

Reservoir Characteristics and Main Controlling Factors of Feixianguan Formation in Huanglongchang-Tianchengsi Area

Cong Fu¹, Zhonggui Hu¹, Jingchao Lei², Mingtao Zuo¹, Rui Ling¹

¹Sedimentary Basin Research Center, Yangtze University, Wuhan Hubei

²Exploration Department, Changqing Oilfield Company, PetroChina, Xi'an Shaanxi

Email: xgz1978127@tom.com

Received: Jan. 7th, 2019; accepted: Jan. 21st, 2019; published: Jan. 28th, 2019

Abstract

Based on the analysis of the cores and cuttings of the Feixianguan Formation in 26 wells in the Huanglongchang-Tianchengsi area, combined with the scanning electron microscopy and physical properties, it is believed that the rock types of the Feixianguan Formation are mainly (residual) granular dolomite, powder-fine grain (ash-containing) dolomite, bright-grained glutenite, bright-grained sandstone, etc.; the reservoir space mainly includes intergranular (dissolved) pores, intragranular dissolved pores, intercrystalline (dissolved) pores, (structure, erosion) cracks, etc. The formation and evolution of the Feixianguan Formation reservoir in the study area are mainly affected by sedimentation and diagenesis. The sedimentation is the basis of reservoir formation, which determines the approximate distribution range of the reservoir. The most favorable sedimentary facies zone for reservoir formation is platform margin beach, and most of them distribute in zonal or continental platform along isolated platform margin. Diagenesis is the key to reservoir formation, and the most favorable diagenesis for reservoir formation is dolomitization and burial dissolution.

Keywords

Northeast Sichuan Area, Feixianguan Formation, Reservoir Characteristics, Main Controlling Factors

黄龙场 - 天成寺地区飞仙关组储层特征及主控因素

傅 聪¹, 胡忠贵¹, 雷晶超², 左洛滔¹, 凌 睿¹

¹长江大学沉积盆地研究中心, 湖北 武汉

²中国石油长庆油田分公司勘探部, 陕西 西安

Email: xgz1978127@tom.com

收稿日期: 2019年1月7日; 录用日期: 2019年1月21日; 发布日期: 2019年1月28日

摘要

通过对黄龙场-天成寺地区26口井飞仙关组岩心、岩屑薄片等资料分析, 结合扫描电镜、物性等研究, 认为飞仙关组储层岩石类型主要为(残余)颗粒白云岩、粉-细晶(含灰)白云岩、亮晶鲕粒灰岩、亮晶砂屑灰岩等; 储集空间主要包括粒间(溶)孔、粒内溶孔、晶间(溶)孔、(构造、溶蚀)裂缝等。研究区飞仙关组储层的形成与演化主要受到沉积和成岩作用的共同影响。其中沉积作用是储层形成的基础, 决定了储层的大致分布范围, 最有利于储层形成的沉积相带为台地边缘滩, 多沿孤立台地边缘呈环带状或连陆地呈带状分布; 成岩作用是储层形成的关键, 最有利于储层形成的成岩作用是白云石化和埋藏溶蚀作用。

关键词

川东北地区, 飞仙关组, 储层特征, 主控因素

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

近年来随着油气勘探的不断深入, 在四川盆地东北部下三叠统飞仙关组海相碳酸盐岩油气勘探取得重大突破, 相继发现了龙岗、五百梯、黄龙场、普光和元坝等一系列以台缘礁滩储层为主体的大型天然气藏[1]。前人研究表明, 川东北地区飞仙关组沉积厚度大, 烃源岩丰富, 保存条件良好, 具备大中型气田的成藏条件, 是最具勘探潜力的重要层系。针对颗粒滩相碳酸盐岩的研究主要集中在储层主控因素、成藏机理、沉积特征及分布规律的研究方面, 对这些颗粒滩储集层勘探进行实践和相关研究表明, 滩控型储集层的孔隙演化受不同构造、沉积背景和成岩演化的联合控制[1] [2] [3] [4]。本文以区域地质背景、岩心、野外剖面观察和岩石薄片分析, 阐明了储层的岩性特征、储集空间类型及特征、储层的物性特征。在储层基本特征研究的基础上, 结合前人研究取得的成果, 对储层进行综合分类及主控因素研究。

2. 区域地质概况

研究区主要位于川东地区东缘的黄龙场-天成寺构造区, 地处川东盆缘-大巴山前缘构造复合带, 包括黄龙场、罗家寨、渡口河、天成寺、新兴寺等构造区(图1), 东西向横跨开江-梁平海槽和城口-鄂西海槽。区域构造上隶属于大巴山前陆盆地的前缘拗陷带, 同时也位于川东弧形褶皱带的东北角。沉积特征上, 从飞一~飞四时期, 整体为海退过程, 台地边缘逐渐向海槽推进, 发育规模较广的台地沉积[4]。其中飞仙关早期继承长长期沉积格局, 研究区表现为孤立台地沉积模式, 飞仙关中期-晚期随着开江-梁平海槽的“填平补齐”作用表现为镶边台地沉积, 且开江-梁平海槽逐渐消失, 城口-鄂西海槽不断向东迁移。

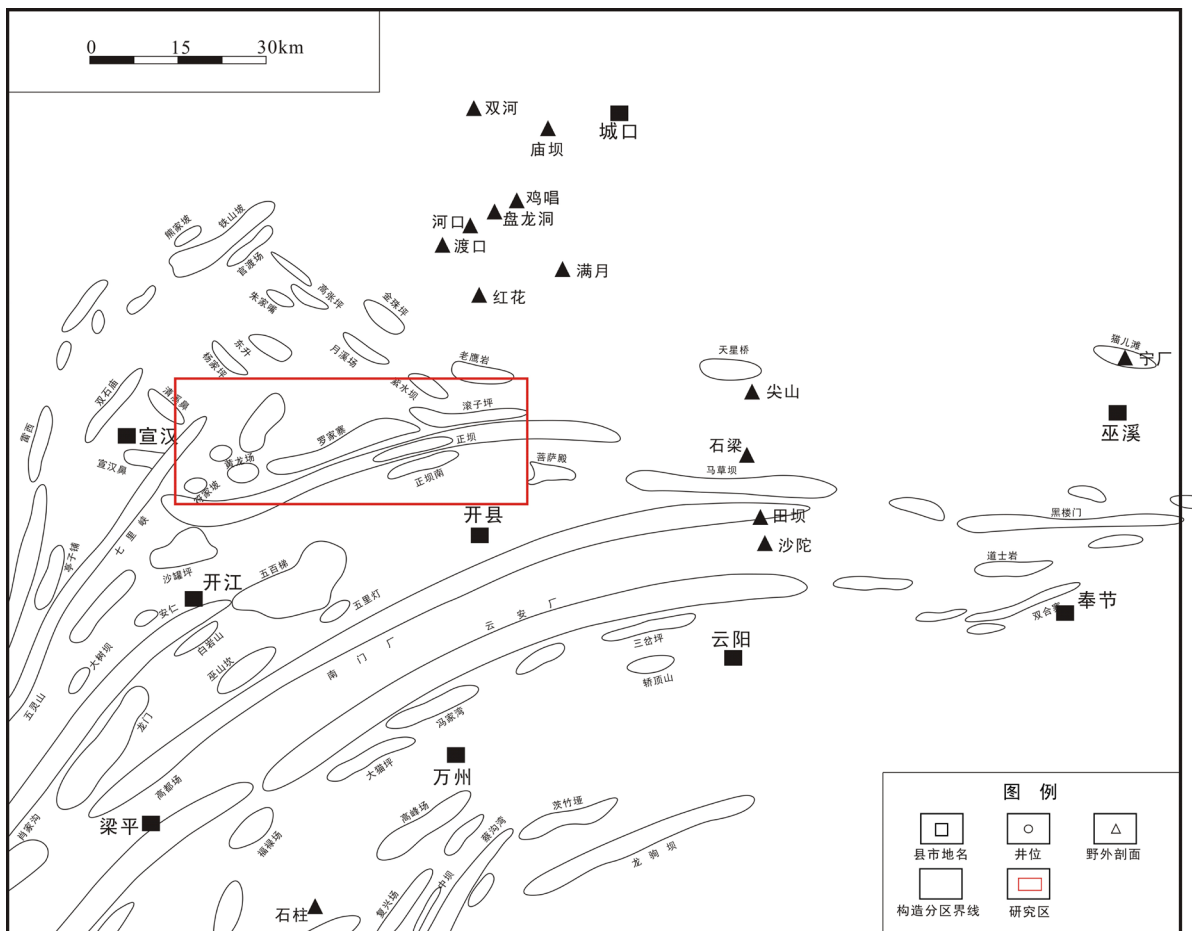


Figure 1. Tectonic distribution map of northeast Sichuan basin and position map of the study area
图 1. 川东北地区构造分布图及研究区位置图

3. 储层特征

3.1. 主要储集岩类型及物性特征

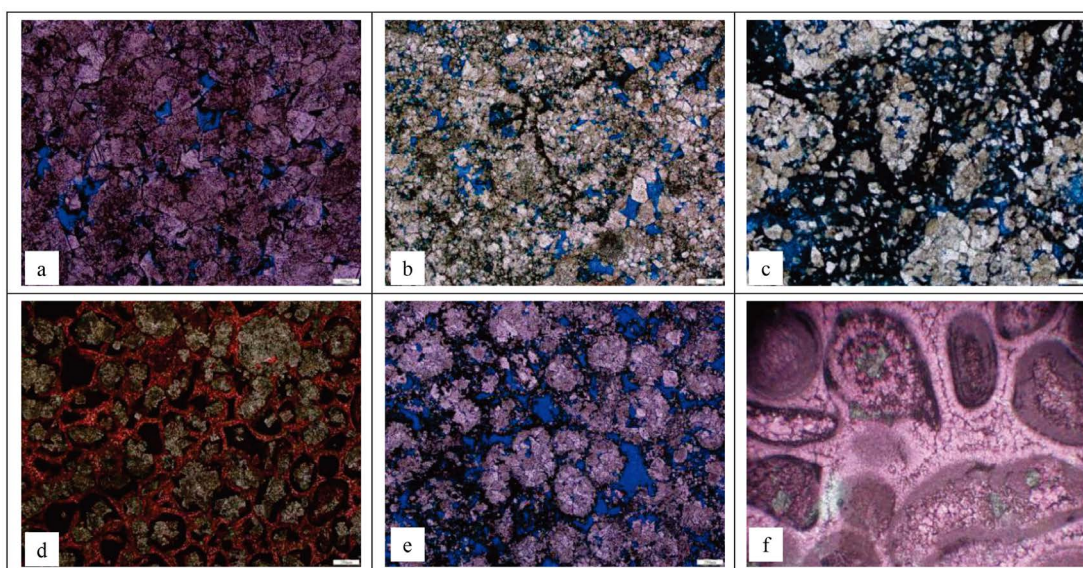
通过详细的岩心观察和镜下薄片鉴定分析,总结了黄龙场-天成寺地区飞仙关组储集岩的主要类型,具储集意义的岩石类型包括(残余)颗粒白云岩、粉-细晶(含灰)云岩、亮晶鲕粒灰岩、亮晶砂屑灰岩(图 2)。其中,颗粒白云岩和粉-细晶白云岩主要分布于飞一~飞三段中,是区内研究层段中最好的储集岩类;颗粒灰岩类较为丰富,多位于飞一段的局部和飞二、飞三段中,储集性能略差;其它岩类,如碎屑岩和膏岩较少,一般不具有储集性能[5]。

通过对研究区飞仙关组岩石物性数据统计分析,从统计的 772 件孔隙度样品中可以看出,孔隙度最大值 23.0%,最小值 0.2%,平均值 3.53%,2.0%以上达到了 43.3% (图 3)。通过对不同岩石类型孔隙度、渗透率的分析表明研究区飞仙关组中(残余)溶孔颗粒云岩、粉-细晶白云岩物性较好;灰岩类物性普遍差(图 4)。

3.2. 储集空间类型

据区内取心井岩心铸体薄片观察,区内飞仙关组储集空间主要为鲕粒云岩、粉-细晶云岩及鲕粒灰岩中的粒间(溶)孔、粒内溶孔、晶间(溶)孔、(构造、溶蚀)裂缝等(图 5)。粒间溶孔、粒内溶孔以及超大溶

孔约占总孔隙 70%，溶孔直径从 0.01~0.3 mm，主要发育在残余鲕粒白云岩、鲕粒灰岩和鲕粒白云岩中，构成研究区储层的主要储集空间；晶间孔、晶间溶孔在白云岩和少量灰岩中较发育，主要分布在由白云石化形成的晶粒云岩类，经选择性溶蚀后可形成晶间溶孔或晶粒溶孔。泥-粉晶白云岩中普遍发育晶间微孔，但孔隙微小，连通能力差。该区发育裂缝系统，有成岩破裂裂缝、构造破裂裂缝及溶蚀缝三种类型[6][7]。成岩破裂裂缝主要是由沉积负荷引起的压实作用和压溶作用形成。缝合线的产状多数与层面平行，呈锯齿状，在研究区碳酸盐岩中十分发育。构造破裂裂缝指受构造应力作用而产生的裂缝，是本区内最主要的裂缝类型。溶蚀缝大多数是在破裂缝的基础上溶蚀发展而成，通常呈弯曲不规则状，后期也主要被亮晶方解石充填。



图片说明：(a) 粉-细晶白云岩，晶间孔较发育，晶体表面较浑浊，天成 1 井，4113.85 m；(b) 粉-细晶云岩，白云石晶形完整，呈半自形-自形晶，晶体表面较脏，晶间孔较发育，正坝 1 井，1810.5 m；(c) 细晶白云岩，晶间孔，晶间溶孔发育，溶蚀作用强烈，具残余砂屑结构，新兴 1 井，3290.7 m；(d) 亮晶残余鲕粒云质灰岩，新兴 1 井，3252.46 m；(e) 残余鲕粒云岩，鲕粒被白云石完全交代，后期因溶蚀作用形成孔隙，正坝 1 井，1828.7 m；(f) 亮晶鲕粒灰岩，天成 1 井，4211 m。以上均为单偏光照片。

Figure 2. Main rock types of Feixianguan Formation in the study area

图 2. 研究区飞仙关组主要岩石类型

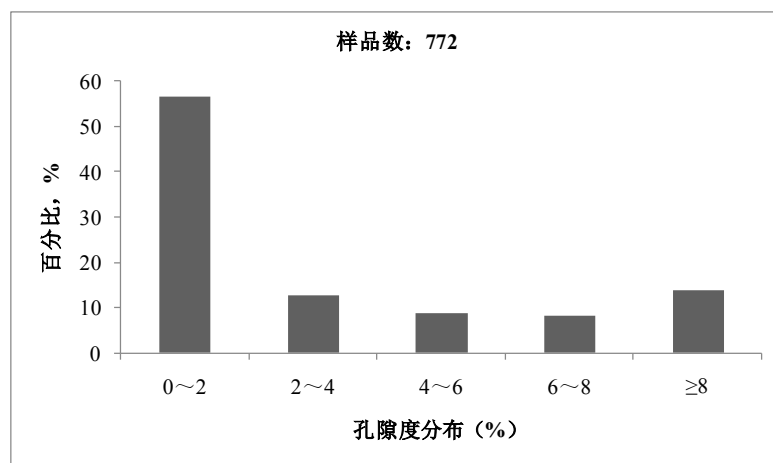


Figure 3. Reservoir porosity distribution histogram of Feixianguan Formation

图 3. 飞仙关组储层孔隙度分布直方图

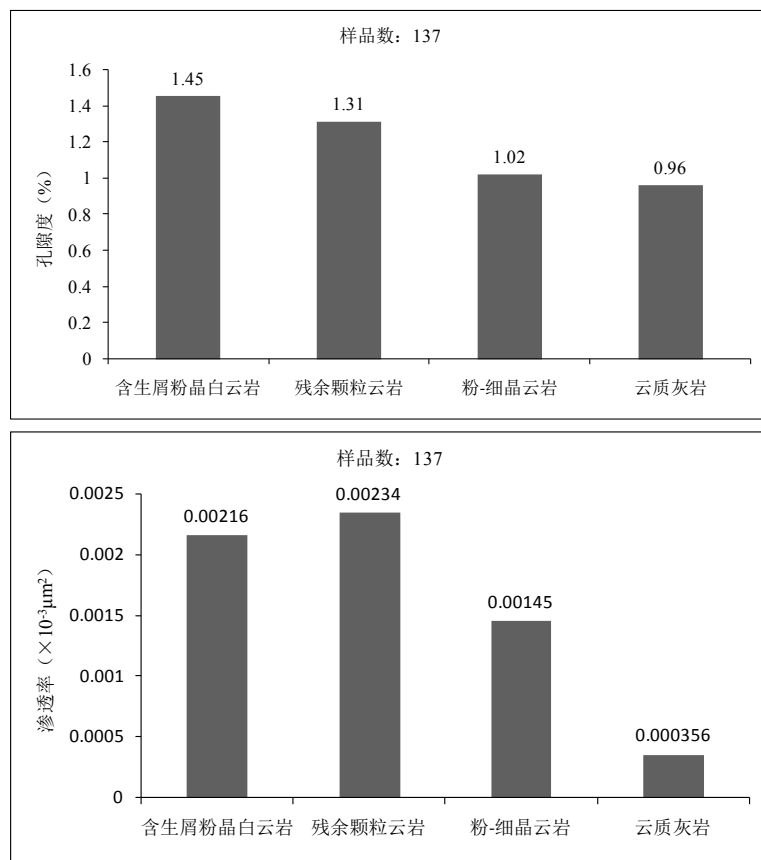
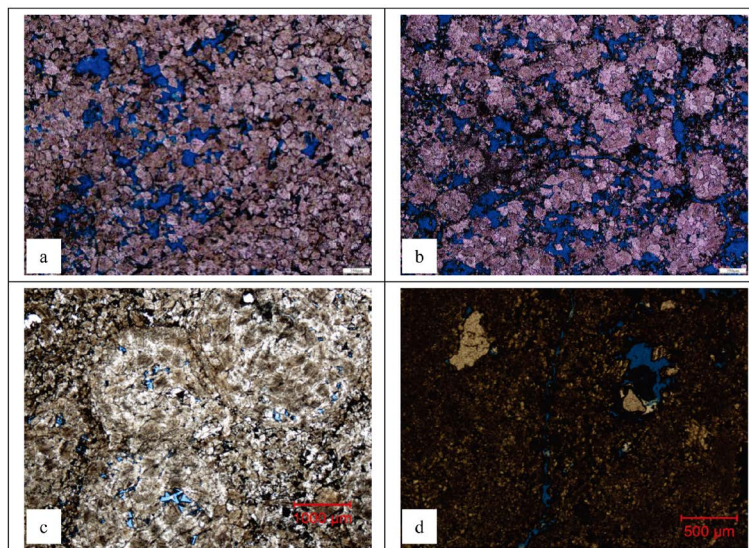


Figure 4. Histogram of average porosity and permeability distribution of different rock types

图 4. 不同岩石类型平均孔隙度、渗透率分布直方图



图片说明: (a) 晶间孔, 细晶白云岩, 新兴 1 井, 3277.18 m; (b) (残余)晶间孔, 残余鲕粒云岩, 正坝 1 井, 1828.7 m; (c) 粒内白云石晶间溶蚀孔, 残余鲕粒白云岩, 七里北 1 井, 5~9/128; (d) 裂缝, 残余鲕粒白云岩, 渡 4 井, 1~32。以上均为单偏光照片。

Figure 5. Main reservoir space types of Feixianguan Formation in the study area

图 5. 研究区飞仙关组主要储集空间类型

4. 储层主控因素

控制川东北地区飞仙关组储层发育的主要因素有沉积作用和成岩作用。其中，沉积作用不仅决定了该套储层的大致分布范围，还影响着后期成岩作用的类型、强度和特征；成岩作用决定了储层的最终分布范围和储层质量的优劣[8] [9] [10]。

4.1. 沉积作用

沉积作用是内在的因素是基础，它不仅决定了主要储层在空间上的基本展布，还影响着储层所经历的成岩作用类型和强度进而影响储层孔隙的发育制约储层的基本特征和内部结构[11]。研究区飞仙关组，从飞一~飞四时期，整体为海退过程，台地边缘逐渐向海槽推进过程，原本沉积水体就浅的台缘礁滩，就更容易暴露于大气水中，台地边缘滩体多为地貌上的隆起区，沉积水体较浅，在频繁海平面升降或滩体加积作用的影响下，沉积物在同生~准同生期易于暴露于水体之上，接受大气淡水的改造，发生溶蚀作用和白云石化作用，有利于储层形成。研究区菩萨 1 井和菩萨 2 井等井区、天成 1 井、玉皇 1 井、新兴 1 井等井区台缘滩的平均孔隙度为 3.25%。在正坝 1 井、新兴 1 井等井区，暴露粒屑滩和暴露鲕粒滩的岩石孔隙度都较高(图 6)。其中溶孔颗粒云岩主要发育在台缘滩，平均孔隙率可达到 7.6%，该岩性明显受到沉积相的控制，因此，台缘滩构成了最有利储层形成相带，主要发育在飞二段中上部。

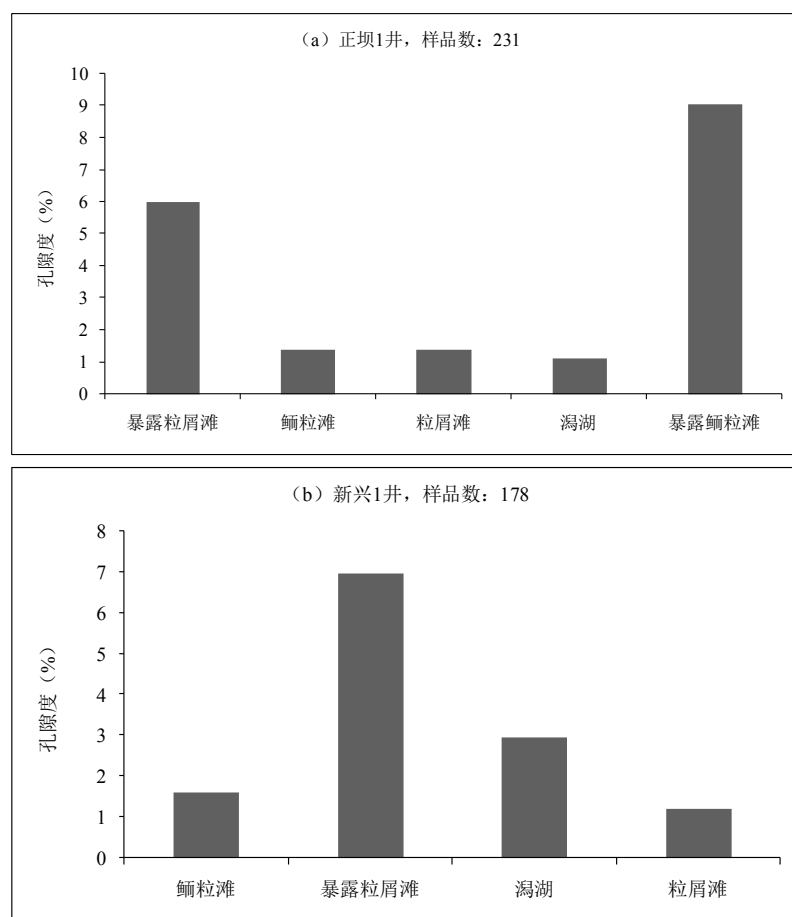


Figure 6. Porosity distribution histogram of different sedimentary microfacies types of Feixianguan Formation

图 6. 飞仙关组不同沉积微相类型孔隙度分布直方图

4.2. 成岩作用

有利于区内飞仙关组储层形成的成岩作用主要为白云石化作用和溶蚀作用。

1) 白云石化作用对储层质量起重要改善作用

在黄龙场 - 天成寺地区, 对不同类型的储层研究表明, 飞仙关组鲕粒白云岩、细晶白云岩是研究区重要储层。通过新兴 1 井统计的飞仙关组白云石含量与孔隙度分布关系来看(图 7), 飞仙关组白云石含量和孔隙度呈较好的正相关关系, 说明白云石含量的增加有利于好的储层形成。这些白云岩大多数都分布在台地边缘鲕滩相带中。鲕滩体在沉积过程中及层序界面形成时期发育的大气水 - 海水混合带以及高水位体系域晚期台地内部变局限等都有利于白云石化作用的发生, 使区内飞仙关组经历了多类多期的白云石化作用[12]。

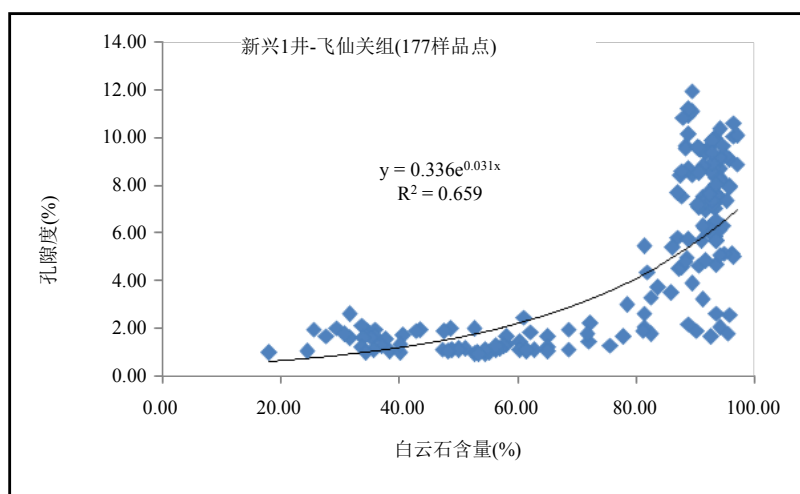


Figure 7. Diagram of dolomite content and porosity of Feixianguan Formation in the study area

图 7. 研究区飞仙关组白云石含量与孔隙度的关系图

2) 溶蚀作用改善储集性能

溶蚀作用是碳酸盐地层储层改善的重要方式, 川东北地区飞仙关组鲕滩储层溶蚀作用主要发生在埋藏环境。飞仙关组溶蚀作用较发育, 形成各类溶蚀孔隙, 成为储集层发育的主要空间类型[12] [13] [14] [15]。早成岩阶段主要以选择性溶蚀作用为主, 早期溶蚀作用形成粒内孔隙, 生物格架孔隙、铸模孔等, 这类孔隙大多数后来都被充填。中成岩早期主要以非选择性溶蚀为主, 形成一些粒间(溶)孔、晶间(溶)孔等, 是储层形成的重要时期。晚成岩期主要溶蚀作用为溶缝、溶洞方式, 是形成较好储层的关键因素。埋藏期间, 酸性流体是首先进入储层储集空间当中然后对储层进行改造的, 此时储层主体已经形成, 故埋藏期溶蚀的主要作用是对原有储层进行溶蚀再改造, 使得储层质量得到极大的提高, 使得储层规模有所扩大。

5. 有利储层相带预测分布

通过对有利储层发育的主控因素分析, 台缘滩是有利储层发育的相带, 白云石化作用和海平面下降相关的大气淡水淋滤作用是形成优质储层的关键成岩作用, 且白云石化和大气淡水淋滤作用往往发育于滩发育部位, 因而台缘带的展布实际控制了有利相带的分布。研究区飞仙关组有利相带展布规律如图 8。

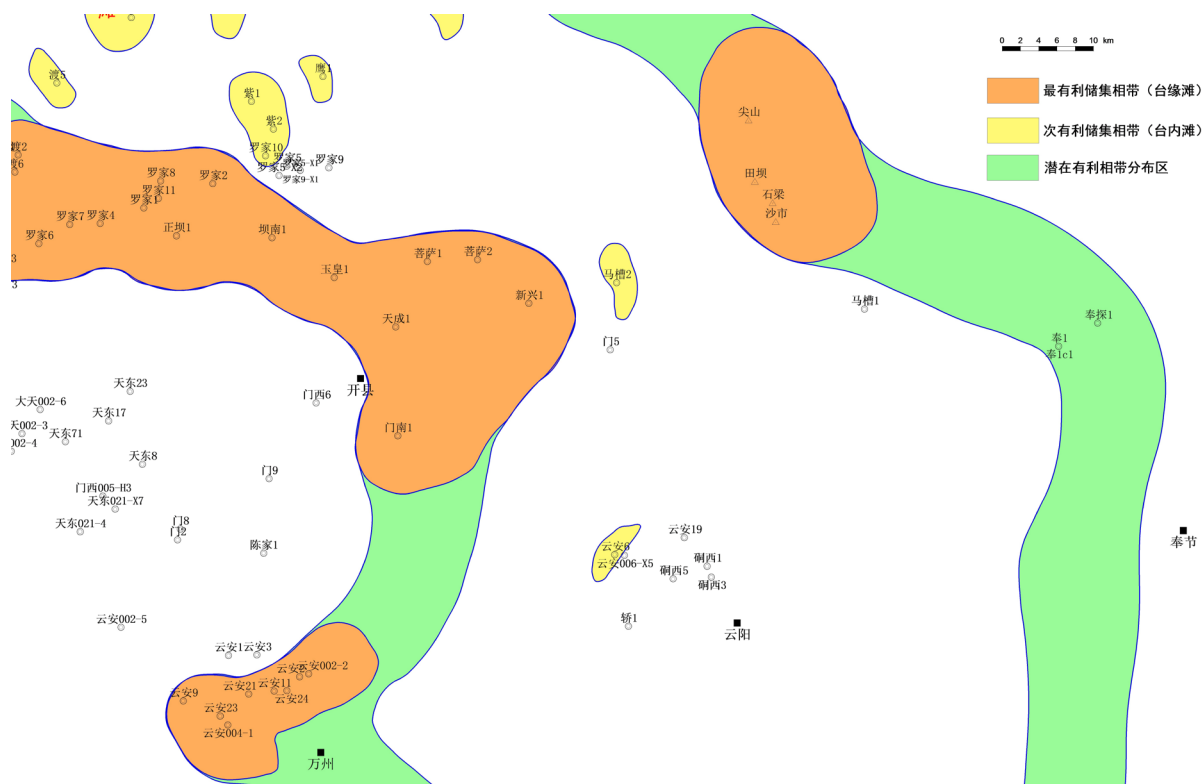


Figure 8. Predictive map of the favorable phase bands of the first to third sections of the Feixianguan Formation

图 8. 飞仙关组有利储集相带分布预测图

6. 结论

1) 黄龙场 - 天成寺地区储层岩石类型主要为(残余)颗粒白云岩、粉 - 细晶(含灰)云岩、亮晶鲕粒灰岩、亮晶砂屑灰岩、亮晶生屑灰岩, 其中以(残余)颗粒白云岩和粉 - 细晶白云岩储层物性最好。主要的储集空间为粒间溶孔和晶间溶孔。

2) 飞仙关组储层的主控因素主要包括沉积相、成岩作用及多因素匹配。沉积相展布是储层发育的基础, 最有利相带是台地边缘浅滩相, 其形成残余鲕粒白云岩及残余鲕粒灰岩等颗粒岩; 成岩作用优质储层发育的关键, 可以改变岩石结构构造形成次生孔隙, 形成优质储层。

参考文献

- [1] 黎荣, 胡忠贵, 胡明毅, 孟令涛. 川东七里峡 - 云安厂地区飞仙关组储层特征及主控因素研究[J]. 高校地质学报, 2015, 21(4): 642-652.
- [2] 腾飞. 城口 - 鄂西地区飞仙关组沉积体系研究[D]: [硕士学位论文]. 荆州: 长江大学, 2017.
- [3] 汪娟. 川东东部地区下三叠统飞仙关组沉积相及其对储层的控制[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南石油大学, 2006.
- [4] 谭先锋, 李洁, 何金平, 彭平. 开江 - 梁平海槽区带南段飞仙关组层序 - 岩相古地理特征[J]. 中国地质, 2012, 39(3): 613-621.
- [5] 王思仪. 川东地区下三叠统飞仙关组成岩作用及对储层的影响[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南石油大学, 2006.
- [6] 贺鸿昌. 建南气田飞三段低渗储层酸压改造技术实践及认识[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南石油大学, 2009.
- [7] 张朝举. 川东北海相碳酸盐岩气藏酸化压裂技术及应用研究[D]: [博士学位论文]. 成都: 西南石油大学, 2009.
- [8] 李军龙, 王兴志, 张帆. 龙门山北段矿山梁 - 天井山地区栖霞组储层研究[J]. 重庆科技学院学报, 2011, 13(3):

46-49.

- [9] 李睿, 厚东琳. 川东北通南巴地区飞三段储层特征及其控制因素[J]. 甘肃科技, 2011, 27(9): 39-41.
- [10] 储昭宏. 川东北长兴组 - 飞仙关组碳酸盐岩储层研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国地质大学(北京), 2006.
- [11] 王兴志, 张帆, 蒋志斌. 四川盆地东北部飞仙关组储层研究[J]. 地学前缘, 2008, 15(1): 117-122.
- [12] 王瑞华, 谭钦银, 牟传龙. 川东北地区飞仙关组鲕滩储层的主控因素[J]. 石油天然气学报, 2011, 33(9): 37-42.
- [13] 乔占峰. 川东北地区普光气田飞仙关组层序地层与储层精细研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2008.
- [14] 谭先锋, 李洁, 何金平, 彭平. 开江 - 梁平海槽区带南段飞仙关组储层特征及控制因素[J]. 新疆地质, 2013, 31(1): 52-56.
- [15] 郭彤楼. 川东北地区台地边缘礁、滩气藏沉积与储层特征[J]. 地学前缘, 2011, 18(4): 202-211.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ag@hanspub.org