

# 塔里木盆地古城地区下古生界碳酸盐岩储层 硅化作用特征及对储层的影响

卢曦<sup>1,2</sup>

1 大庆油田有限责任公司勘探开发研究院; 2 中国石油集团碳酸盐岩储层重点实验室大庆油田研究室

**摘要** 塔里木盆地古城地区下古生界碳酸盐岩储层中局部存在显著的硅化现象,硅质主要发育于寒武系,奥陶系蓬莱坝组、鹰山组三段—四段和一间房组。显微镜下岩石学特征表现为2种形式:以隐晶硅质交代碳酸盐岩并充填孔隙和以自生石英的方式充填孔洞。流体包裹体均一温度、微量元素和硅氧同位素等实验分析测试表明:石英中的流体包裹体均一温度较高,介于121~206℃,主要集中在150~175℃之间;硅质具有高Fe、Mn,低Al的特征;硅质的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值介于0.1‰~3.6‰,  $\delta^{18}\text{O}$ 值介于12.7‰~27.9‰,计算得到硅质交代流体的 $\delta^{18}\text{O}$ 值在8.23‰~12.65‰之间,与中—酸性岩浆水相当。综合分析认为古城地区下古生界碳酸盐岩中的硅质来源可能为中—酸性岩浆热液。早期交代成因的隐晶硅质对储层起破坏作用,而晚期自生石英往往代表酸性流体背景下的产物,酸性热液对储层起到了一定的建设作用。早期硅化作用主要发育于寒武系、奥陶系蓬莱坝组和鹰四段、鹰三段,而晚期硅化作用主要发育于寒武系和鹰三段。硅化作用对寒武系和鹰三段储层的改善作用相对更大。

**关键词** 碳酸盐岩; 硅化作用; 岩石学特征; 地球化学特征; 储层; 古生代; 古城地区

**中图分类号**:TE122.2 **文献标识码**:A

## 0 前言

硅化作用对碳酸盐岩储层的改造具有双重性:一方面,硅化流体可以溶蚀碳酸盐岩形成溶孔、溶洞,增大碳酸盐岩的孔隙度,改善储层;另一方面,硅化流体可以结晶充填于孔洞或裂缝之中,破坏储层<sup>[1-3]</sup>。研究硅质流体的类型及其对于碳酸盐岩储层的影响,对有效开展与硅质相关储层的油气勘探有重要意义。前人认为塔里木盆地地下古生界碳酸盐岩中发育有隐晶质硅质结核或硅质条带,它们通常是沉积形成的<sup>[4-6]</sup>。但是,在塔里木盆地古城地区上寒武统一奥陶统并未见到明显的硅质沉积层,这表明该套地层沉积时期不存在富硅海水而形成广泛沉积。并且根据薄片观察,硅质交代现象普遍发育,尤其是在后期溶蚀改造比较发育的白云岩中,溶蚀孔洞中常充填或者部分充填晶形较好的石英晶体,这种硅化现象推断是热液流体造成的,热液流体会对

碳酸盐岩储层产生不同程度的溶蚀改造作用。

本文通过普通薄片、铸体薄片、流体包裹体均一温度、硅氧同位素以及石英的元素组成等岩石学和地球化学分析测试(硅氧同位素分析在中国石油集团杭州地质研究所实验中心完成,其他在大庆油田勘探开发研究院实验中心完成),总结了塔里木盆地古城地区下古生界碳酸盐岩储层中硅化作用的岩石学和地球化学特征,探讨了硅化作用的成因及对储层的改造作用,这对下一步开展有利储层及勘探区带预测具有积极意义。

## 1 地质概况

古城低凸起位于塔里木盆地中央隆起带的中东部,西南部以塔中I号断裂与塔中隆起相邻,东部以上寒武统一中下奥陶统坡折带与塔东隆起相接,北部与满加尔凹陷毗邻(图1a)。古城低凸起为北西倾的下古生界大型宽缓鼻状构造,北东向断裂

收稿日期:2020-07-08; 改回日期:2021-08-29

本文受中国石油天然气股份有限公司重大科技专项“塔东天然气成藏理论及勘探配套技术研究”(编号:2016E-0204)资助

**第一作者**: 卢曦,工程师,2008年毕业于中国石油大学(华东)地质学专业,理学学士,现就职于大庆油田勘探开发研究院,从事碳酸盐岩储层评价工作。通信地址:163712 黑龙江省大庆市让胡路区大庆油田勘探开发研究院实验中心地质试验研究室; E-mail: ds\_luxi@petrochina.com.cn

发育(图1b),呈现出堑垒相间的断块构造格局。本文研究区古城地区位于古城低凸起东段,下古生界碳酸盐岩地层主要包括寒武系和奥陶系蓬莱坝组、鹰山组(自上而下分为鹰一段—鹰四段)、一间房组,主要发育局限台地—半局限台地—开阔台地相的白云岩、灰质白云岩及石灰岩。受加里东中期构造运动影响,一间房组顶部地层遭受一定程度的剥蚀。多期构造运动的叠加使得古城地区纵向上形成了多套储盖组合,它们与满加尔凹陷的烃源岩供给相匹配,具备优越的油气成藏条件。

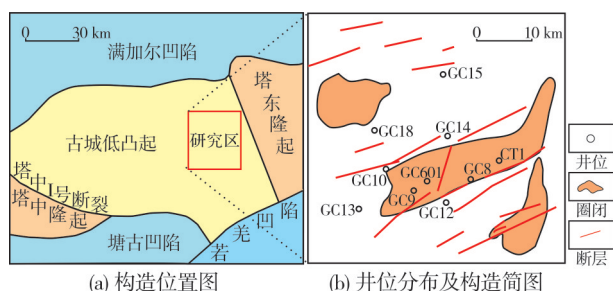


图1 塔里木盆地古城地区地质概况

Fig. 1 Geological overview of Gucheng area in Tarim Basin

## 2 硅化作用特征

### 2.1 微观特征

基于古城地区10口井(井位见图1b)的薄片观察,区内硅化作用普遍发育。根据硅质晶体形态特征,硅化作用可分为两类:早期的隐晶硅质对碳酸盐岩的交代,晚期的石英充填。

#### 2.1.1 早期的隐晶硅质对碳酸盐岩的交代

据镜下观察,隐晶硅质对碳酸盐岩的交代现象具有2种存在形式:①局部交代。在白云岩中主要发育于细中晶白云岩中,表现为在白云石晶间交代或沿裂缝充填并对围岩溶蚀交代,可见硅质重结晶成为微晶石英颗粒,被隐晶硅质包围(图2a, 2b);在灰岩中表现为沿通道(裂缝,孔洞)侵入式溶蚀并交代(图2c),伴随着流体中离子浓度、饱和度的升高,溶蚀能力降低。②大面积交代。表现为对围岩进行溶蚀并交代,单偏光下常见颗粒残余结构(图2d),在白云岩硅质之中还常见细—中晶自形白云

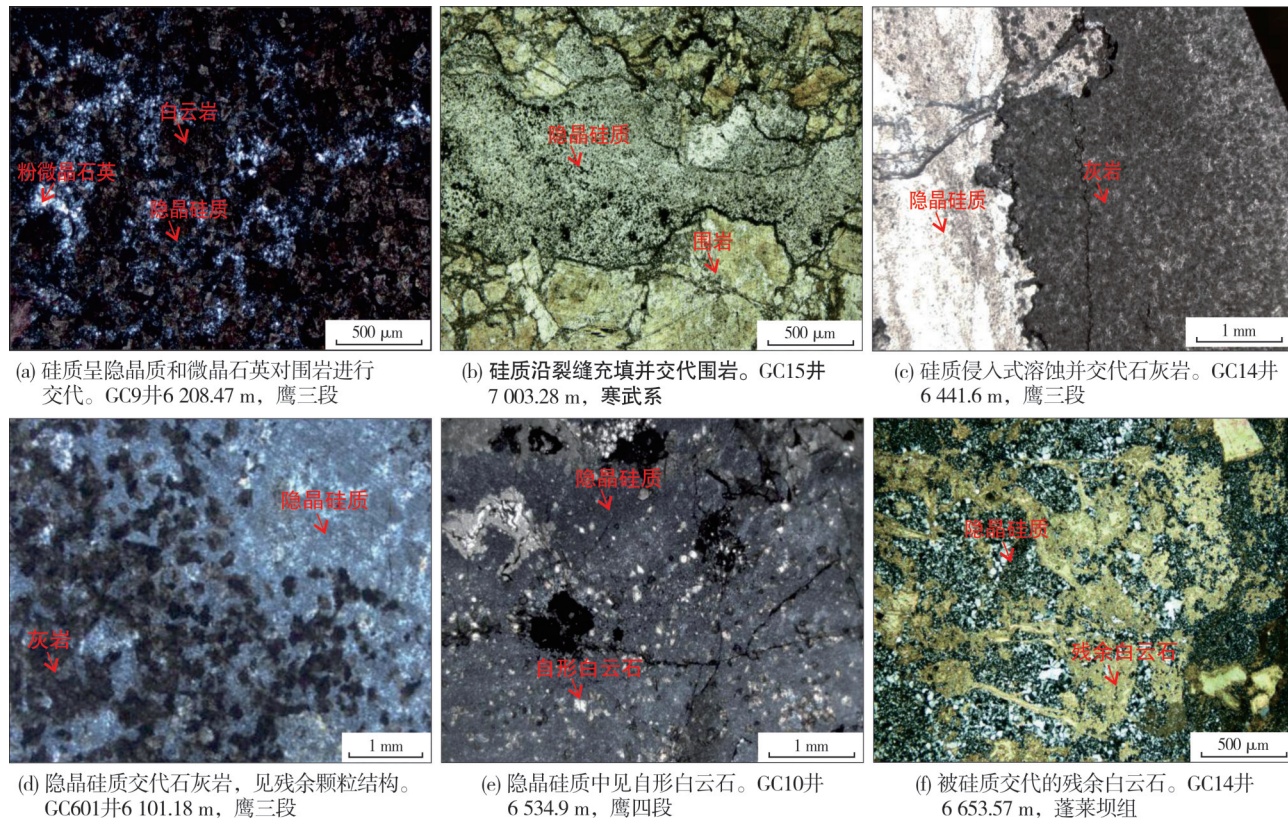


图2 古城地区下古生界碳酸盐岩隐晶硅质交代特征(普通薄片,单偏光)

Fig. 2 Microscopic characteristics of cryptocrystalline siliceous metasomatism of the Lower Paleozoic carbonate rocks in Gucheng area (ordinary thin section, single polarized light)



石以及具有溶蚀边缘的他形残余白云石(图2e,2f)。

2.1.2 晚期的石英充填及溶蚀

石英充填普遍晚于隐晶硅质交代。这可能是晶体成因的约束造成石英颗粒结晶较慢,也可能是由于晚期硅质流体浓度与温度降低导致硅质流体普遍结晶为石英晶体。根据结晶空间位置的不同,石英晶体主要有2种发育形式(图3):①发育于裂缝之间(图3a),晶形一般为细一中晶,第1期沿围岩发

育马牙状、栉壳状石英,第2期为长条状、柱状石英,有时见第3期晶粒状石英,为镶嵌状接触;②主要充填于白云岩晶间孔洞(图3b),有时见明显的溶蚀现象。

2.2 宏观分布

基于薄片观察结果统计分析,研究区下古生界硅化现象横向上在各个井均有发育,纵向上主要发育于寒武系、奥陶系蓬莱坝组和鹰三段、鹰三段(图4)。

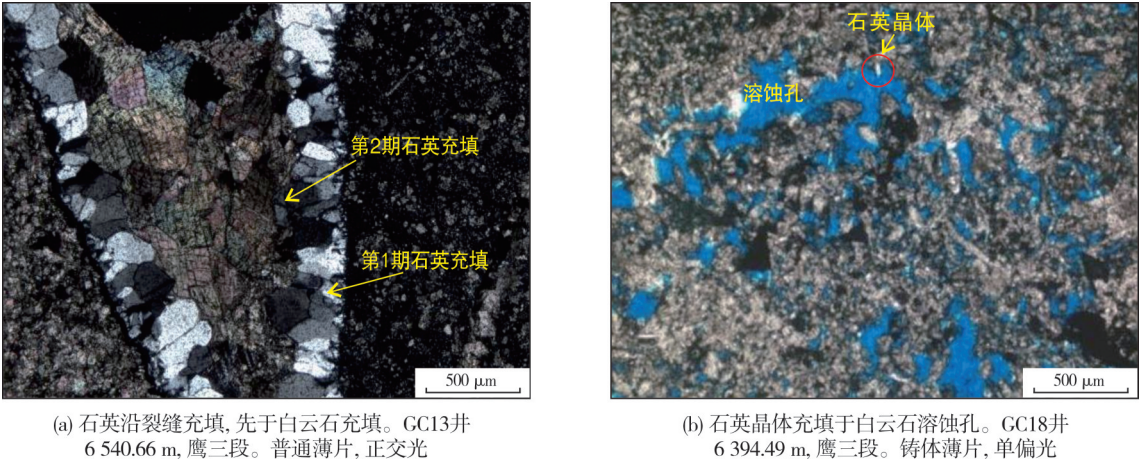


图3 古城地区下古生界石英充填特征

Fig. 3 Microscopic characteristics of quartz filling of Lower Paleozoic in Gucheng area

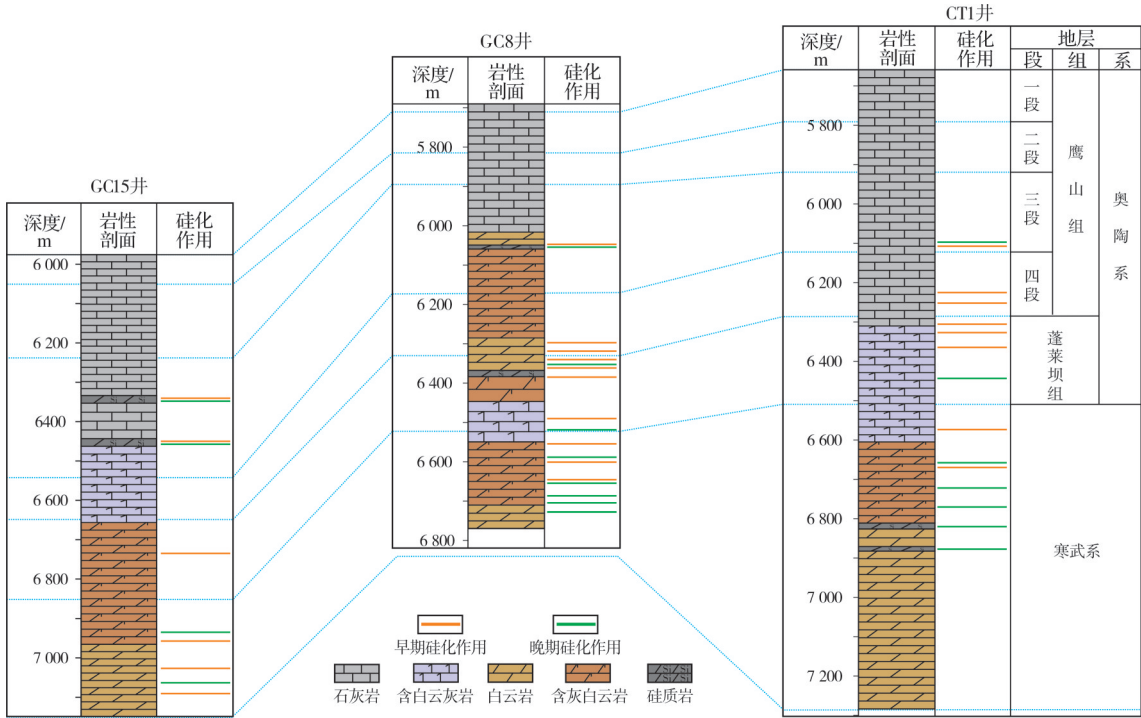


图4 古城地区硅化作用分布连井对比

Fig. 4 Inter-well correlation section of silicification distribution in Gucheng area

### 3 硅质流体性质探讨

对古城地区岩心硅质岩样品和缝洞内充填的石英样品进行流体包裹体均一温度、主微量元素测试分析,结果表明硅质来源为岩浆热液流体,进一步结合硅氧同位素特征,判断硅质流体应为酸性岩浆热液。

#### 3.1 流体包裹体均一温度

如前所述,古城地区自生石英充填孔洞的现象很常见,特别是在蓬莱坝组中可见大量石英充填裂缝或孔洞,有些石英甚至呈栉壳状、环带状将缝洞空间全部充填。石英中的包裹体均一温度分布在121~206℃之间(表1),主要集中在150~175℃范围。这一均一温度范围与指示热液成岩环境的鞍状白云石的成岩温度(100~180℃)相当<sup>[7]</sup>,结合塔里木盆地热史研究<sup>[8]</sup>,认为沉淀形成石英的流体应该是岩浆热液流体,而不是地层内部的地层水<sup>[9]</sup>。

#### 3.2 主微量元素

硅质岩的主微量元素含量和富集特征,是判断硅质来源及成因最有效的地球化学手段之一<sup>[7,10]</sup>。热液硅质通常以Fe、Al、Mn三端元含量中Fe的相对百分

含量较高为特征,这种方法应用较为广泛<sup>[11-15]</sup>。

对研究区不同产状的硅质进行主微量元素测试分析,将Fe、Al、Mn的相对百分含量投影到三角图(图5)上,由图可见:区内硅质主微量元素多以Fe、Mn的相对百分含量高,Al的相对百分含量低为特征,结合石英包裹体均一温度范围,综合判断硅质流体主要为后期活动的热液。

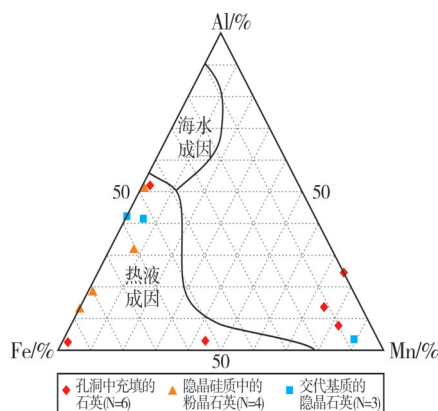


图5 古城地区下古生界硅质样品主微量元素Fe、Mn、Al三端元图(成因解释模式据文献[11])

Fig. 5 Ternary diagram of major and trace elements of Fe, Mn and Al in Lower Paleozoic siliceous samples in Gucheng area (origin model from reference [11])

表1 古城地区流体包裹体均一温度数据

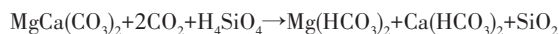
Table 1 Homogenization temperature data of fluid inclusions in Gucheng area

样号	井名	层位	深度/m	矿物赋存产状	包裹体个数	均一温度范围/℃
CT1-1	CT1井	寒武系	6 877.20	孔洞中充填的石英	3	196~206
CT1-2	CT1井	寒武系	6 876.83	孔洞中充填的石英	2	160~166
CT1-3	CT1井	寒武系	6 923.85	孔洞中充填的石英	1	162
CT1-4	CT1井	寒武系	6 878.49	孔洞中充填的石英	2	153~156
CT1-5	CT1井	寒武系	6 877.00	孔洞中充填的石英	2	174~175
GC9-1	GC9井	寒武系	6 560.22	孔洞中充填的石英	1	150
GC13-1	GC13井	寒武系	6 610.66	裂缝中充填的石英	2	156~162
GC14-1	GC14井	蓬莱坝组	6 574.68	裂缝中充填的石英	2	177~181
GC15-1	GC15井	蓬莱坝组	6 801.52	裂缝中充填的石英	1	161
GC15-2	GC15井	蓬莱坝组	6 835.36	裂缝中充填的石英	2	178~195
GC601-1	GC601井	鹰三段	6 130.66	孔洞中充填的石英	3	121~126

#### 3.3 硅氧同位素

交代成因硅质岩的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值可达2.4‰~3.8‰<sup>[16]</sup>,热液结晶石英的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值一般在-2.1‰~0‰之间<sup>[17-20]</sup>。 $\delta^{30}\text{Si}$ 值的明显变化,通常取决于白云岩在被硅质交

代过程中硅同位素的变化,其反应机理如下<sup>[21]</sup>:



这种由 $\text{H}_4\text{SiO}_4$ 组成的硅酸往往溶蚀能力更强,通过对白云岩的交代使得 $\delta^{30}\text{Si}$ 值升高。古城地区硅质

样品 $\delta^{18}\text{O}$ 值在12.7‰~27.9‰之间, $\delta^{30}\text{Si}$ 值在0.1‰~3.6‰之间,大部分在2‰~3.6‰之间(图6)。这种偏重的硅同位素组成往往反映交代作用成因。根据硅质流体氧同位素的计算公式<sup>[22]</sup>:

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{硅质岩}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{水}} = 3.09 \times 10^6 / T^2 - 3.92 \quad (1)$$

式中: $\delta^{18}\text{O}_{\text{硅质岩}}$ 为硅质岩的氧同位素组成,‰; $\delta^{18}\text{O}_{\text{水}}$ 为流体的氧同位素组成,‰; $T$ 为热力学温度,℃,古城地区石英样品的平均均一温度为170℃。由古城地区实测的硅质岩氧同位素组成的数值范围,根据上述(1)式可相应求得交代流体的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为8.23‰~12.65‰,其远远高于早古生代海水(-8.9‰),与中—酸性岩浆水的 $\delta^{18}\text{O}$ <sup>[21]</sup>基本相当。因此,认为古城地区下古生界碳酸盐岩中的隐晶硅质、自生石英的形成与中—酸性岩浆水相关。

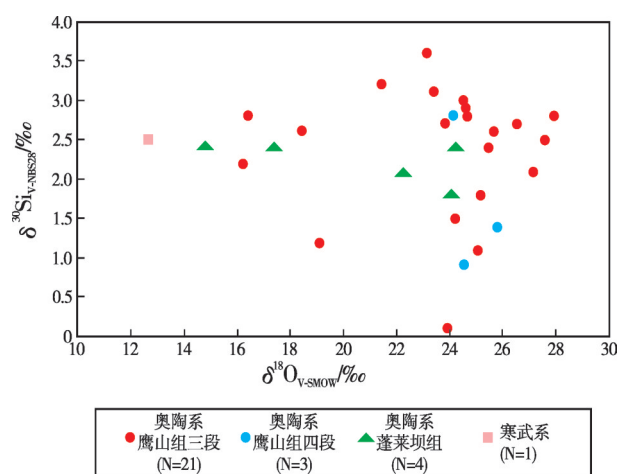


图6 古城地区下古生界硅质样品硅氧同位素分布图

Fig. 6 Diagram of silicon, oxygen isotope distribution of Lower Paleozoic siliceous samples in Gucheng area

## 4 硅化作用对储层的控制

薄片观察发现,古城地区早期的隐晶硅质大多充填孔隙或者大面积交代原岩(图2d),应为高温高盐度流体的产物,其发育部位未见明显孔隙,可见对储层没有明显改善。同时,硅化作用使岩石本身的抗压、抗风化能力增强,使得岩石不易发生破裂和溶蚀作用,不利于产生新的储集空间。因此,早期的隐晶硅质交代作用对储集空间的发育具有破坏作用<sup>[3]</sup>。

晚期的自生石英往往代表酸性流体的产物。这种酸性热液对碳酸盐矿物产生显著的溶蚀,形成溶蚀孔洞、溶蚀缝;随着硅质流体浓度的降低,

在孔隙空间充足的部位,硅质开始缓慢结晶形成石英(图3b)。晚期的硅化作用对储层起到了一定的建设作用。从古城地区硅化作用发育的层位看(图4),寒武系和鹰三段晚期的硅化作用相对较发育,可能对储层物性的改善程度较高;而蓬莱坝组、鹰四段以早期的硅化作用为主,储层改善相对较弱。

## 5 结论

(1)塔里木盆地古城地区下古生界硅化现象主要发育于寒武系,奥陶系蓬莱坝组、鹰山组三段—四段和一间房组,表现为2种形式:一种以隐晶硅质交代碳酸盐岩并充填孔隙;另一种以自生石英的方式充填孔洞,晚于隐晶硅质发育,有时见明显的溶蚀现象。

(2)硅质流体包裹体均一温度范围为121~206℃,主要集中在150~175℃之间;硅质的主微量元素的相对百分含量表现为高Fe、Mn,低Al的特征;硅质的 $\delta^{30}\text{Si}$ ‰值在0.1‰~3.6‰之间, $\delta^{18}\text{O}$ 值在12.7‰~27.9‰之间,计算得到硅质交代流体的 $\delta^{18}\text{O}$ 值在8.23‰~12.65‰之间,与中—酸性岩浆水的 $\delta^{18}\text{O}$ 相当。综合分析认为,研究区下古生界硅化作用的流体来源为中—酸性岩浆热液。

(3)早期的隐晶硅质大多充填孔隙或者大面积交代原岩,对储层性能未见明显改善;晚期的自生石英代表了酸性流体背景下的产物,这类流体对碳酸盐岩储层起到了一定的建设作用。早期硅化作用主要发育于寒武系、奥陶系蓬莱坝组和鹰四段、鹰三段,而晚期硅化作用主要发育于寒武系和鹰三段。相对而言,硅化作用对寒武系和鹰三段储层的改善更大一些。

## 参考文献

- [1] 康玉柱. 塔里木盆地古生代海相碳酸盐岩储集岩特征[J]. 石油实验地质, 2007, 29(3): 217-223.  
KANG Yuzhu. Reservoir rock characteristics of Paleozoic marine facies carbonate rock in the Tarim Basin[J]. Petroleum geology & experiment, 2007, 29(3): 217-223.
- [2] 赵宗举, 王招明, 吴兴宁, 等. 塔里木盆地塔中地区奥陶系储层成因类型及分布预测[J]. 石油实验地质, 2007, 29(1): 40-46.  
ZHAO Zongju, WANG Zhaoming, WU Xingning, et al. Genetic types and distribution forecast of available carbonate reservoirs



- in Ordovician in the central area of Tarim Basin[J]. *Petroleum geology & experiment*, 2007, 29(1): 40–46.
- [3] 卢曦. 塔里木盆地古城地区下古生界碳酸盐岩成岩作用及储层孔隙特征[J]. *大庆石油地质与开发*, 2016, 35(4): 15–21.  
LU Xi. Lower Paleozoic carbonate reservoir diageneses and pore characteristics in Gucheng area of Tarim Basin[J]. *Petroleum geology and oilfield development in Daqing*, 2016, 35(4): 15–21.
- [4] 刘万洙, 白雪峰, 包亚范, 等. 新疆库鲁克塔格地区寒武—奥陶系硅质岩的岩石学特征及其成因分析[J]. *新疆地质*, 2006, 24(4): 344–348.  
LIU Wanzhu, BAI Xuefeng, BAO Yafan, et al. Petrological characteristics and genetic analysis of the silicite on Cambrian–Ordovician in Kuruketage region, Xinjiang province[J]. *Xinjiang geology*, 2006, 24(4): 344–348.
- [5] 楼雄英, 许效松. 塔里木盆地早古生代晚期构造—沉积响应[J]. *沉积与特提斯地质*, 2004, 24(3): 72–79.  
LOU Xiongying, XU Xiaosong. Tectonic–sedimentary responses of the Tarim Basin, Xinjiang during the late Early Palaeozoic[J]. *Sedimentary geology and Tethyan geology*, 2004, 24(3): 72–79.
- [6] 艾华国, 兰林英, 王筠, 等. 塔里木盆地雅克拉断凸前中生界不整合面之下奥陶统白云岩储层特征[J]. *地质学报*, 1999, 73(4): 342–349.  
AI Huaguo, LAN Linying, WANG Yun, et al. The reservoir characteristics of Lower Ordovician dolomites below Pre–Mesozoic unconformity in Yakela fault–convex, Tarim Basin[J]. *Acta geologica sinica*, 1999, 73(4): 342–349.
- [7] 李映涛, 叶宁, 袁晓宇, 等. 塔里木盆地顺南4井中硅化热液的地质与地球化学特征[J]. *石油与天然气地质*, 2015, 36(6): 934–944.  
LI Yingtao, YE Ning, YUAN Xiaoyu, et al. Geological and geochemical characteristics of silicified hydrothermal fluids in Well Shunnan 4, Tarim Basin[J]. *Oil & gas geology*, 2015, 36(6): 934–944.
- [8] 李慧莉, 邱楠生, 金之钧, 等. 塔里木盆地的热史[J]. *石油与天然气地质*, 2005, 26(5): 613–617.  
LI Huili, QIU Nansheng, JIN Zhijun, et al. Geothermal history of Tarim Basin[J]. *Oil & gas geology*, 2005, 26(5): 613–617.
- [9] 朱东亚, 孟庆强. 塔里木盆地地下古生界碳酸盐岩中硅化作用成因[J]. *石油实验地质*, 2010, 32(4): 358–361.  
ZHU Dongya, MENG Qingqiang. The genesis of silicification in the Lower Paleozoic in the Tarim Basin[J]. *Petroleum geology & experiment*, 2010, 32(4): 358–361.
- [10] 李庆, 胡文瑄, 张军涛, 等. 塔里木盆地西北缘中寒武统硅质岩特征与形成环境[J]. *矿物学报*, 2010, 30(3): 293–303.  
LI Qing, HU Wenxuan, ZHANG Juntao, et al. Petrological and geochemical characteristics of chert from the Middle Cambrian in the Tarim Basin and its implication for sedimentary and tectonic environments[J]. *Acta mineralogica sinica*, 2010, 30(3): 293–303.
- [11] YAMAMOTO K. Geochemical characteristics and depositional environment of cherts and associated rocks in the Franciscan and Shimento terranes[J]. *Sedimentary geology*, 1987, 52(12): 65–108.
- [12] 邵红梅, 卢曦, 高波, 等. 微区原位地球化学分析技术与应用: 以古城地区碳酸盐岩储层成岩演化为例[J]. *大庆石油地质与开发*, 2019, 38(5): 160–168.  
SHAO Hongmei, LU Xi, GAO Bo, et al. Geochemical analyzing technique of the microzone's normal position and its application: a case study on the diagenetic evolution of the carbonate reservoir in Gucheng area[J]. *Petroleum geology and oilfield development in Daqing*, 2019, 38(5): 160–168.
- [13] 朱东亚, 金之钧, 胡文瑄. 塔中地区热液改造型白云岩储层[J]. *石油学报*, 2009, 30(5): 698–704.  
ZHU Dongya, JIN Zhijun, HU Wenxuan. Hydrothermal alteration dolomite reservoir in Tazhong area[J]. *Acta petrolei sinica*, 2009, 30(5): 698–704.
- [14] 戚华文, 胡瑞忠, 苏文超, 等. 陆相热水沉积硅质岩与超大型锗矿床的成因: 以临沧锗矿床为例[J]. *中国科学(D辑)*, 2003, 33(3): 236–246.  
QI Huawen, HU Ruizhong, SU Wenchao, et al. Continental hydrothermal sedimentation and the genesis of superlarge germanium deposit: taking Lincang germanium deposit as an example[J]. *Science in China (Series D)*, 2003, 33(3): 236–246.
- [15] 杨瑞东, 张传林, 罗新荣, 等. 新疆库鲁克塔格地区早寒武世硅质岩地球化学特征及其意义[J]. *地质学报*, 2006, 80(4): 598–605.  
YANG Ruidong, ZHANG Chuanlin, LUO Xinrong, et al. Geochemical characteristics of Early Cambrian cherts in Quruqtagh, Xinjiang, West China[J]. *Acta geologica sinica*, 2006, 80(4): 598–605.
- [16] 吕志成, 刘丛强, 刘家军, 等. 北大巴山下寒武统毒重石矿床赋矿硅质岩地球化学研究[J]. *地质学报*, 2004, 78(3): 390–406.  
LÜ Zhicheng, LIU Congqiang, LIU Jiajun, et al. Geochemical studies on the Lower Cambrian witherite-bearing cherts in the Northern Daba Mountains[J]. *Acta geologica sinica*, 2004, 78(3): 390–406.
- [17] 丁梯平, 蒋少涌, 万德芳. 硅同位素地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1994: 17–88.  
DING Tiping, JIANG Shaoyong, WAN Defang. *Silicon isotope geochemistry*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994: 17–88.
- [18] 李延河, 万德芳, 蒋少涌, 等. 云南梅树村前寒武系—寒武系界线剖面的硅同位素研究[J]. *地球学报*, 1994, 15(1/2): 75–84.  
LI Yanhe, WAN Defang, JIANG Shaoyong, et al. Silicon isotope study on the Meishucun Precambrian–Cambrian boundary section, Yunnan province[J]. *Acta geoscientia sinica*,

- 1994, 15(1/2): 75–84.
- [19] DE LA ROCHA C L, BRZEZINSKI M A, DENIRO M J. A first look at the distribution of the stable isotopes of silicon in natural waters[J]. *Geochimica et cosmochimica acta*, 2000, 64(14): 2467–2477.
- [20] CHEN Yongquan, JIANG Shaoyong, LING Hongfei, et al. Isotopic compositions of small shelly fossil Anabarites from Lower Cambrian in Yangtze Platform of South China: implications for palaeocean temperature[J]. *Progress in natural science*, 2007, 17(10): 1185–1191.
- [21] 陈永权, 蒋少涌, 周新源, 等. 塔里木盆地寒武系层状硅质岩与硅化岩的元素、 $\delta^{30}\text{Si}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$  地球化学研究[J]. *地球化学*, 2010, 39(2): 698–704.
- CHEN Yongquan, JIANG Shaoyong, ZHOU Xinyuan, et al.  $\delta^{30}\text{Si}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  and elements geochemistry on the bedded siliceous rocks and cherts in dolostones from Cambrian strata, Tarim Basin[J]. *Geochimica*, 2010, 39(2): 698–704.
- [22] KNAUTH L P, EPSTEIN S. Hydrogen and oxygen isotope ratios in nodular and bedded cherts [J]. *Geochimica et cosmochimica acta*, 1976, 40(9): 1095–1180.

编辑: 董庸

## Characteristics of the silicification and its effect on the Lower Paleozoic carbonate reservoirs in Gucheng area, Tarim Basin

LU Xi

**Abstract:** The Lower Paleozoic carbonate rocks in Gucheng area of Tarim Basin are mainly developed in limited platform, semi limited platform, and open platform. There is significant silicification in some parts, which is mainly developed in the Cambrian, Ordovician Penglaiba Formation, Yingshan Member 3 and 4, and Yijianfang Formation. Based on thin sections, there are two forms of petrological features under the microscope: cryptocrystalline siliceous replacement and filling of pores, and authigenic quartz filling of pores. Experimental analyses including homogeneous temperature of fluid inclusions, major and trace elements, and silicon and oxygen isotope show that the homogenization temperature of fluid inclusions in quartz is high, ranging from 121 °C to 206 °C, mainly ranging from 150 °C to 175 °C; siliceous rock has the characteristics of high Fe, Mn and low Al;  $\delta^{30}\text{Si}$  of siliceous rock is 0.1‰–3.6‰,  $\delta^{18}\text{O}$  is 12.7‰–27.9‰, and the calculated  $\delta^{18}\text{O}$  value of siliceous metasomatic fluid is 8.23‰–12.65‰, which is equivalent to medium–acid magmatic water. It is concluded that the silicon in the Lower Paleozoic carbonate rocks in Gucheng area may be derived from the medium–acid magmatic hydrothermal fluid. Most of the early cryptocrystalline siliceous materials filled pores or metasomatic protolith in a large area, which should be the products of high temperature and high salinity fluid. This silicification has a destructive effect on the development of reservoir space at this stage. The late authigenic quartz often represents the product of acidic fluid background. This hydrothermal solution can cause significant dissolution of carbonate minerals, forming dissolution pores and fractures. As the concentration of siliceous fluid decreases, the siliceous fluid begins to crystallize slowly and gradually into quartz in the areas with sufficient pore space. At this stage, silicification plays a certain role in reservoir construction. The early silicification mainly occurred in the Cambrian, Ordovician Penglaiba Formation, Yingshan Member 4 and Member 3, while the late silicification mainly occurred in the Cambrian and Yingshan Member 3 with reservoir improvement.

**Key words:** carbonate rocks; silicification; petrologic feature; geochemical feature; reservoir; Paleozoic; Gucheng area

**LU Xi**, First author: Engineer, engaged in evaluation on carbonate reservoir. Add: Geological Test Laboratory, Exploration and Development Research Institute of Daqing Oilfield Company, Ltd., Ranghulu District, Daqing, Heilongjiang 163712, China