

川东北地区下三叠统嘉陵江组嘉二²亚段沉积相研究

周 睿, 代宗仰

西南石油大学地球科学与技术学院, 四川 成都

收稿日期: 2023年8月7日; 录用日期: 2023年9月1日; 发布日期: 2023年9月8日

摘 要

通过对研究区钻测井、岩心、薄片以及野外剖面等资料进行研究, 并结合前人研究成果认为, 川东北地区嘉二²亚段发育局限台地~蒸发台地沉积环境, 可进一步划分为局限潮坪、台内浅滩、蒸发潮坪亚相及灰坪、云坪、膏坪、灰云坪、膏云坪等微相。从下至上, 嘉二段共经历三个水体由深变浅的旋回。

关键词

川东北, 嘉陵江组, 碳酸盐台地, 沉积相

Study on Sedimentary Facies of J²₂ Subsection of Jialingjiang Formation of Lower Triassic in Northeastern Sichuan Basin

Rui Zhou, Zongyang Dai

School of Earth Science and Technology, Southwest Petroleum University, Chengdu Sichuan

Received: Aug. 7th, 2023; accepted: Sep. 1st, 2023; published: Sep. 8th, 2023

Abstract

Based on the study of drilling, logging, core, thin section and field profile data in the study area, combined with previous research results, it is believed that the sedimentary environment of the

文章引用: 周睿, 代宗仰. 川东北地区下三叠统嘉陵江组嘉二²亚段沉积相研究[J]. 地球科学前沿, 2023, 13(9): 1015-1022. DOI: 10.12677/ag.2023.139097

restricted platform-evaporation platform is developed in the T_{1j}^{22} of the northeastern Sichuan Basin, which can be further divided into restricted tidal flat, intra-platform shoal, evaporation tidal flat subfacies and ash flat, cloud flat, gypsum flat, ash cloud flat, gypsum cloud flat and other microfacies. From bottom to top, the second member of Jialingjiang experienced three cycles of water body from deep to shallow.

Keywords

Northeastern Sichuan Basin, Jialingjiang Formation, Carbonate Platform, Sedimentary Facies

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

川东北地区蕴藏丰富的天然气资源, 发现了众多大、中型气田, 其中下三叠统嘉陵江组嘉二²亚段广泛发育颗粒滩, 目前已经在很多构造获得了工业气流, 是嘉陵江组主要产层段之一[1]。经过对嘉二²亚段物性、电性等相关资料的分析研究, 并结合各井试油情况, 发现嘉二²亚段的滩相颗粒岩对于储层的形成十分有利, 究其原因因为颗粒岩孔隙发育, 是形成裂缝-孔隙型(孔隙型)储层的岩性基础条件, 且川东北地区嘉二²亚段颗粒岩形成的滩体分布范围较广, 并已在该区的嘉二²亚段发现了具有开采价值的气藏。因此, 研究嘉二²亚段的沉积相特征对于进一步发掘该地区的油气资源具有重要意义。

2. 区域地质概况

工区位于四川盆地东北部, 以川东北气矿辖区为主, 东与重庆市相连, 东北与陕西省和湖北省接壤, 西与四川省的南充地区相邻, 工区范围内有四川省达州市所辖开江县、宣汉县、达县、大竹县、通川区等10个区、县市。构造位置北起大巴山前缘, 南至温泉井构造带, 西起华蓥山以东, 东至重庆巫山, 面积约10,000 km² (图1)。区域内构造带众多, 目前已在温泉井、黄龙场、铁山、雷音铺等构造带钻获嘉陵江组油气藏。

3. 嘉二²亚段地层特征

川东北地区嘉陵江组整体厚度一般为700~1100米, 其中, 嘉二²亚段一般厚度为50~70 m。总体上看, 宣汉、达川、金珠坪地区、正坝以东相对较厚, 厚60 m以上, 其余地区一般厚50余米。本区嘉二²亚段岩性分布规律性较强。从岩性方面来看, 底部为区域性标志层兰灰色泥岩, 是一个等时界面; 中下部均为灰岩, 以中-薄层状泥晶灰岩为主, 泥质含量一般较高, 个别井夹有鲕粒灰岩、生屑灰岩; 中上部以云岩为主, 包括鲕粒云岩、砂屑云岩、泥晶云岩等, 个别井夹石膏、灰岩; 顶部以云岩-膏岩岩性转换界面作为嘉二²亚段与嘉二³亚段的分界。从电性方面来看, 底部界线处为异常高伽马值, 由下至上伽马值特征为先大幅度降低、而后趋于平稳并带有小幅度波动, 在顶部分界处伽马值出现明显降低, 顶底界线均易于识别。

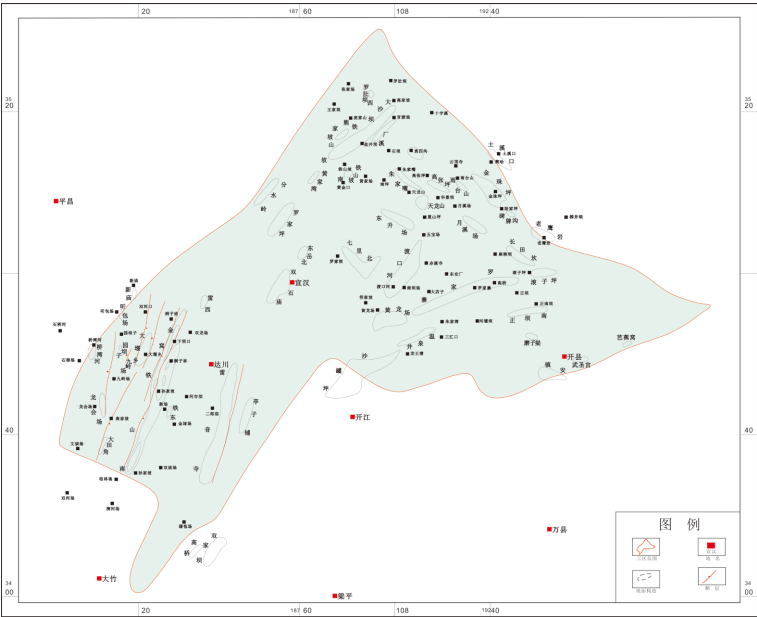


Figure 1. Structural location map of Northeast Sichuan Basin
图 1. 川东北地区构造位置图

4. 嘉二²亚段沉积相类型及特征

4.1. 岩石学特征

(1) 灰岩类

颗粒灰岩：颗粒灰岩是指颗粒含量大于 50%，颗粒支撑，粒间为泥晶方解石胶结或灰泥充填，常见生屑灰岩、鲕粒灰岩[2]。

生屑灰岩：该种岩类在嘉二²亚段主要呈夹层分布，局部生物屑富集，多为泥晶胶结。生屑较为单一，以薄壳、个体较小的双壳类为主(图 2(a))。

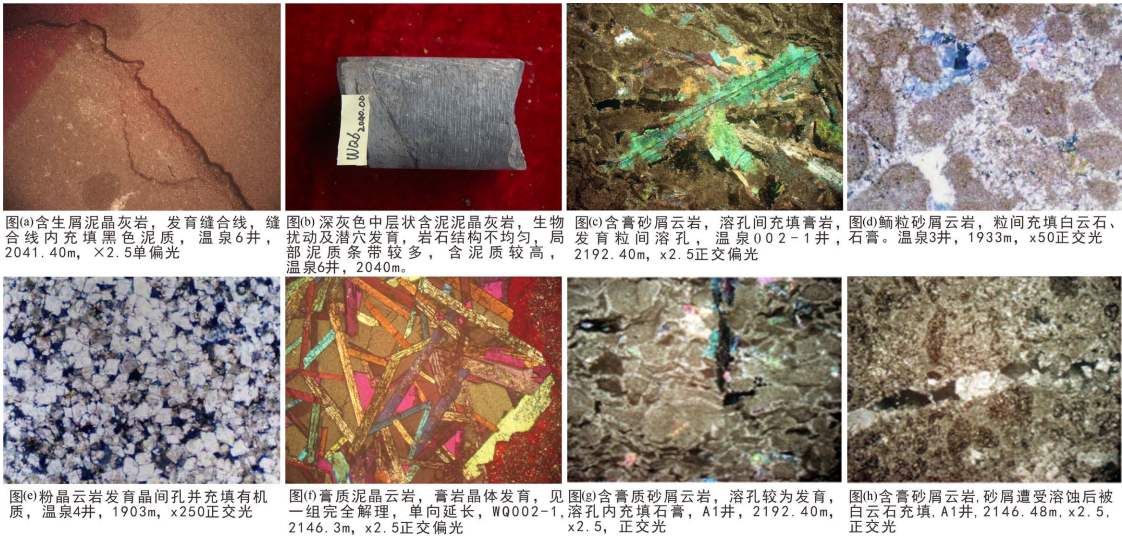


Figure 2. Core and thin section photos of some wells in Northeast Sichuan Basin
图 2. 川东北地区部分井岩心、薄片照片

鲕粒灰岩: 多为灰色、深灰色, 鲕粒结构, 鲕粒内部常被选择性云化, 粒间充填物通常以亮晶方解石胶结物为主, 常以薄夹层的形式存在。

泥晶灰岩: 颜色以灰色 - 深灰色为主, 通常为中 - 薄层状, 泥质条纹较发育, 通常发育生物扰动和潜穴构造, 在岩芯常见被方解石、石膏充填的构造裂缝, 这类岩石多形成在水体比较稳定的低能环境中 [3] (图 2(b))。

(2) 白云岩

颗粒白云岩: 该类岩石颗粒含量大于 50%, 颗粒支撑, 一般呈灰色、灰褐色、深灰色 [4]。颗粒白云岩的主要类型为砂屑白云岩, 其次为鲕粒白云岩。

砂屑云岩: 砂屑云岩中的砂屑一般呈圆 - 次圆状, 大小不均, 细 - 中砂级, 个别达粗砂级, 部分砂屑见棱角, 泥 - 粉晶结构, 亮晶云石构成胶结物, 发育晶间孔隙、粒间及粒内溶孔 (图 2(c))。砂屑云岩一般发育于滩相中, 为砂屑灰岩经云化改造后形成。部分细粉晶云岩具有砂屑幻影, 推测原岩也为砂屑灰岩。多数砂屑云岩的粒间充填有石膏胶结物。

鲕粒云岩: 颜色通常为褐灰色和黄灰色, 中 - 薄层。颗粒大小通常介于 200~600 μm 之间, 分选性较好, 磨圆中等, 很多鲕粒颗粒经过强烈的白云石交代后仅保留其颗粒外形 (图 2(d))。

泥 - 粉晶云岩: 是研究区主要的岩石类型之一, 粉晶为自形 - 他形粒状, 见晶间溶孔和晶间孔, 晶间溶孔部分被有机质充填 (图 2(e))。多数泥粉晶云岩都含有一定量的石膏, 形成含膏云岩或膏质云岩 (图 2(f))。

4.2. 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 [5]。在嘉陵江期, 随着海平面的反复动荡、升降, 使得该地区发育多旋回的局限台地~蒸发台地沉积环境, 并根据沉积环境和沉积产物的特征, 可进一步划分为潮坪(蒸发、局限)、泻湖(蒸发、局限)、台内浅滩亚相。其中, 嘉二²时期川东北地区主要发育潮坪亚相和台内浅滩亚相。

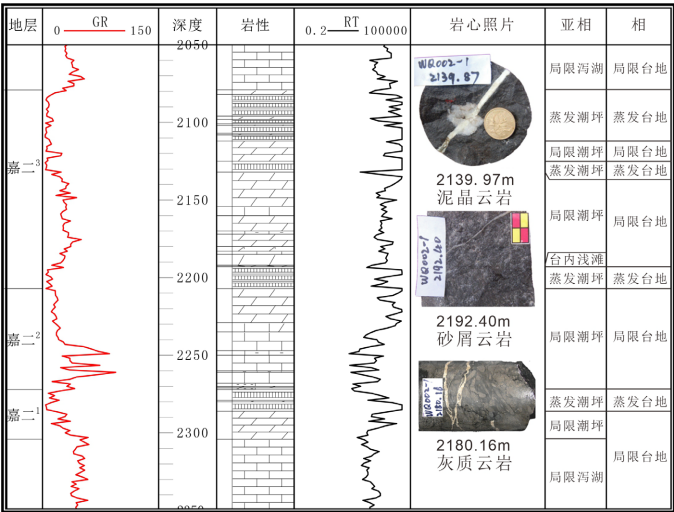


Figure 3. Single well facies of J₂ subsection of A1 well Jialingjiang formation

图 3. A1 井嘉陵江组嘉二²亚段单井相

局限台地相: 主要发育于开阔台地与蒸发台地之间宽阔的潮间 - 潮下区域, 地势相对平坦, 水循环

受限, 水体能量相对较弱, 蒸发作用相对较强; 受潮汐作用影响导致的海平面升降, 直接影响台地是否出露于海面, 因此局限潮坪沉积环境十分发育[6]。且根据沉积物岩性的不同, 可进一步划分为灰坪、云坪、灰云坪、云灰坪等微相。水下局部高地或隆起水动力较强, 易发育台内浅滩亚相, 根据沉积物颗粒类型可进一步分为砂屑滩、鲕粒滩、生屑滩等[7]。

(1) 局限潮坪亚相: 沉积环境相对闭塞, 水体循环不通畅, 深度较浅, 水体能量相对较低。主要为灰岩、云岩、云灰岩、灰云岩及各类颗粒岩等。生物种类有藻类、有孔虫、双壳、腹足、介形虫等, 鸟眼、结合等沉积构造相对发育, 可见水平层理等构造[8]。在剖面结构上, 局限潮坪为局限台地向蒸发台地过渡的中间阶段, 因此, 常与其他相带构成由下至上水体逐渐变浅的相序列(图 3)。

(2) 台内浅滩亚相: 水下局部高地或隆起, 水体相对较浅, 循环较为通畅, 水体能量较高。在这种较强的水动力条件下, 沉积物中的细粒物质常被淘洗, 泥质含量极低, 以粗粒物沉积为主, 岩性主要为鲕粒灰岩、砂屑灰岩、生屑灰岩等, 形成的滩体按照颗粒类型可进一步分为鲕粒滩、砂屑滩、生屑滩及复合颗粒滩[9], 通常规模不大, 但经白云石化作用后可形成较好的储层, 在油气勘探中常作为有利储集相带(图 2(g)、图 2(h))。

4.3. 沉积相模式

根据该地区沉积演化背景, 结合本次研究结果, 认为嘉陵江组沉积时期, 川东北地区主要为局限台地、蒸发台地沉积环境, 相对海平面频繁变化致使该区局限台地和蒸发台地交替发育[10]。同时, 古气候及水体循环性控制了沉积物的分布, 水体较深的泻湖之间为潮坪及台内浅滩, 其沉积相综合模式如图 4。

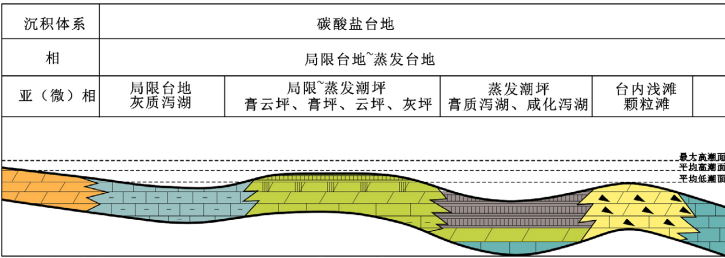


Figure 4. Sedimentary facies model of Jialingjiang Formation in Northeast Sichuan Basin
图 4. 川东北地区嘉陵江组沉积相模式图

5. 沉积相演化序列与展布特征

5.1. 沉积相纵向特征分析

川东北地区嘉二段时期, 可分为三个水体由深变浅的旋回, 分别为: 嘉一段~嘉二¹亚段、嘉二²亚段~嘉二³亚段下部、嘉二³亚段中上部[11]。在嘉一时期, 川东北地区发生大规模海侵, 沉积环境以局限台地-潮坪/泻湖为主, 沉积物以巨厚层泥晶灰岩、含泥灰岩为主; 至嘉二¹时期, 随着水体持续动荡下降, 沉积环境逐渐局限台地向蒸发台地过渡, 由嘉一段的局限潮坪/泻湖逐渐转变为蒸发潮坪, 至此, 嘉陵江期沉积的第一个旋回结束[12]。到了嘉二²亚段沉积时期, 川东北地区发生了小规模海侵, 快速的海侵使得地层中沉积了一层薄薄的兰灰色泥岩, 而后是一个水体逐渐变浅、咸化的过程, 沉积环境由局限潮坪-灰坪逐渐转变为蒸发潮坪-膏云坪, 至此, 嘉陵江期沉积的第二个旋回结束。到了嘉二³亚段中期, 水体深度再次增加, 但持续时间较短, 而后海平面变化较为频繁, 最后逐渐变浅、咸化, 沉积环境的变化也可据此分为三个阶段: 局限潮坪-局限潮坪与蒸发潮坪交替发育-蒸发潮坪。至此, 嘉陵江期

沉积的第三个旋回结束(图 5)。

总的来说,川东北地区嘉二段沉积时期,局限台地、蒸发台地交替发育,且沉积物中常有互层现象出现,反应该时期海平面变化较为频繁。在嘉二³亚段(中上部)沉积以前,川东北地区以局限台地沉积环境为主,蒸发台地发育时间相对较短,嘉二³亚段(中上部)沉积时期蒸发台地则较为发育。其中,嘉二²亚段沉积时期以局限台地沉积环境为主[13]。

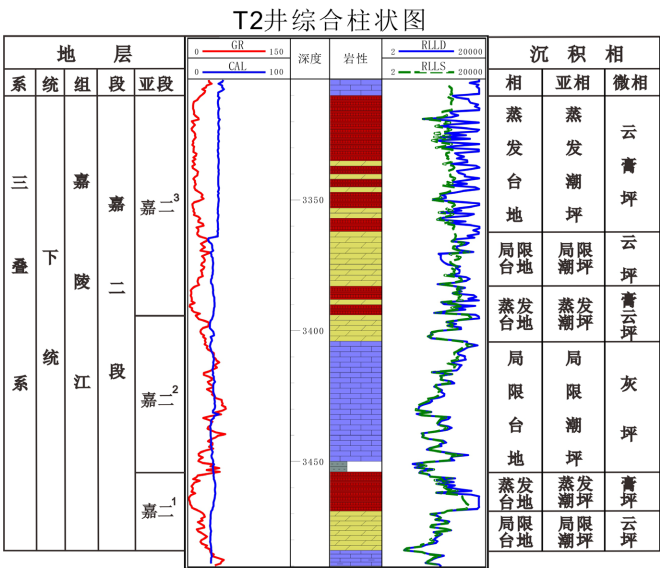


Figure 5. Comprehensive histogram of sedimentary facies in well T2
图 5. T2 井沉积相综合柱状图

5.2. 沉积相横向特征分析

通过对工区古地理背景、地层、单井沉积相等相关资料进行分析,对工区的沉积相演化规律有了初步的认识,现通过连井剖面进一步研究工区沉积相的演化规律[14]。

通过连井剖面可以看出,研究区嘉陵江组二段的每个亚段早期,水体深度均相对较深,而后逐渐变浅。由下至上,嘉二¹亚段下部为局限潮坪-云坪沉积环境,横向上分布较稳定,上部主要为膏坪沉积环境,个别井区为云膏坪沉积环境;嘉二²亚段下部为灰坪,横向上分布较为稳定,仅中部井区发育有台内浅滩沉积环境,嘉二²亚段上部整体为局限潮坪沉积环境,仅右侧部分井区发育有台内浅滩沉积环境;嘉二³亚段下部为膏云坪沉积环境,上部为膏坪,且横向上分布十分稳定,仅左侧井区不同:下部为台内浅滩亚相,上部为云膏坪沉积环境(图 6)。

5.3. 沉积相平面展布特征

从图 7 可以看出,川东北地区嘉陵江组嘉二²亚段主体为局限台地沉积环境,沉积物以潮坪灰岩为主,潮坪云岩沉积厚度相对较小,包括研究区西部的雷音铺、罗家坪、分水岭、铁山等构造及东部的芭蕉窝、武圣宫等构造,仅中部及北部地区为蒸发台地沉积环境,发育膏云坪微相,沉积物以云岩、膏岩为主,且云岩沉积厚度最大,包括罗家寨、温泉井、渡口河、金珠坪等构造。除此之外,该时期研究区还发育有一定规模的滩体,主要分布在铁山南部分地区、雷西-双石庙地区、黄龙场-沙罐坪地区、罗家寨-长田坎地区及罗家寨南部地区。目前,川东北地区已发现的气藏均处于滩相和膏云坪等白云石化程度较高的地区,可以预见,滩相等白云石化程度较高的地区是油气储集的有利相带[15]。

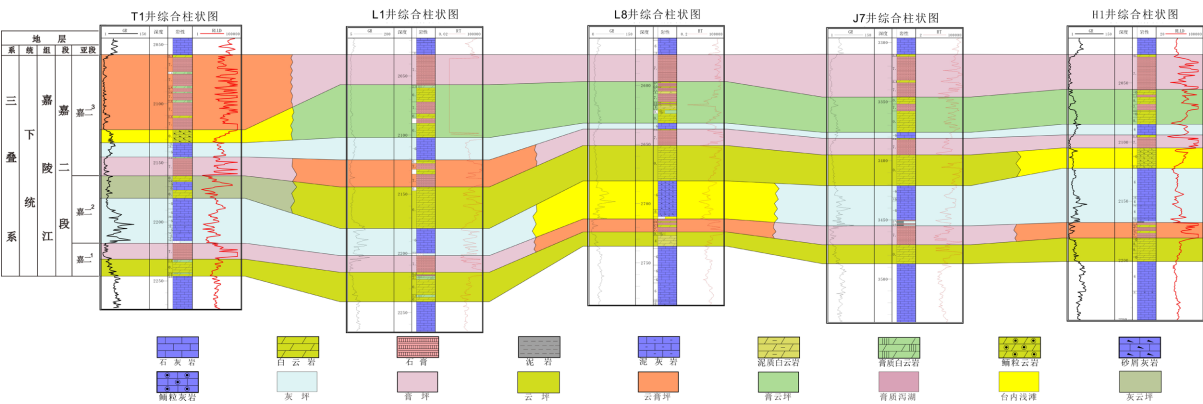


Figure 6. Comparison profile of sedimentary connected wells in Northeast Sichuan Basin
图 6. 川东北地区沉积相连井对比剖面

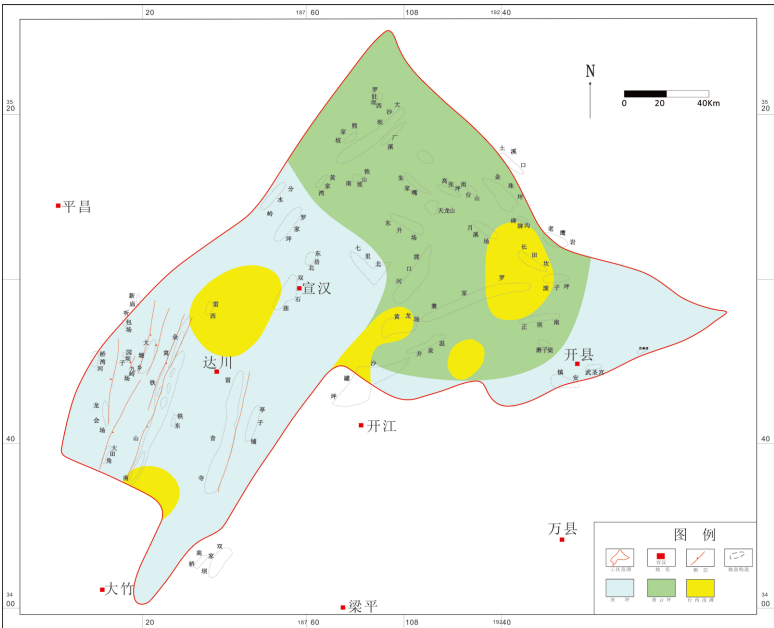


Figure 7. Distribution map of sedimentary facies in the Jialingjiang formation, J₂² subsection, Northeast Sichuan Basin
图 7. 川东北地区嘉陵江组嘉二²亚段沉积相分布图

6. 结论

- (1) 通过研究区的钻测井、岩心以及野外剖面等资料, 并结合前人研究成果, 对川东北地区嘉陵江组进行了地层划分, 认为嘉陵江组划分为嘉一~嘉五 5 个段, 其中嘉二段可分为嘉二¹、嘉二²、嘉二³三个亚段。
- (2) 在地层与古地理背景研究的基础上, 通过岩性组合、沉积构造、测井曲线等方面的研究, 认为川东北地区嘉陵江组嘉二²亚段主要为局限台地 - 潮坪 - 灰坪沉积环境, 其次为蒸发台地 - 潮坪 - 膏云坪沉积环境、局限台地 - 台内浅滩沉积环境。
- (3) 川东北地区嘉二²亚段, 滩相分布范围较广, 其中, 雷西 - 双石庙地区主要为生屑滩, 黄龙场 - 沙罐坪地区、罗家寨 - 长田坎地区、铁山南部分地区及罗家寨南部地区主要为砂屑滩。
- (4) 前人研究认为川东北地区的滩相是有利储集相带, 本次通过对沉积微相特征、相带展布特征的研究

究,并结合工区内各井的油气显示情况,认为研究区内白云石化程度较高的膏云坪微相分布地区,也是油气储集的有利地区。

参考文献

- [1] 张奇, 秦成明, 张红梅. 川东嘉二~层粒屑滩成滩方式及气藏分布规律[J]. 天然气工业, 2005(S1): 13-17.
- [2] 钟治奇. 柯克亚古近系卡拉塔尔组碳酸盐岩成岩作用及孔隙演化[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南石油大学, 2017.
- [3] 孙权威, 徐文礼, 赵研, 徐腾, 蒋欢, 王欣, 陈守春. 川东巫山坎地区嘉陵江组二段沉积相研究[J]. 地球科学前沿, 2021, 11(2): 109-121. <https://doi.org/10.12677/AG.2021.112008>
- [4] 李德星. 川中龙女寺——磨溪地区雷口坡组雷四~雷三段古岩溶储层研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2010.
- [5] 余海涛, 王兴志, 李斌, 等. 川东北地区嘉陵江组二段沉积相特征研究[J]. 海相油气地质, 2011, 16(3): 55-62.
- [6] 文华国, 罗冰, 钟克修, 等. 川东地区三叠系嘉陵江组邻水-丰都台凹的发现及油气勘探意义[J]. 岩性油气藏, 2023, 35(1): 12-24.
- [7] 杨洪宇, 张兵, 方朝合, 等. 四川盆地海相深层富钾锂层系沉积演化规律及储层响应特征[J]. 地学前缘, 2021, 28(6): 95-104. <https://doi.org/10.13745/j.esf.sf.2021.1.45>
- [8] 刘宏. 川东大池干井构造带嘉二<2>~嘉二<1>储层特征及储层预测[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南石油学院, 2005.
- [9] 陈威振, 田景春, 孟宪武, 等. 川西北地区下寒武统龙王庙组构造-沉积演化特征[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2020, 47(5): 522-535.
- [10] 郭强. 川东北地区三叠系富钾卤水分布规律预测[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2020. <https://doi.org/10.26986/d.cnki.gcdlc.2020.000714>
- [11] 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): 1149-1158.
- [12] 徐文礼, 文华国, 刘均, 等. 川东下三叠统嘉陵江组层序——岩相古地理特征[J]. 沉积学报, 2021, 39(6): 1478-1490. <https://doi.org/10.14027/j.issn.1000-0550.2021.105>
- [13] 王文之, 田景春, 张翔, 等. 川南丹凤——塘河地区嘉陵江组储层特征及储层主控因素[J]. 中国地质, 2012, 39(1): 127-134.
- [14] 多海健. 淮东南部地区齐古组沉积体系及含油气性分析[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国石油大学, 2011.
- [15] 王素芬. 川东地区高峰场构造嘉二~2~嘉——储层特征及预测[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南石油大学, 2007.