东北嘉陵江组局限台坪测井响应特征 (罗家11H井)

3.2.2 台内洼地亚相

台内洼地以发育石灰岩为主,个别层位也可见薄层的白云岩或白云岩与石灰岩的互层,故其测井响应特征应与石灰岩的响应特征一致。自然伽马 10~90 API, 声波时差 145~257.5 $\mu\text{s}/\text{m}$, 密度 2.5~2.75 g/cm^3 (图9)。自然伽马的形状特征为“高值的右凸强锯齿形”,补偿密度的形状特征为“低值的左凸锯齿形”。

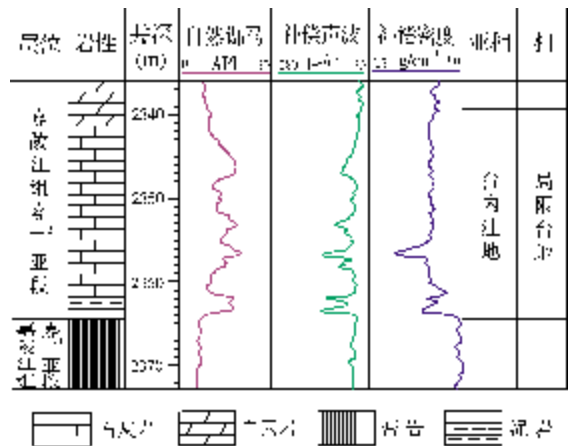


图9 川东北嘉陵江组台内洼地测井响应特征 (铁山5井)

4 沉积相模式

根据以上研究结果和区域沉积演化背景^[7],可得出如下认识:在嘉陵江组沉积时期,整个川东北地区为局限台地和蒸发台地,并且可将川东北地区嘉陵江组二段分为2个沉积相、4个亚相及众多微相单元。微相的分类结合考虑了环境与岩相(表1)^[8],沉积(微)相的模式如图(图10)。

表1 川东北地区嘉陵江组二段沉积相划分表

| 沉积相 | 沉积亚相 | 沉积微相 |
|------|------|----------------------|
| 局限台地 | 粒屑滩 | 砂屑滩、介屑滩 |
| | 局限台坪 | 泥(膏)云坪、云坪、灰云坪、云灰坪、灰坪 |
| | 台内洼地 | |
| 蒸发台地 | 蒸发潮坪 | 膏盆、云膏坪、膏云坪 |

5 沉积相平面展布

综合研究区26口单井沉积相分析及对嘉陵江组二段三个亚段的沉积相平面展布特征研究认为,这三个亚段都经历了水体由深到浅(海进—海退)的沉积旋回过程(图11,图12)。

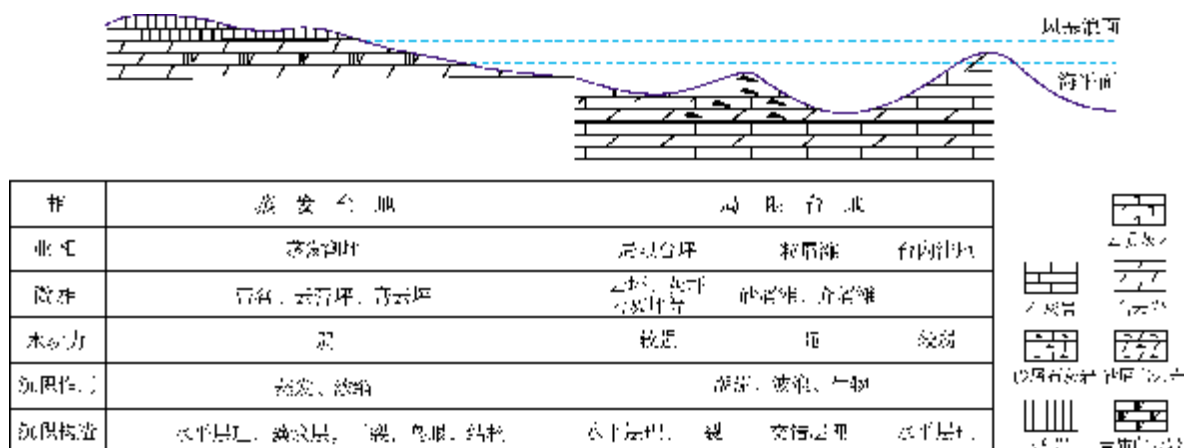


图 10 川东北地区嘉陵江组二段沉积相模式图

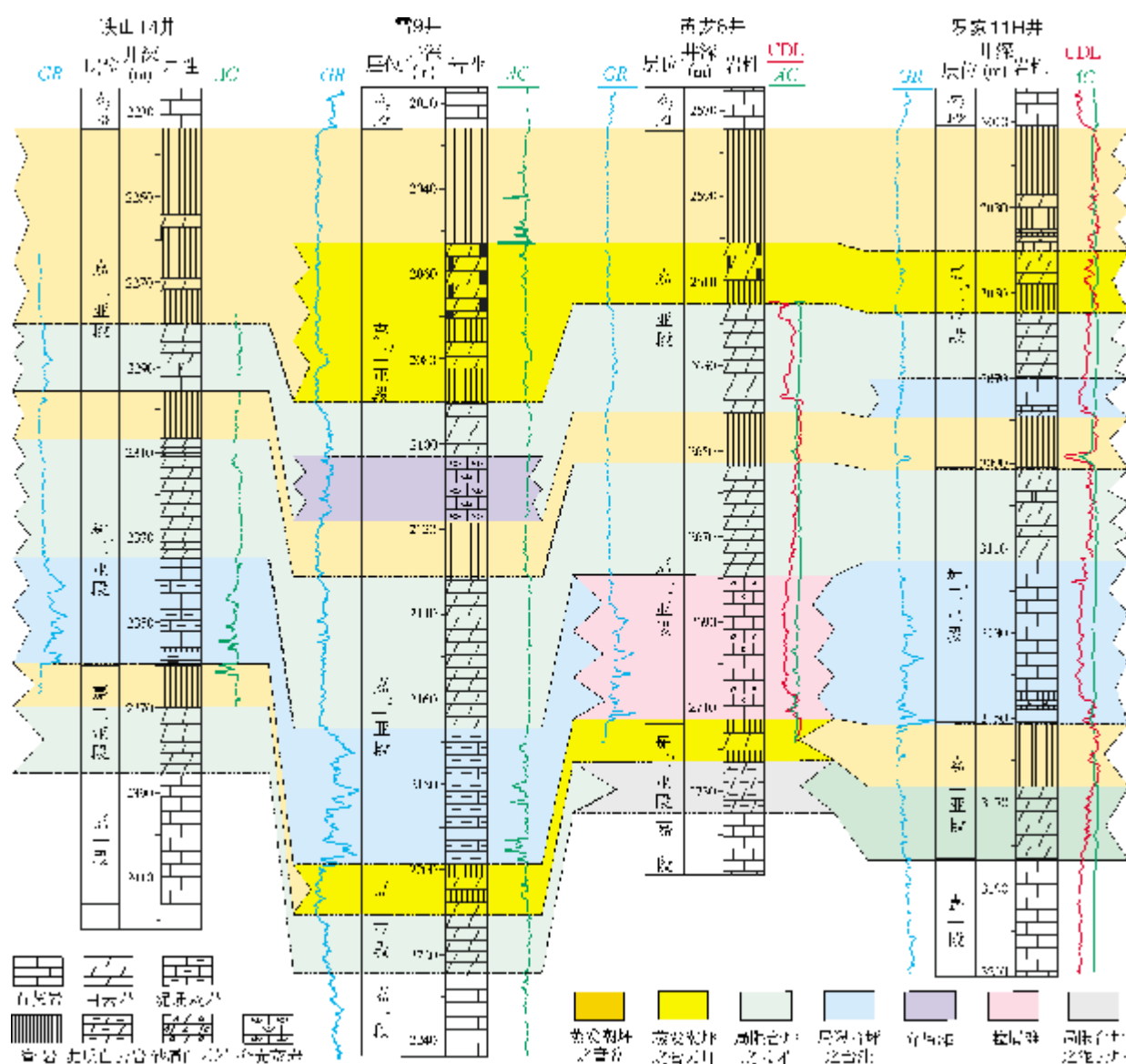


图 11 川东北地区铁山 14—雷 9—黄龙 8—罗家 11H 井连井相对比 (钻井位置见图 2)

从图 11 看出,研究区嘉陵江组二段的每个亚段沉积早期,水体均相对较深,晚期随着海平面降低而水体变浅。沉积环境从相对局限变化为蒸发环境,并且总体看来,嘉陵江组二段沉积的早、中期(嘉陵江组嘉二¹、嘉陵江组嘉二²)水体相对较深,循环相对较好,蒸发相对较弱,处于局限环境。到了晚期水体变浅,循环受阻,蒸发作用增强,变为蒸发环境。嘉陵江组嘉二¹亚段早期,研究区内为局限台坪的云坪微相,到晚期变化为蒸发潮坪相;嘉陵江组嘉二²亚段在三个亚段之中水体相对最深,早期发育台内洼地微相,随水体变浅,变化为云坪微相,最后过渡为蒸发潮坪的膏盆微相;嘉陵江组嘉二³亚段虽然也有水体变化,但整体处于蒸发环境之中,从早期蒸发潮坪的膏云坪变为晚期蒸发潮坪的膏盆。

从图 12 看出,嘉陵江组嘉二²亚段主体均为局限台地环境,水体循环受限,致使水动力条件较差,广泛沉积白云岩及石灰岩。研究区西部(铁山构造以北、达州—宣汉以西、铁山坡构造以南,含部分铁山坡构造)及东部(金珠坪构造以南、温泉构造—正坝南构造以东)沉积时水体相对较深,以发育台内洼地亚相为主。

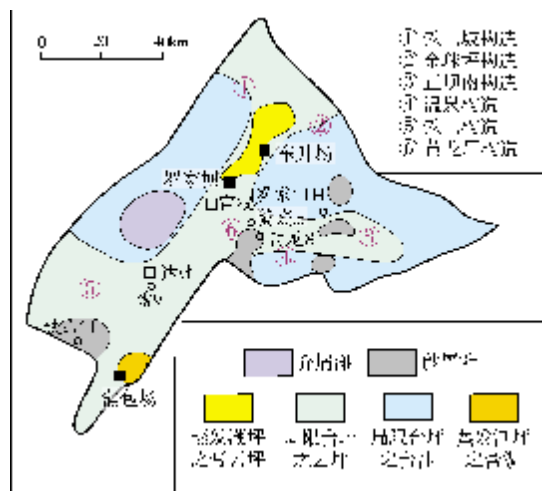


图 12 川东北地区嘉陵江组嘉二²亚段沉积相分布图

研究区中部、北部和南部沉积时水体相对较浅,蒸发作用相对较强,导致大面积白云石化作用的发生,以发育局限白云坪为主。研究区北部的部分地区(铁山坡—罗家坝—东升场一带)及南部的部分地区(蒲包场一带)沉积时水体更浅,常处于暴

露环境之中,蒸发作用强烈,沉积厚层膏岩,发育蒸发潮坪相。在研究区的部分地区(铁山构造南部、温泉构造—黄龙场构造、紫水坝、正坝一带)由于水体浅,水动力条件相对较强,沉积物中含较粗粒的碎屑,发育砂屑滩,在雷音铺一带也可见生屑滩发育。生产实践表明,这些颗粒滩发育区域的井点均有较好的油气显示。由此可见,颗粒滩为油气储集的有力相带^[9-10]。

6 结 论

(1)根据研究区内众多井点的岩性、岩心、沉积相标志及沉积构造背景认为,川东北地区嘉陵江组二段嘉二¹亚段和嘉二³亚段发育蒸发台地环境,主要发育膏岩沉积,可进一步划分为蒸发潮坪亚相及膏盆、云膏坪、膏云坪三个微相。嘉陵江组嘉二²亚段以发育局限台地为主,主要发育石灰岩和白云岩沉积,可进一步划分为局限台坪、粒屑滩、台内洼地三个亚相及白云岩坪、石灰岩坪、云灰坪、砂屑滩及介屑滩五个微相。

(2)通过沉积特征和测井响应及其对比研究认为,研究区嘉陵江组二段沉积相带测井响应具有如下特征:声波时差的变化规律不明显,粒屑滩的测井响应特征不突出,测井响应对于微相的识别划分灵敏度不高。对于蒸发潮坪相而言,自然伽马的形状特征为“低值的平直细锯齿形”,补偿密度的形状特征为“高值的右凸锯齿形”;对于局限台坪而言,自然伽马的形状特征为“中值的平直细锯齿形”,补偿密度的形状特征为“中值的锯齿形”;对于台内洼地而言,自然伽马的形状特征为“高值的右凸强锯齿形”,补偿密度的形状特征为“低值的左凸锯齿形”。

(3)通过沉积微相特征、相带展布及油气显示对比研究认为,研究区内铁山构造南部、温泉构造—黄龙场构造、紫水坝、正坝一带发育的砂屑滩及雷音铺一带发育的生屑滩为嘉陵江组嘉二²亚段油气储集的有力相带。

参 考 文 献

- [1] 雷卞军,周跃宗,杨金利,等. 川中—川南过渡带嘉陵江组二段沉积相及其展布特征[J]. 中国地质, 2006, 33(5): 1151-1154.

- [2] 曹剑,谭秀成,陈景山,等. 川西南犍为地区下三叠统嘉陵江组沉积相及其演化特征[J]. 高校地质学报, 2004,10(3):430-435.
- [3] 王一,王兴志,王一刚,等. 川东北下三叠统飞仙关组白云岩的地球化学特征[J]. 沉积学报, 2009,27(6):1043-1049.
- [4] 罗冰,邹娟,唐青松,等. 磨溪气田嘉二段沉积相再认识[J]. 西南石油大学学报:自然科学版, 2008,30(6):35-39.
- [5] 施振生,金惠,郭长敏,等. 四川盆地上三叠统须二段测井沉积相研究[J]. 天然气地球科学, 2008,19(3):339-346.
- [6] 罗利,陈鑫堂. 用测井资料识别碳酸盐岩沉积相[J]. 测井技术, 1997,21(1):40-45.
- [7] 朱其. 川南合江地区三叠系嘉陵江组层序地层与储层精细研究[D]. 成都:成都理工大学, 2008.
- [8] 方积义. 桂林地区上泥盆统碳酸盐岩沉积相[J]. 沉积学报, 1985,3(4):73-81.
- [9] 李爱国,易海永,刘超,等. 川东北地区嘉陵江组嘉二段储层特征研究[J]. 天然气勘探与开发, 2008,31(3):37-39.
- [10] 邓刚. 川中地区磨溪构造嘉陵江组嘉二段储层特征研究[D]. 成都:西南石油大学, 2006.

编辑:金顺爱

Sedimentation Characteristics of Lower Triassic Jialingjiang 2nd Member in Northeast Part of Sichuan Basin

Yu Haitao, Wang Xingzhi, Li Bin, Zhang Fan, Hou Zhenxue, Li Yu

Abstract: Based on the analysis of rock types, fossils, sedimentary texture and sedimentary facies from rock cores, sections and logging data, it is suggested that the Lower Triassic Jialingjiang 2nd Member deposited in the environments of restricted sea and evaporation platforms in the northeast part of Sichuan basin, which is characteristics of platform flat, tidal flat and calcarenite bank subfacies. It has experienced an entire transgression-regression cycles from the supratidal evaporation environment (evaporation tidal flat) pass the low-energy subtidal environment (dolostone flat and limestone flat) then to another supratidal evaporation environment (evaporation tidal flat). It is suggested that calcarenite bank, dolostone flat and limestone flat developing in the relatively low energy environment are the reservoirs most favorable for hydrocarbon accumulation.

Key words: Lower Triassic; Jialingjiang Formation; Sedimentary facies; Lithofacies; Sichuan Basin

Yu Haitao: male, master's degree in progress. Add: Faculty of Resources and Environment, Southwest Petroleum University, Xindu, Chengdu, Sichuan, 610500 China