

Microfacies Characteristics and Its Effects on Reservoir Forming of the Third Period of the Forth Leikoupo Formation in Western Sichuan Depression

Ke Long, Rong Li, Qiongxiang Wang, Ying Chen, Xiaobo Song

Southwest Petroleum Branch, Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC, Chengdu Sichuan

Email: 24846367@qq.com

Received: May 25th, 2018; accepted: Jun. 12th, 2018; published: Jun. 19th, 2018

Abstract

In the third period of the forth Leikoupo Formation, Middle Triassic, in western Sichuan depression, a set of dolomite with huge thickness, good longitudinal continuity and wide distribution is deposited. Plenty of drillings gain high nature gas production in this set of dolomite. According to abundant analysis of cores and thin sections, sedimentary microfacies characteristics and its effects on reservoir forming are discussed. During the third period of the forth Leikoupo Formation in western Sichuan depression, the tidal plat deposition system within the restrict platform includes 7 microfacies, such as lime flat, algae lime flat, dolomite lime flat, dolomite flat, algae dolomite flat and mud dolomite flat. The water is shallow and relative sea-level changes frequently during the period. Penecontemporaneous dolomitization, forming a large scale of penecontemporaneous dolomite, is apt to be happened in environment of dolomite flat and algae dolomite flat which builds the fundament of reservoir development.

Keywords

Western Sichuan Depression, The Third Period of the Forth Leikoupo Formation, Microfacies, Reservoir, Penecontemporaneous Dolomitization

川西坳陷雷四³亚段沉积微相特征及对储层的影响

隆 轲, 李 蓉, 王琼仙, 陈 颖, 宋晓波

中石化西南油气分公司勘探开发研究院, 四川 成都

Email: 24846367@qq.com

收稿日期: 2018年5月25日; 录用日期: 2018年6月12日; 发布日期: 2018年6月19日

摘要

四川盆地西部坳陷中三叠统雷口坡组雷四³亚段沉积了一套厚度大、纵向连续性好、分布范围广的白云岩, 多口钻井在该套白云岩钻揭高产工业气流。在大量岩心、薄片分析基础上, 探讨了沉积微相特征及其对储集层发育的影响。川西坳陷雷四³时期为局限台地环境背景下的潮坪沉积, 进一步可识别出灰坪、藻灰坪、(藻)云灰坪、(藻)灰云坪、云坪、藻云坪、泥云坪7个微相; 雷四³沉积时期沉积水体浅且相对海平面变化频繁, 早期发育云坪、藻云坪环境易发生准同生白云岩化, 形成大规模的准同生白云岩, 为储层发育奠定了基础。

关键词

川西坳陷, 雷四³亚段, 沉积微相, 储层, 准同生白云岩化

Copyright © 2018 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

碳酸盐岩储层发育的控制因素一直是碳酸盐岩油气勘探领域研究的热点, 有利的沉积微相为储层发育提供物质基础是众多学者的共识, 一般认为有利的微相主要为高能滩相或者含膏层系[1] [2] [3], 在经历暴露淡水淋滤或埋藏溶蚀[4] [5]等多期成岩作用后成为油气的储集体。对于沉积微相与准同生期白云岩储层关系的研究报道较少, 随着川西坳陷海相碳酸盐岩油气勘探的不断深入, 雷四³亚段广泛分布的白云岩成为备受关注的领域, 对这套潮坪相白云岩的沉积微相、成岩环境及其关系越来越受到重视。

前人对四川盆地雷口坡组沉积相特征进行了大量研究[6] [7] [8], 认为川西地区雷口坡组为局限一蒸发台地相[9] [10], 区内发育众多潟湖、含膏潟湖和盐湖, 深水潟湖亚相沉积的富藻碳酸盐岩具有成为大中型气田主力烃源岩的有利条件; 台缘障壁亚相潟湖边缘的白云岩坪和颗粒浅滩是有利沉积相带[11]; 沉积环境形成的物质基础是后期成岩演化与孔隙演化的关键, 影响了储层最终的储集面貌[12]。但均未有针对雷四³亚段沉积微相对准同生阶段白云岩化的影响进行过系统研究, 因此, 通过为川西坳陷雷四³亚段白云岩的沉积微相特征、岩石学特征、白云岩成因等方面进行针对性探讨, 旨在为川西雷四段潮坪相白云岩储层油气勘探提供依据。

2. 研究区概况

川西坳陷位于四川盆地西部(见图 1), 近年来加大了对该地区的海相油气勘探, 并取得重大勘探突破, 先后多口钻井在雷口坡组四段获得高产工业气流, 展示出雷口坡组巨大的勘探潜力[13]。该地区成藏条件优越, 雷口坡组顶面为“两隆、两凹、两斜坡”的构造格局, 川西发育雷四段厚度大、分布广泛的潮坪相白云岩, 雷口坡组本身发育的局限潟湖相藻白云岩烃源岩, 生烃潜力巨大, 为这套孔隙型储层成藏提供丰富的资源基础[14] [15]。

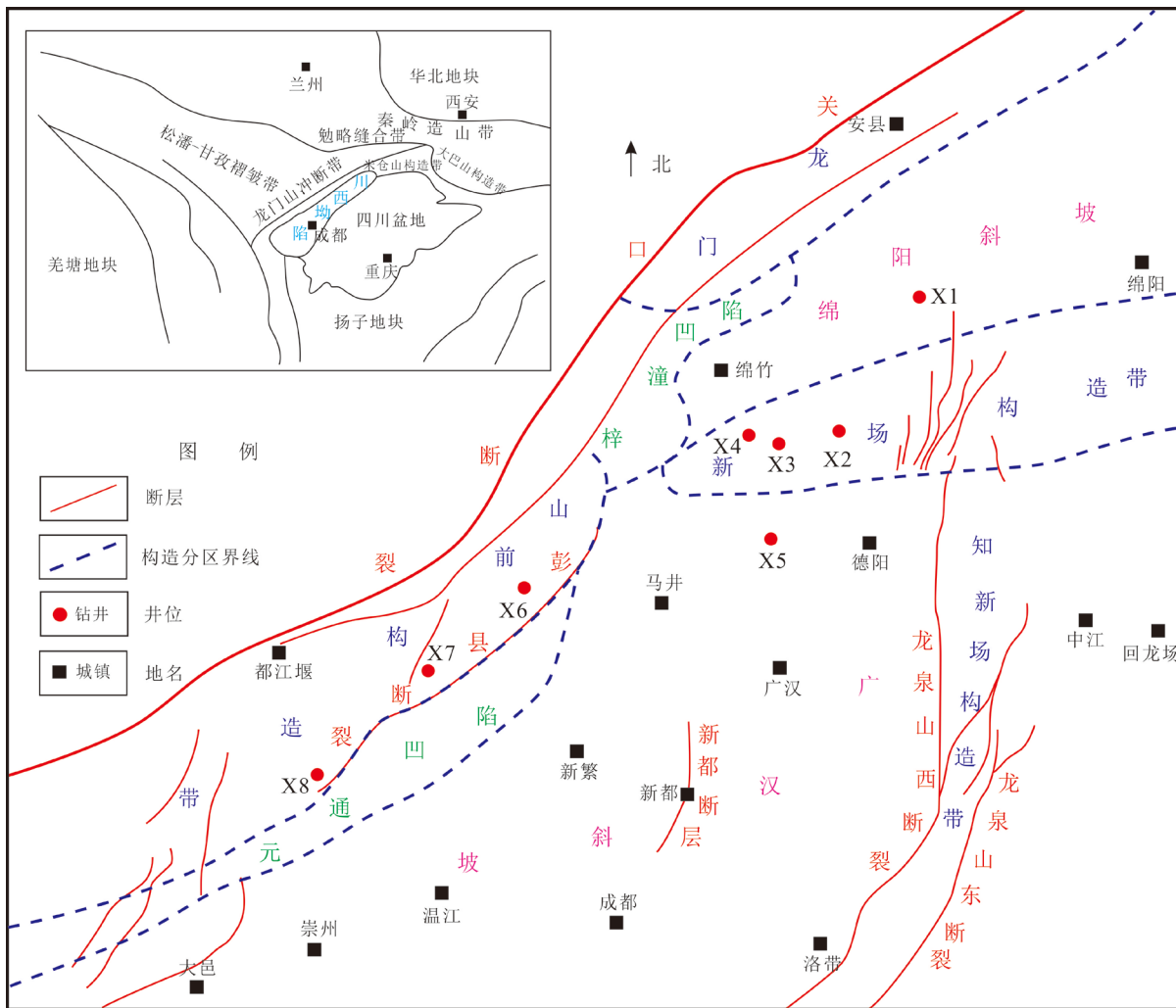


Figure 1. Location map of Western Sichuan Depression and study area
图 1. 川西坳陷构造与研究区位置图

3. 地质背景

从早三叠世开始，四川盆地地壳处于拉张性质，以嘉陵江期末广泛分布“火山凝灰岩-绿帘岩沉积”为界进入中三叠世雷口坡期，江南古陆不断隆升，与龙门山岛链、康滇古陆以及大巴山古陆使四川盆地构成了一个比较封闭的碳酸盐岩台地环境。随着华蓥山深断裂带形成泸州-开江古隆起，天井山古隆起也再次发生隆升，四川盆地呈现出东高西低、南高北低的地形特征。台地受到古陆和众多古隆起的阻隔，从而使川西形成了相对封闭陆表海盆，向西一侧为龙门山-盐源台缘斜坡、巴颜喀拉海盆和甘孜塘洋盆。海水从阿坝海域通过龙门山岛链上潮坪岛之间的潮道或漫过水下的海堤进入四川海盆。本阶段的低海平面[16]背景以及干旱气候[17][18]为三叠纪盐岩沉积创造了条件，浅水台地环境受海平面频繁升降变化的影响，形成了盐岩、白云岩和灰岩的交互沉积建造。雷四早期以川西-川西南地区发育厚大蒸发岩盆沉积为特征，随着海平面的上升，雷四晚期在高盐度、富含 Mg^{2+} 的水体环境中准同生阶段的白云岩化。

4. 沉积微相特征

通过对区内重点钻井岩心、岩屑宏观与微观特征的研究，在沉积相标志识别基础上，认为雷四³时

期主要为局限台地沉积背景下的潮坪沉积，可识别出潮上、潮间、潮下 3 个亚相，其中以潮间亚相最为发育，进一步通过岩石类型、沉积构造特征，识别出灰坪、藻灰坪、云灰坪、灰云坪、云坪、藻云坪、泥云坪等 7 个微相类型。

纵向上，在雷四³时早期以云坪微相为主，沉积厚度大，一般大于 65 m，横向展布稳定，是主要的微相类型，藻类繁盛，发育藻云坪微相，以薄层尖灭状发育于云坪微相中，连续性较差。雷四³晚期以云灰坪、藻灰坪、灰云坪及藻砂屑滩微相为主，横向变化明显，表现出海平面频繁变化下的沉积响应特征(见图 2)。

以储层发育段为编图单元，采用优势相编图法，编制雷四³亚段沉积早期和晚期微相平面图，探讨沉积微相在平面上的展布特征。雷四³亚段沉积早期，主要以云坪与藻云坪微相沉积为主，随着海平面的变化，云坪与藻云坪微相的展布范围也随之变化。本阶段的川西地区的海水主要来至北西方向，而沉积相带的展布与之呈垂直关系，呈北东-南西向展布。云坪与藻云坪均为雷四³亚段储层发育的有利微相(见图 3)。雷四³亚段沉积晚期，为以灰坪-灰云坪为主的局限台地相沉积，岩性以藻灰岩、灰岩、云质灰岩为主，夹灰质白云岩(见图 4)。

5. 储层特征

大量薄片鉴定及统计表明，研究区内雷四³亚段分布最广、厚度较大的储层岩性主要有以下 7 类：

- ① 晶粒白云岩(图 5(a)、图 5(b))；
- ② 晶粒颗粒白云岩(图 5(c))；
- ③ (含)颗粒晶粒白云岩(图 5(d))；
- ④ 藻纹层白云岩(图 5(e))；
- ⑤ 晶粒(含)灰质白云岩(图 5(f))；
- ⑥ 晶粒(含)白云质灰岩(图 5(g))；
- ⑦ 晶粒颗粒灰岩(图 5(h))。

通过实测物性数据，晶粒白云岩、晶粒颗粒白云岩、藻纹层白云岩和(含)颗粒晶粒白云岩，物性最好，单井平均孔隙度在 4.74%~5.4%，为优质储层的主要岩类；晶粒(含)灰质白云岩平均孔隙度在 2.25%，为中等储层，晶粒颗粒(含)白云质灰岩及晶粒颗粒灰岩，平均孔隙度低于 2%左右，以发育裂缝为主，为差储层(表 1)。

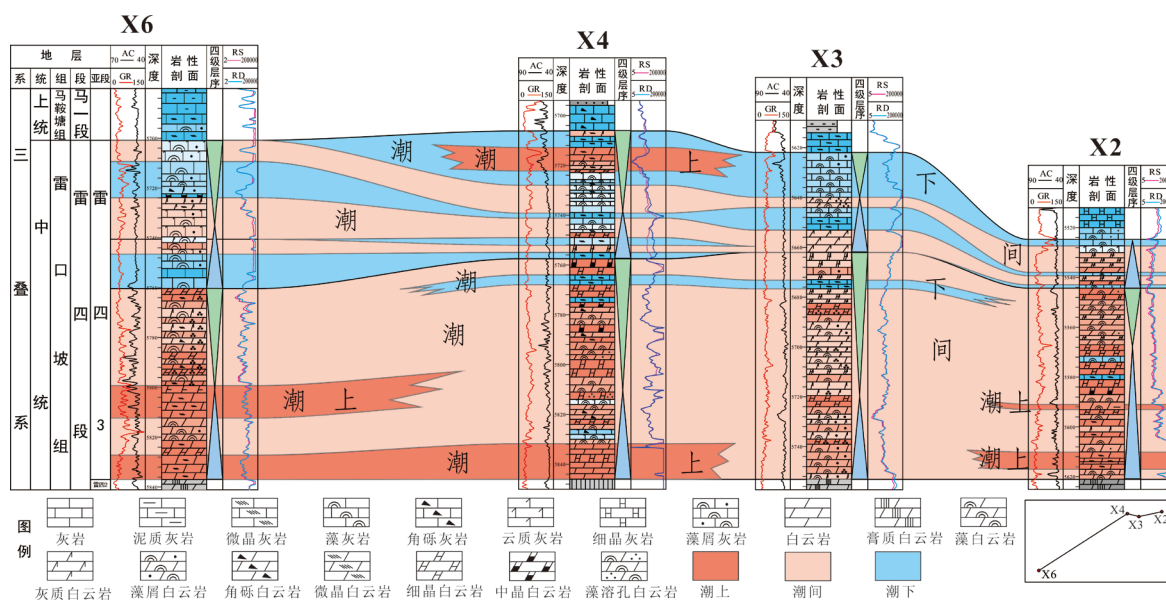


Figure 2. Collation map of sedimentary microfacies, third period of the fourth Leikoupo formation in Western Sichuan Depression

图 2. 川西雷四³亚段沉积微相对比图

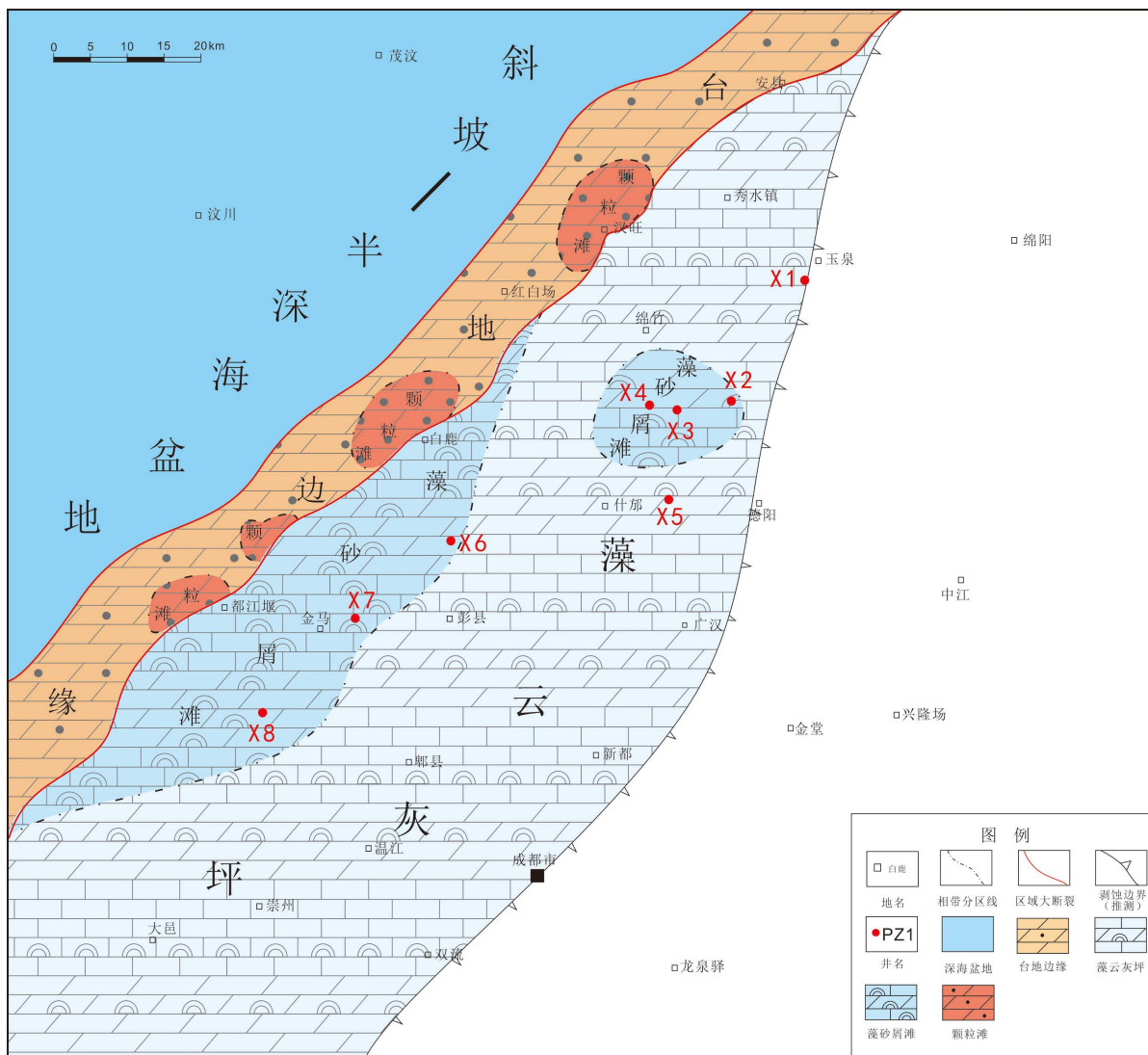


Figure 3. Microfacies map of early third period of the fourth Leikoupo formation in Western Sichuan Depression
图 3. 川西雷四³亚段早期沉积相图

纵向上，根据沉积特征及岩性，可分为上、下两套储层。上储层岩性主要为晶粒颗粒灰岩夹晶粒(含)灰质白云岩、和薄层晶粒白云岩。下储层岩性主要为晶粒白云岩、晶粒颗粒白云岩、藻纹层白云岩和(含)颗粒晶粒白云岩。平面上，龙门山前构造带以晶粒白云岩、藻纹层白云岩、颗粒白云岩为主，广汉斜坡带主要为晶粒白云岩、晶粒(含)白云质灰岩、晶粒颗粒灰岩。新场构造带及绵阳斜坡晶粒白云岩 + 晶粒颗粒白云岩 + (含)颗粒晶粒白云岩为主。

6. 沉积微相与储层发育关系

通过阴极发光及白云石有序度等特征表明，雷四³亚段白云岩主要形成于准同生期。单井分析及连井对比发现，白云岩在雷四³亚段下部为大规模连片分布，层状分布的白云岩主要发育云坪相、藻云坪相之中，而上部白云岩为夹层状，分布于灰岩、白云质灰岩和灰质白云岩中(见图 6)，上部的沉积微相主要为藻灰坪和藻砂屑滩沉积，这类沉积微相不利于准同生白云化的进行，仅在局部水体咸化或海平面相对下降的时候才能形成夹层状分布的白云岩，白云岩分布受沉积微相控制的特征明显。

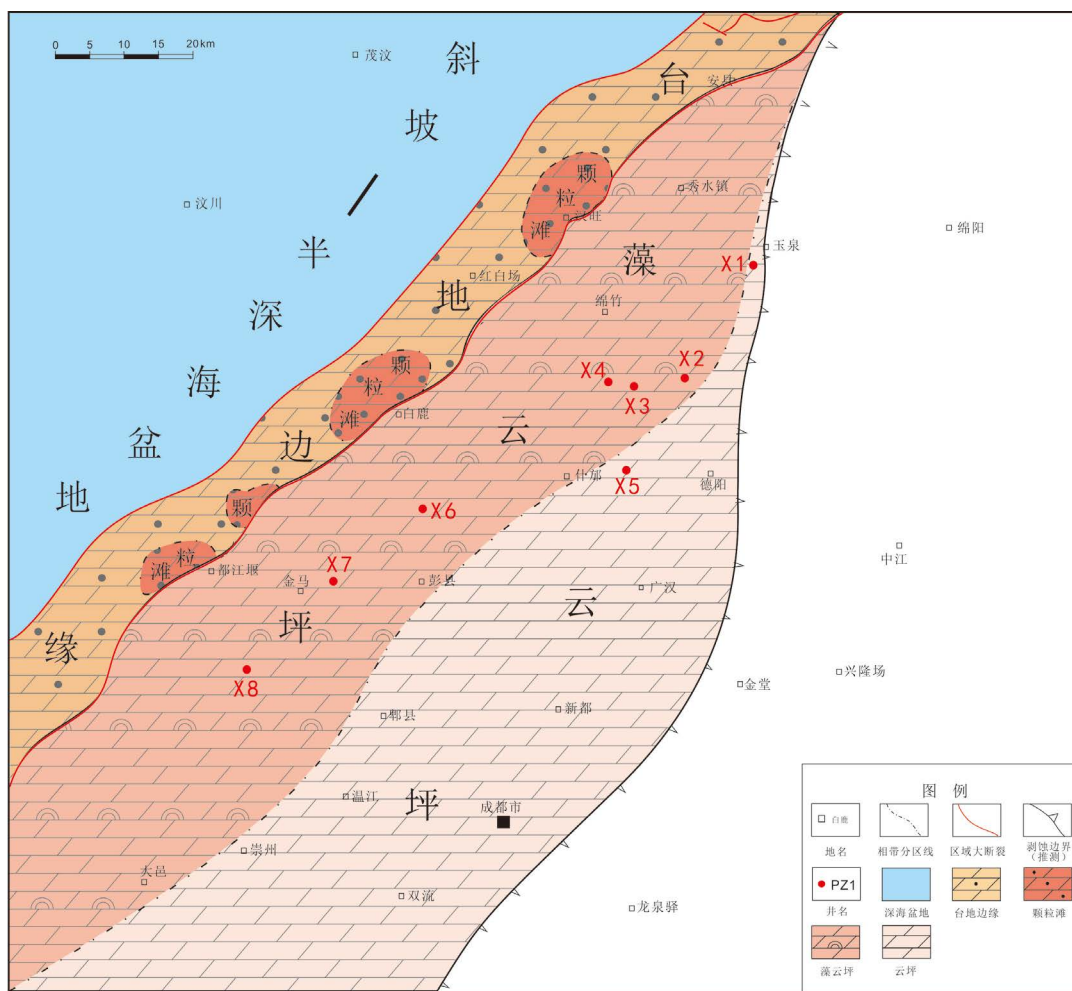
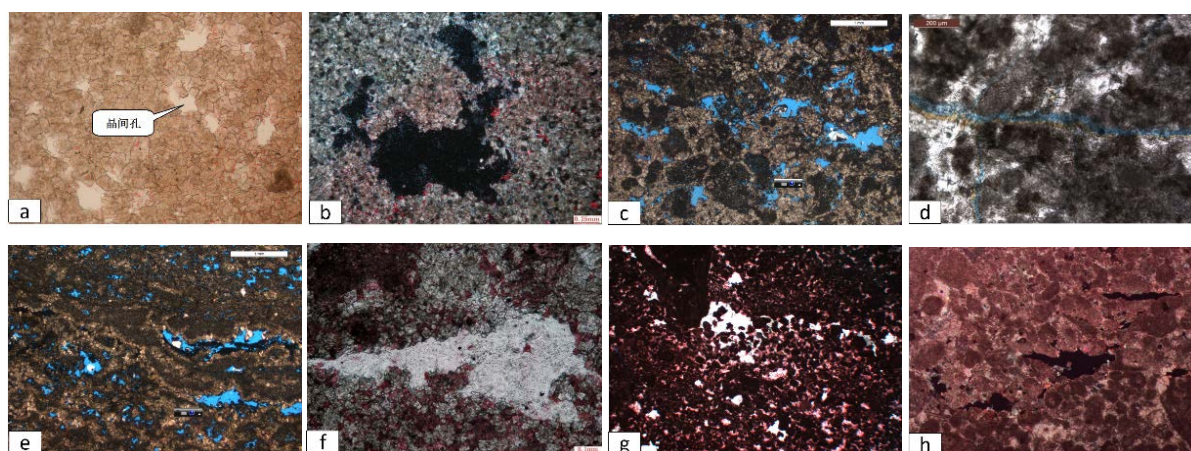


Figure 4. Microfacies map of late third period of the fourth Leikoupo formation in Western Sichuan Depression
图 4. 川西雷四³亚段晚期沉积相图



a、溶孔微晶白云岩, (-)×40, X3, 5581 m; b、溶孔微晶白云岩, (-)×25, X4, 5721.4 m; c、溶孔微晶藻砂屑白云岩, (-)×25, X6, 5785.09 m; d、藻砂屑微晶白云岩, 裂缝发育, (-)×50, X5, 6177.3 m; e、藻纹层微晶白云岩, (-)×25, X6, 5793.95 m; f、灰质白云岩, 不规则溶孔, (-)×100, X1, 5749 m; g、亮晶藻砂屑白云质灰岩, (-)×12.5, X8, 6124 m; h、亮晶藻砂屑灰岩, (+)×50, X8, 6113 m.

Figure 5. Reservoir lithologic character of third period of the fourth Leikoupo formation in Western Sichuan Depression
图 5. 川西雷四³亚段储层岩性特征

Table 1. Reservoir physical properties and types of pore space
表 1. 储集岩物性及孔隙空间类型统计表

储集岩	平均孔隙度(样品个数)	渗透率(样品个数)	孔隙空间类型
晶粒白云岩	4.85% (68)	2.07 mD (61)	晶间溶孔、晶间孔
晶粒颗粒白云岩	5.40% (66)	3.60 mD (62)	晶间溶孔、粒间溶孔、藻间溶孔
(含)颗粒晶粒白云岩	5.35% (7)	3.25 mD (4)	晶间溶孔、藻间溶孔
藻纹层白云岩	4.74% (62)	3.02 mD (55)	窗格孔、藻间溶孔、晶间溶孔
晶粒(含)灰质白云岩	2.25% (16)	0.409 mD (13)	晶间溶孔、晶内溶孔
晶粒(含)白云质灰岩	1.35% (8)	0.046 mD (8)	不规则溶孔、晶间溶孔、溶缝
晶粒颗粒灰岩	0.618% (61)	1.544 mD (41)	粒间溶孔、晶间溶孔、溶缝

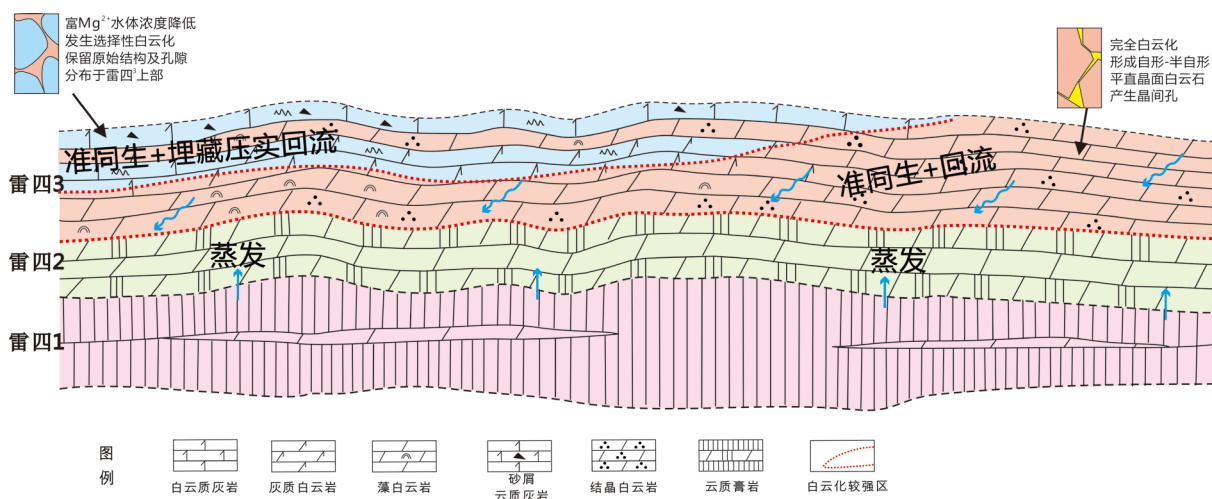


Figure 6. Dolomitization mode of penecontemporaneous and circumfluence, third period of the fourth Leikoupo formation in Western Sichuan Depression

图 6. 川西地区雷口坡组四段成岩早期准同生-渗透回流白云化模式图

在进入浅埋藏期之后，封存于孔隙中的富 Mg^{2+} ，高盐度的流体被压实、压溶作用向下渗透继续对准同生期形成的泥微晶白云岩进行改造，从结晶大小和晶形上都向有利于储层发育的自形-半自形晶白云岩变化，形成大量晶间孔，极大的改善了岩石的基本孔隙，为储层的发育奠定了基础。而上储层段，由于孔隙封存的流体盐度低，经过压实压溶作用后，仅在缝合线附近形成微-粉晶白云石，形成含白云质灰岩，白云质灰岩和灰质白云岩，这类岩性组合不利于储层的发育，白云岩夹层可形成III类储层，而其它灰岩孔隙度都较低，主要为非有效储层。

综上所述，上、下储层段储层发育程度的差异根本原因是沉积微相的分布差异，云坪相、藻云坪相的展布控制了白云岩的纵、横向空间的展布，从而决定了白云岩优质溶蚀孔隙型储层的空间分布。

7. 结论

1) 四川盆地中三叠统雷口坡组主要为局限台地沉积，川西地区雷四³亚段主要为潮坪相沉积，可进一步识别出潮上、潮间、潮下3个亚相，藻云坪、云坪、灰云坪、云灰坪、藻灰坪等7个微相。

2) 雷四³亚段储层岩石类型为晶粒白云岩、晶粒颗粒白云岩、颗粒晶粒白云岩、藻纹层白云岩、晶粒(含)灰质白云岩、晶粒(含)白云质灰岩、晶粒颗粒灰岩；纵向上可分为上、下两套储层，上储层段主要

灰岩类, 下储层段以白云岩类为主, 总体上下储层段品质由于上储层段。

3) 雷四³亚段白云岩储层分布主要受控与沉积微相的分布, 雷四段下部大规模层状分布的白云岩, 受云坪相、藻云坪相沉积环境控制; 上部以为藻灰坪和藻砂屑滩沉积, 这种环境不利于准同生白云化的形成。

参考文献

- [1] 高达, 林畅松, 杨海军, 左璠璠, 蔡振忠, 刘景彦, 张丽娟, 李虹. 塔中地区良里塔格组沉积微相及其对有利储层的控制[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 2013, 38(4): 819-831.
- [2] 韩剑发, 任凭, 陈军, 林畅松, 王锦生, 李浩. 塔中隆起北斜坡鹰山组沉积微相及有利储集层展布[J]. 新疆石油地质, 2016, 37(1): 18-23.
- [3] 李宏涛, 龙胜祥, 游瑜春, 刘国萍, 李秀鹏. 元坝气田长兴组生物礁层序沉积及其对储层发育的控制[J]. 天然气工业, 2015, 35(10): 39-48.
- [4] 刘石磊, 郑荣才, 颜文全, 廖军, 蒋昊, 汪小平. 阿姆河盆地阿盖雷地区牛津阶碳酸盐岩储层特征[J]. 岩性油气藏, 2012, 24(1): 57-63.
- [5] 杨光, 石学文, 黄东, 汪华, 丁伟. 四川盆地龙岗气田雷四³亚段风化壳气藏特征及其主控因素[J]. 天然气工业, 2014, 34(9): 17-24.
- [6] 叶军. 川西海相天然气勘探难点及对策[J]. 天然气工业, 2008, 28(2): 17-22.
- [7] 罗啸泉, 唐桂宾. 川西龙门山前缘雷口坡组油气成藏条件[J]. 四川地质学报, 2012, 32(1): 0032-0035.
- [8] 周进高, 辛光勇, 谷明峰, 等. 四川盆地中三叠统雷口坡组天然气勘探方向[J]. 天然气工业, 2010, 30(12): 16-19.
- [9] 许国明, 宋晓波, 王琼仙. 川西坳陷中段三叠系雷口坡组 - 马鞍塘组油气地质条件及有利勘探目标分析[J]. 海相油气地质, 2012, 17(2): 0014-0019.
- [10] 张劲超, 赵晨露, 杜浩坤, 等. 川西雷口坡组滩体沉积相研究[J]. 长江大学学报(自科版), 2013, 10(10): 0004-0006.
- [11] 吕玉珍, 倪超, 张建勇, 等. 四川盆地中三叠统雷口坡组有利沉积相带及岩相古地理特征[J]. 海相油气地质, 2013, 18(1): 0026-0032.
- [12] 李凌, 谭秀成, 丁熊, 等. 四川盆地雷口坡组台内滩与台缘滩沉积特征差异及对储层的控制[J]. 石油学报, 2011, 32(1): 0070-0076.
- [13] 李书兵, 许国明, 宋晓波. 川西龙门山前构造带彭州雷口坡组大型气田的形成条件[J]. 中国石油勘探, 2016, 21(3): 74-82.
- [14] 杨克明. 四川盆地西部中三叠统雷口坡组烃源岩生烃潜力分析[J]. 石油实验地质, 2016, 38(3): 366-374.
- [15] 谢刚平. 川西坳陷中三叠统雷口坡组四段气藏气源分析[J]. 石油实验地质, 2015, 37(4): 418-422, 429.
- [16] 殷鸿福, 童金南, 丁梅华, 张克信, 赖旭龙. 扬子区晚二叠世 - 中三叠世海平面变化[J]. 地球科学, 1994(5): 627-632.
- [17] 颜佳新. 东特提斯地区二叠 - 三叠纪古气候特征及其古地理意义[J]. 地球科学, 1999(1): 15-22.
- [18] 颜佳新, 赵坤. 二叠 - 三叠纪东特提斯地区古地理、古气候和古海洋演化与地球表层多圈层事件耦合[J]. 中国科学(D 辑: 地球科学), 2002(9): 751-759.

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