

文章编号: 1009-3850(2006)02-0042-05

南羌塘盆地扎仁古油藏白云岩储层特征及成因研究

陈文彬, 杨 平, 张予杰, 彭智敏
(成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘要: 根据薄片、铸体薄片、压汞、阴极发光等研究, 详细描述了南羌塘盆地扎仁古油藏白云岩的储层特征, 并对白云岩成因作了初步研究。认为该白云岩在沉积期后变化中经历了多种成岩作用改造, 其中影响白云岩储集性的作用主要有白云石化作用、溶蚀作用、重结晶作用和构造应力作用, 对白云岩孔渗改善起了积极作用。白云岩主要储集空间为晶间孔、晶间溶孔, 储集物性良好。广泛发育的白云石环边结构等淡水成因标志表明, 该区白云岩是通过大气水-海水孔隙混合流体交代灰岩所形成的。

关 键 词: 扎仁; 白云岩; 储层; 南羌塘盆地; 青藏

中图分类号: TE122.2 **文献标识码:** A

羌塘盆地南北界分别为班公湖-怒江缝合带与拉竹龙-金沙江缝合带。南羌塘盆地包括蒂让土门凹陷、其香错凸起、帕度错凹陷等构造单元^[1], 新发现的扎仁古油藏就位于其香错凸起构造单元北缘(图 1)。近几年研究表明, 羌塘盆地储集层孔渗普遍较低, 大多为近致密储层。白云岩化作用可以大大改善储层性能, 是羌塘盆地最有意义的储集岩^[2]。笔者在野外考察南羌塘扎仁白云岩古油藏地表露头的基础上, 对这次新发现的白云岩储集层进行了系统研究, 分析了白云岩储集层的特征及其成因, 为今后油气勘探提供储层依据。

1 古油藏概况

扎仁古油藏分布在一个东西长 100km、南北宽 20km 的扎仁-牙夏塞背斜内(图 2), 含油白云岩层位为上侏罗统索瓦组, 岩石类型主要为晶粒状白云岩和灰质白云岩, 厚度为 80.72m, 含油条带宽度 0.1~1m, 延伸上百米。

该背斜两翼均为断裂所破坏, 其中以东西向断

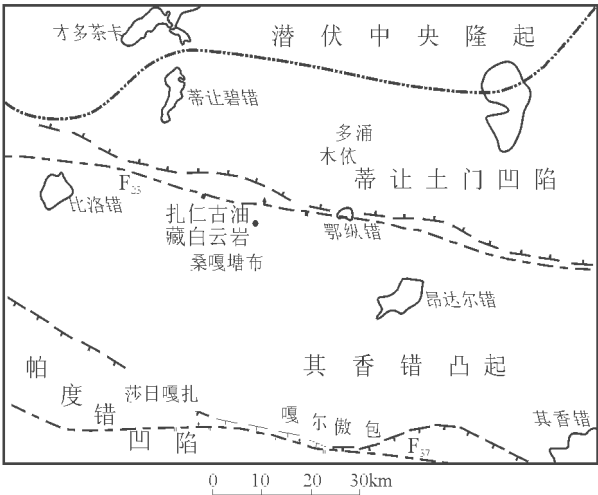


图 1 扎仁白云岩古油藏位置图

Fig. 1 Location of the Zaring oil pool

裂为主, 并有北东向断裂的右旋走滑剪切, 呈一残破背斜特征。有众多的油苗点显示, 表现为大片的油浸特征, 通过油源生物标志化合物和 $\delta^{13}\text{C}$ 对比认为白云岩古油藏油苗为夏里组黑色泥岩生成。

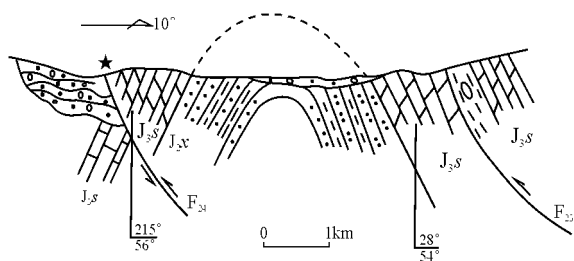


图2 扎仁-牙夏赛背斜横剖面图

J_{2x}: 中侏罗统夏里组; J_{3s}: 上侏罗统索瓦组; ★: 古油藏位置

Fig. 2 Cross-section of the Zaring-Yaxiasai anticline

J_{2x}= Middle Jurassic Gyari Formation; J_{3s}= Upper Jurassic Sogwa Formation. ★ indicates the location of the studied oil pool

2 储层基本特征

2.1 白云岩岩石学特征

白云岩主要由白云石和方解石组成。白云石含量为85%~95%左右,一般为自形一半自形粒状,中粗晶粒结构,呈不规则相间分布,晶棱多较平直。白云石表面灰泥较多,镜下呈雾状,普遍具有雾心亮边结构(图版I),少部分见明显的条带。方解石含量为5%~15%,表面一般很干净,呈大小不一的速晶状,主要充填于白云石晶间孔、晶间缝和晶间溶孔中,多为后期富Ca碳酸盐岩水溶液沿孔缝沉淀而成。

2.2 白云岩的成岩作用

1. 白云石化作用

白云岩系白云石交代泥晶灰岩而成。在阴极发光显微镜下,白云石发红棕色光,白云石晶内残留泥晶方解石发雾状橙黄色光。还可看到一些云雾状的黄色斑团等现象,这是由白云石(白云岩)交代方解石(灰岩)后残留下来的杂质元素Mn²⁺所显示的痕迹。

2. 压实、压溶作用

由于早期压实作用,在镜下可见白云石晶体间呈缝合状接触。此外,压溶作用是压实作用的继续,压溶作用的主要标志为形成压溶缝合线,为后期发生溶蚀提供了通道,镜下常见沿缝合线发生溶蚀作用,形成断续溶孔,甚至溶缝,部分有机质充填(图版II),说明这类缝隙曾经是油气运移的有效通道,大大改善了储层的储集性能。

3. 胶结作用

主要为淡水方解石胶结,表现为溶孔、溶缝及构造裂缝大部分被亮晶方解石充填。

4. 溶蚀作用

溶蚀作用是该区最为重要的成岩作用,各个成岩阶段都可以发生溶解作用。一般可以分为两期:第一期为早期大气淡水溶蚀作用,即对白云石晶间的泥晶方解石残余淋滤、溶解,产生大量的晶间孔和晶间溶孔;第二期发生在有机质大规模成熟前或成熟过程中,有机质释放出大量含有机酸、CO₂等酸性成分的地层水,溶解、溶蚀白云石,形成溶蚀孔、洞、溶蚀缝以及压溶缝等。

5. 重结晶作用

重结晶作用在碳酸盐沉积物的成岩过程中广泛发育。在普通显微镜下,组成晶粒白云岩的白云石为它形一半自形。重结晶作用使晶体变粗,孔径增大,使晶间孔隙变大,有利于形成溶蚀孔隙,从而改善渗透性能。

6. 构造应力作用

构造应力作用发生于成岩晚期及表生期,造成白云岩中微裂隙较发育。成岩晚期裂缝尤其提供了储集空间及运移通道。

2.3 白云岩的孔隙结构

1. 孔隙类型

白云岩主要发育以下几种孔隙,尤以晶间孔为甚。

(1) 晶间孔:较发育,形态规则,呈多面体或板状,大小约为0.05~0.3mm,分布均匀(图版III、IV)。

(2) 晶间溶孔:是古油藏白云岩储层中主要的储集空间,一般由多个白云石晶体部分或全部溶解而形成,形态不规则,孔隙外缘晶面为港湾状,孔径一般为0.02~0.05mm,连通性较好,是次生溶蚀作用的标志(图版I)。

(3) 晶内溶孔:白云石受淋滤、溶蚀而形成晶内溶孔,大小为数微米。这类孔隙初始溶蚀一般沿节理缝进行,在环带状白云石晶体中含杂质的核心部分溶蚀强,而增生的亮晶环边溶蚀弱。

2. 裂缝

裂缝很发育,主要由以下几种:

(1) 构造缝:一般缝宽,形状较规则,组系分明,缝壁平直,延伸较远,大多被方解石充填,少有泥质、有机质、沥青、氧化铁等充填或半充填(图版V)。

(2) 压溶缝:沿缝合线溶蚀,形成许多断续、串珠状溶孔。溶蚀强烈者形成溶缝,多为锯齿状、波状和不规则状(图版II)。

(3) 溶蚀缝:一般沿早期构造缝和纹层发育,多充填方解石等,有的被有机质充填。

2.4 孔隙结构特征

排驱压力一般随物性的变化而变化,岩石排驱压力越小,说明大孔喉越多,孔隙结构就越好,则储集性越好,反之储集性就越差^[3]。

通过研究表明,研究区存在2种大小的喉道,分别为中喉和粗喉(图3)。排驱压力值的大小与岩石样品的孔隙率和渗透率关系密切(表1)。一般说来,孔隙度高、渗透率高的岩石样品排驱压力值低。白云岩排驱压力较小且变化不是很大,最大的为0.0739MPa,说明大孔喉较多,孔隙结构较好。 P_{c50} 为0.353~1.156MPa,而 P_{c50} 越低,则孔隙结构越好。

表1 白云岩储层毛管压力分析结果统计
Table 1 Analytical results of the capillary pressures of the dolostone reservoirs

序号	孔隙度 / %	渗透率/ $10^{-3}\mu\text{m}^2$	P_d /MPa	$R_d/\mu\text{m}$	P_{c50} /MPa	$R_{50}/\mu\text{m}$
1	5.32	5.08	0.0073	100.5	0.567	1.296
2	10.97	6.51	0.0466	15.79	0.486	1.513
3	5.80	2.17	0.0739	9.941	0.924	0.796
4	4.65	0.863	0.0739	9.940	1.156	0.635
5	9.61	20.60	0.0073	100.4	0.353	2.083
6	7.87	9.99	0.0073	100.4	0.136	5.421
7	6.59	2.20	0.0740	9.937	0.496	1.482

2.5 白云岩物性特征

据17块样品测试,其孔隙度为1.79%~10.97%,一般为5%左右,渗透率一般为 $5.08\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 左右。

在孔渗半对数坐标上,孔渗关系良好,基本上呈

线性相关(图4),随着孔隙度增加,渗透率也相应增大,这说明白云岩储层均质性良好,属于裂缝-孔隙(洞)型储层。

3 白云岩成因分析

白云岩的形成机理是碳酸盐岩岩石学中最复杂、争论时间最久而又难以解决的问题之一。目前白云岩成因的研究目前还处于假说阶段,主要包括准同生白云岩化作用、回流渗透白云岩化、海水白云岩化、混合水白云岩化以及埋藏白云岩化作用5种模式。前4种基本上发育于近地表成岩环境,最后一种则出现于埋藏成岩环境^[4]。

笔者经过研究分析,认为古油藏白云岩的主要形成机理为混合水白云岩化,主要依据如下:

(1)白云岩中没有蒸发矿物,其晶体结构主要以中晶、粗晶为主,晶体粗大,表明白云岩形成于有利于晶粒生长的稀释后的卤水环境,而这类环境只有大气淡水、海水与蒸发盐水的混合才易形成。

(2)阴极发光表明,白云石发红棕色光,白云石晶内残留泥晶方解石发橙黄色光(图版VI),发光强度较大。白云石环带也很发育,白云石晶间孔被方解石全充填,该方解石具环带状发光,由不发光主环带和橙黄色光次环带构成。一般认为白云石的阴极发光和白云石的形成机理有很大的关系,混合水白云化作用形成的白云石发光强度大,而且白云石内部环带构造发育^[5]。

(3)Sibley认为在白云石晶体中出现的中心雾心和亮边的现象,是成岩孔隙流体与淡水混合作用的

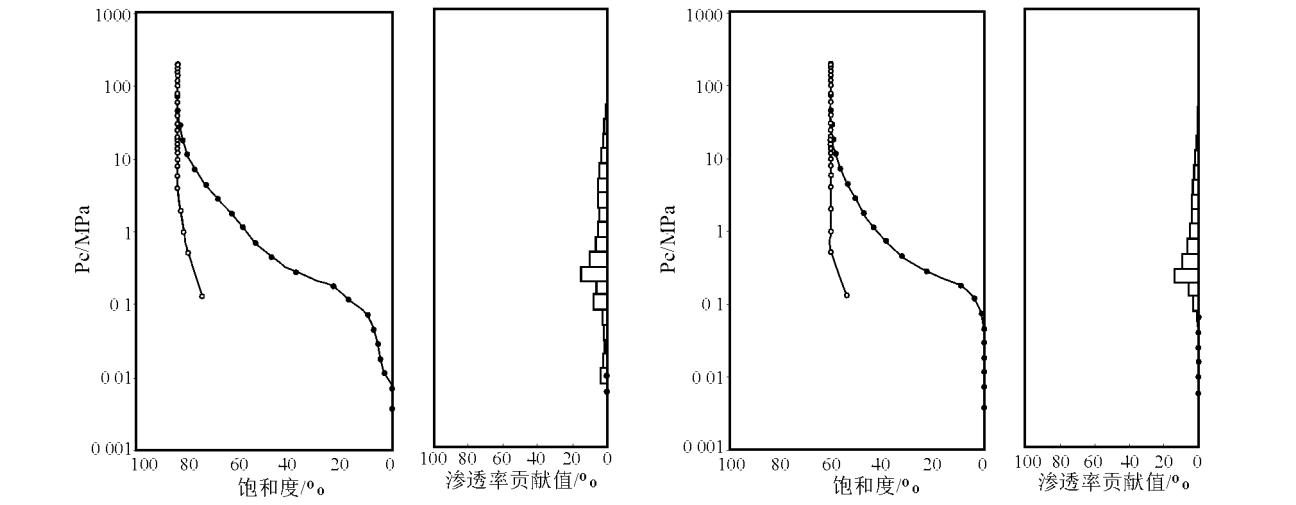


图3 碳酸盐岩储层典型毛管压力曲线图(左:粗喉型;右:中喉型)
Fig. 3 Representative capillary pressure curves for the carbonate reservoirs (Left: large throat; right: middle throat)

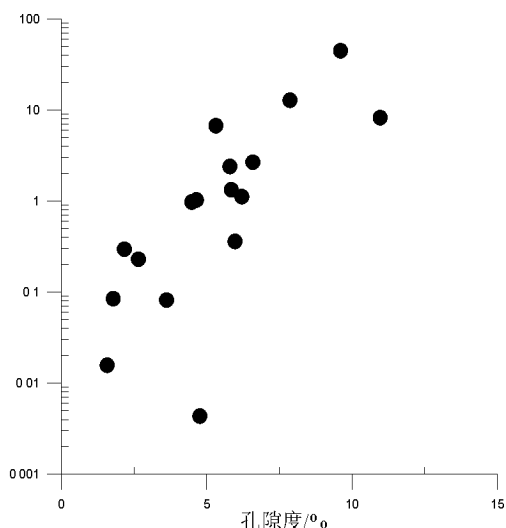


图4 扎仁索瓦组白云岩孔渗相关分析图

Fig. 4 Correlation of the porosity and permeability of the dolostones from the Sogwa Formation in Zaring

结果^[9]。显微镜下铸体薄片观察,白云岩呈雾状,普遍具有雾心亮边结构(图版I),雾心不清楚,亮边边缘清楚。从微量元素角度进行分析,雾心K、Na、Sr的含量高,亮边降低,这些说明白云岩在形成过程中有大量淡水的介入,使得盐度降低,逐渐淡化,从而促成了白云岩化作用的形成。

4 结 论

(1)南羌塘盆地扎仁白云岩储层岩石类型为中

—粗晶粒白云岩,沉积期后变化中经历了多种成岩作用改造,其中影响白云岩储集性的作用主要有白云石化作用、溶蚀作用、重结晶作用和构造应力作用,对白云岩孔渗改善起了积极作用。

(2)白云岩主要储集空间为晶间孔、晶间溶孔,储集物性良好,可能是羌塘盆地最具潜力的碳酸盐岩油气储层,应是今后工作的一个重点。

(3)白云岩的成因是一个及其复杂的过程,目前还处于假说阶段。通过综合分析认为古油藏白云岩的主要形成机理为混合水白云岩化。

参考文献:

- [1] 赵政璋,李永铁,叶和飞,等.青藏高原海相烃源层的油气生成[M].北京:科学出版社,2000.
- [2] 王剑,谭富文,等.青藏高原重点沉积盆地油气资源潜力分析[M].北京:地质出版社,2005.
- [3] 陈荣书,等.石油与天然气地质学[M].武汉:中国地质大学出版社,1994.41—44.
- [4] 姜在兴,等.沉积学[M].北京:石油工业出版社,2003.205—210.
- [5] 马振芳,黄月明.陕甘宁盆地中部气田白云岩储层孔洞充填物与储集性[J].石油勘探开发,1995,(3).
- [6] 史基安.塔里木盆地西北缘震旦系和古生代白云岩成因及其储集性[J].沉积学报,1993,11(2):43—49.

Dolostone reservoirs and their genesis in the Zaring oil pool in southern Qiangtang Basin

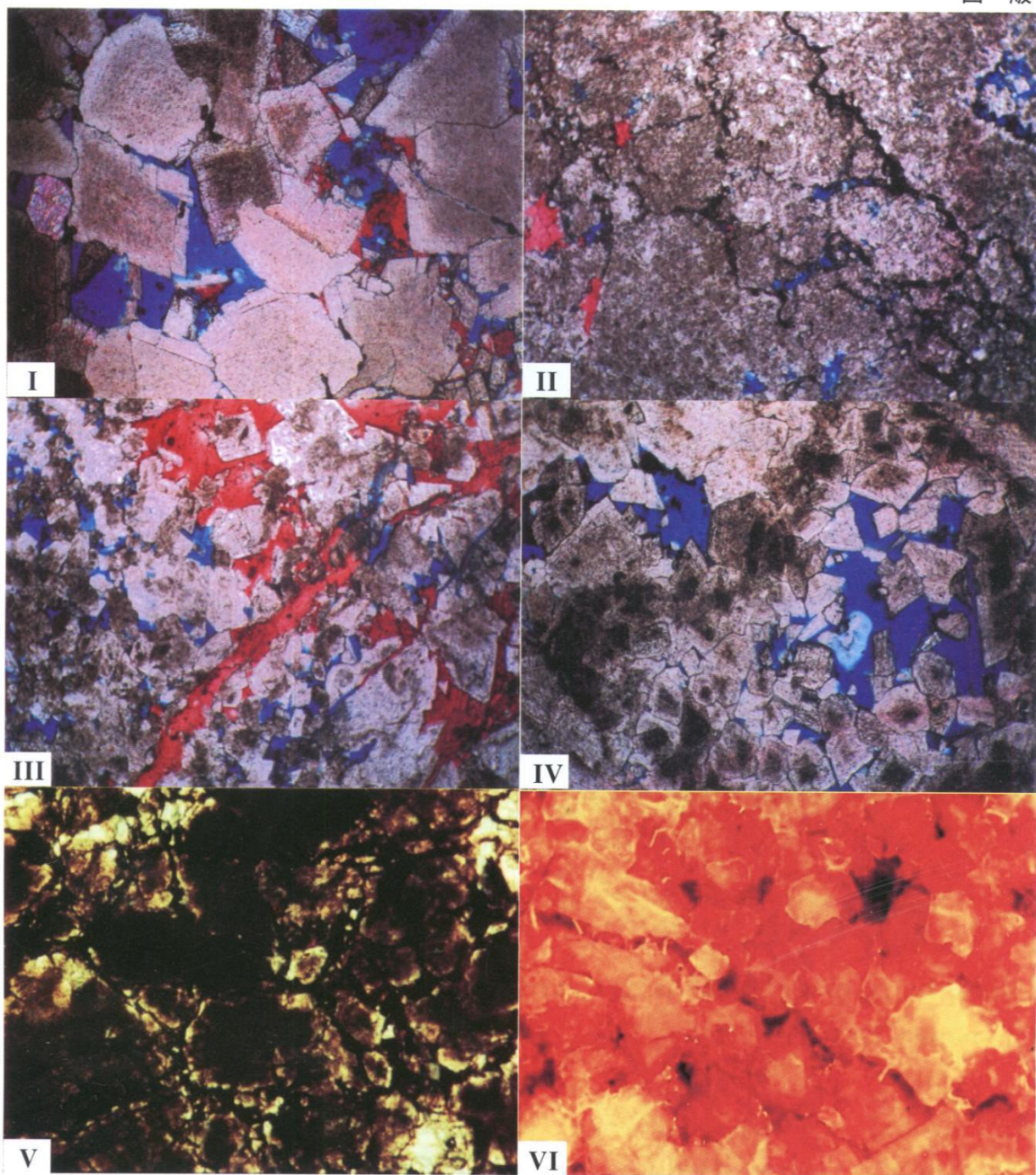
CHEN Wen-bin, YANG Ping, ZHANG Yu-jie, PENG Zhi-min

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China)

Abstract: The present paper gives a detailed description of the dolostone reservoirs and their genesis in the Zaring oil pool in southern Qiangtang Basin on the basis of thin sections, cast sections, capillary pressure curves and cathodoluminescent images. The dolostones have experienced several types of post-depositional diagenetic modifications, of which dolomitization, dissolution, recrystallization and tectonic stress processes have exerted an important effect on porosity and permeability. The accommodation spaces include intercrystal pores and intercrystal solution openings. The well-developed rimmed textures indicate that the dolostones in the study area resulted from the diagenetic replacement of limestones by mixed meteoric-marine pore fluids.

Key words: Zaring; dolostone; reservoirs; southern Qiangtang Basin; Qinghai-Xizang Plateau

图 版



I. 粗晶白云岩, 白云石晶间孔和晶间溶孔, 部分由方解石和沥青充填, 具雾心亮边结构, $\times 50$ (-); II. 不规则溶孔和溶缝, 部分由沥青和方解石充填, $\times 50$ (-); III. 粗晶白云岩, 白云石晶间孔, 由方解石充填溶缝和白云石晶间孔, $\times 50$ (-); IV. 白云石晶间孔和溶蚀扩大孔, 具白云石亮边结构和环带构造, $\times 50$ (-); V和VI. 中晶白云岩单偏光和阴极发光, 构造缝充填方解石具环带状发光, 由不发光主环带和橙黄色光次环带构成, 疑与白云石晶间孔之方解石同期, $\times 50$

Plate I Coarse-grained dolostone with the intercrystal pores and intercrystal solution openings locally filled by calcite and asphalt, with sparry textures, $\times 50$ (-). Plate II Irregular solution openings and fissures locally filled by calcite and asphalt, $\times 50$ (-). Plate III Coarse-grained dolostone with the intercrystal pores and fissures filled by calcite, $\times 50$ (-). Plate IV Intercrystal pores and enlarged solution openings with sparry textures and zonal structures, $\times 50$ (-). Plates V and VI. Medium-grained dolostone, plane-polarized light (Plate V) and cathodoluminescence (Plate VI), structural fissures filled by calcite.