

珠江口盆地白云凹陷深层砂岩储层特征

Characteristics of Deep Sandstone Reservoirs in Baiyun Sag, Pearl River Mouth Basin

文静^{1,2} 文欣雨³ 周嘉琦^{1,2}

Jing Wen^{1,2} Xinyu Wen³ Jiaqi Zhou^{1,2}

1. 西安石油大学地球科学与工程学院 中国·陕西 西安 710065
2. 陕西省油气成藏地质学重点实验室 中国·陕西 西安 710065
3. 榆林学院化学与化工学院 中国·陕西 榆林 719000

1. College of Earth Science and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi, 710065, China

2. Key Laboratory of Shaanxi Province for Oil and Gas Accumulation Geology, Xi'an, Shaanxi, 710065, China

3. School of Chemistry and Chemical Engineering, Yulin University, Yulin, Shaanxi, 719000, China

摘要: 鉴于中国南海珠江口盆地白云凹陷深水区的油气勘探逐渐受到中国及其他国家学者的关注, 针对重要控藏因素的深层储层特征研究也不断深入。通过相关测井资料的分析, 结合重点探井岩芯、铸体薄片分析, 利用扫描电镜和 X 衍射等测试手段, 深化了对目标储层的岩石学特征和成岩作用的研究, 结果表明: 研究区内储层碎屑成分主要是石英。白云北和白云东的储层黏土矿物主要为伊利石 (I); 白云北和白云东地区储层中孔隙物总体积分数分别为 30.06% 和 20.15%。成岩作用主要包括破坏性和建设性两种, 其中压实、胶结等成岩作用是储层物性降低的重要因素; 溶蚀、溶解作用以及矿物之间的交代等建设性成岩作用, 在一定程度上增加储层的储集性能, 有利于增强储层内流体的流动。

Abstract: As oil and gas exploration in Baiyun Sag, Pearl River Mouth Basin, South China Sea has gradually attracted the attention of scholars at home and abroad, the deep reservoir characteristics of important reservoir controlling factors have been further studied. Based on the analysis of logging data, core and casting thin sections of key exploration Wells, scanning electron microscopy and X-ray diffraction, the study on petrological characteristics and diagenesis of the target reservoir is deepened. The results show that the reservoir clastic composition in the study area is mainly quartz. The clay minerals in the north and east dolomites are mainly illite (I). The total interstitial integrals of reservoir fillers in baiyun North and Baiyun East are 30.06% and 20.15%, respectively. Diagenesis mainly includes destructive diagenesis and constructive diagenesis. Compaction and cementation are the important factors to reduce reservoir physical properties. Constructive diagenesis, such as dissolution, dissolution and metasomatism among minerals, can increase the reservoir performance to a certain extent and enhance the fluid flow in the reservoir.

关键词: 白云凹陷; 成岩作用; 储层特征

Keywords: Baiyun Sag; diagenesis; reservoir characteristics

DOI: 10.12346/se.v4i3.6766

1 引言

珠江口盆地白云凹陷地区具有与中国大多数含油气盆地不同的地质背景, 与国外常见的大型含油气田盆地相比, 也有其较之特殊的地方^[1]。近年来由于荔湾气田、永乐油气田等大型油气田的发现, 证明了白云凹陷深层恩平组、文昌组

及珠海组等岩性地层圈闭^[2]具有巨大的资源潜力, 成为全球油气勘探的热点之一。

论文以珠江口盆地白云凹陷深层储层为例, 充分借鉴北部湾和墨西哥湾等国内外深水区含油气盆地的油气成藏地质学经验, 综合运用铸体薄片观察、粒度分析、扫描电镜等

【作者简介】文静 (1998-), 女, 硕士, 从事矿产普查与勘探研究。

一系列相关的技术手段，对白云凹陷地区储层开展进一步研究。

2 区域地质概况

白云凹陷是位于中国南海北部大陆边缘的陆坡区上的一个新型含油气盆地，最大水深可达 2800m，其北面可与番禺低隆起接壤^[3]，向南最远可至珠江口盆地的南部隆起带，最西通常认为其与云开低凸起以一条北西走向的基底断裂、岩浆活动带为界，东侧则与南海的东沙隆起相邻接(见图 1)^[4]。论文的目的层主要为文昌、恩平、珠海和珠江组的储层。

3 储层岩石学特征

3.1 储层岩石类型

笔者以研究区重点钻井的砂岩岩石薄片和相关数据的统计分析为基础(见表 1)，确定了储层的主要碎屑成分含量(包含石英、长石和岩屑)。分析结果表明，白云北地区的储层的石英(Q)平均含量为 76.18%，长石(F)为 9.75%，岩屑(R)为 16.68%；白云东地区的石英(Q)平均含量为 73.58%，长石(F)为 14.1%，岩屑(R)为 10.65%。

3.2 填隙物特征

将薄片的统计结果作为基础数据的主要支持来源，结合黏土矿物及全岩实验结果综合分析，白云北地区储层中填隙物总体积分数为 30.06%，白云东地区储层中填隙物总体积分数为 20.15%，填隙物由杂基和胶结物组成，其中杂基主

要以泥质为主，白云北地区储层中偶见泥质条带；胶结物主要为方解石、白云石等，部分可见菱铁矿、泥晶碳酸盐等矿物。白云东地区储层的胶结产物以方解石为主体，其中部分井位可见菱铁矿，泥晶碳酸盐含量较白云北地区少(见表 2)。整体上看，泥质杂基含量较少。

3.3 黏土矿物特征

通过分析 X 线衍射结果，结合扫描电镜观察得知，白云北储层的黏土矿物主要为伊利石(I)，绿泥石(C)以及高岭石(K)，相对含量分别为 70%、12.5% 和 11%，伊/蒙混层黏土矿物(I/S)含量较少(见表 3)。

扫描电镜下伊利石主要表现为丝缕状、纤维状和蠕虫片状，其中丝缕状的伊利石最常见，其主要分布于碎屑颗粒的表面之中。绿泥石多分布于孔隙中，形态多见叶片状，绿泥石矿物的存在在一定程度上保护了储层。高岭石与伊利石分布位置基本一致，主要呈蠕虫状、书页状，在一定条件下转化为伊利石。伊/蒙混层多呈蜂窝状，且主要分布在长石、石英矿物间。

黏土矿物 X 衍射资料(表 3)显示，白云东恩平组和文昌组储层黏土矿物主要为伊利石(I)、高岭石(K)和伊/蒙混层(I/S)，其中伊利石占有黏土矿物的 38% 左右，主要为丝缕状、纤维状，多分布于储层内其他脆性颗粒之间。高岭石相对含量为 25%，多为书页状。伊/蒙混层(I/S)的相对含量为 22%，多为蜂窝状，且多在石英等矿物表面产出。绿泥石(C)含量较少，多见玫瑰花状且多见于粒间孔隙。



图 1 白云凹陷地区区域位置(改自陈国俊, 2010)

表 1 白云北及白云东砂岩储层主要碎屑成分含量

地区	井号	石英含量/%	长石含量/%	岩屑含量/%	样品个数/个
白云北	A	45~89/70.7	3~9/5.0	6~51.5/24.3	15
	B	45~94/72.3	1~29/9.3	6~54/18.4	13
	C	60~81.5/72.8	11~29/12.5	2~12/14.7	9
	D	75.5~82.5/78.5	9.5~17/12.2	6~14/9.3	13
白云东	E	26~88.5/70.2	9~16/12.5	2.5~58/17.1	5
	F	62.5~87.5/78.1	3.5~25/12.6	2.5~25.5/9.3	76
	G	60~90/83.4	3~16.5/12.5	4~36/8.0	86
	H	67.5~89/73.0	8.5~23/18.8	2.5~12.5/8.2	11

注：“/”前是分布范围，后为平均值。

表 2 珠江口盆地白云东及白云北地区填隙物成分统计表

		φ(填隙物)/%									
地区	井位	泥质	泥质条带	高岭石	铁白云石	黄铁矿	铁方解石	白云石	方解石	泥晶碳酸盐	菱铁矿
白云北	A 井	1.68	10.00	2.44	5.08	0.99	1.26	0	7.33	0.80	0
	B 井	2.04	0	1.00	0.20	0.38	0.50	0	28.00	1.71	0
	C 井	2.61	0	0.40	0.41	1.28	0.35	0.40	0	0.50	0
白云东	E 井	9.64	0	0.61	0.58	0.36	0.66	1.42	10.01	0	3.91
	F 井	2.81	0	0.26	0.57	0.70	6.39	2.50	11.46	0	2.20
	G 井	4.96	0	0.55	1.20	0.78	1.69	1.00	1.00	2.55	0
	H 井	0.50	0	0.40	3.57	4.00	0	0.30	0.40	0	0

表 3 白云北及白云东古近系储层黏土矿物相对含量

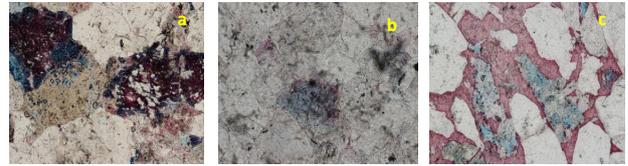
地区	井号	样品数 / 个 I/S	黏土矿物相对含量 / %			
			I	K	C	
白云北	A	8	6	64	14	16
	C	9	7	76	8	9
	加权平均值		6.5	70	11	12.5
白云东	E	40	25	40	20	15
	G	11	11	57	7	23
	H	26	39	28	25	8
	I	9	14	34	46	6
	加权平均值		22	38	25	13

4 成岩作用对优质储层的控制作用

储层所经历的机械压实作用对于孔隙空间的减小起到了决定作用。一般情况下，压实作用对原生孔隙的破坏性非常严重。储层在受到外界的压力时，会使储层中塑性颗粒发生变形、刚性颗粒出现裂隙等情况，最重要的是，这些变形的塑性颗粒会充填在砂岩的孔隙中从而减少砂岩的孔隙空间，进而降低砂岩渗透率，使储层的物性变差（见图 2）。

早期的胶结作用对储层物性好坏的影响主要是根据胶结物填充情况来判断。一般情况下，填隙物的含量越多，储层的物性就越差。这是因为填隙物大多是一些细碎屑颗粒，粒度也比较小，充填在砂岩微小的孔隙内就会对储层内的流通性起到破坏性的作用。

溶蚀作用是具有腐蚀性流体对储层中的可溶、易溶矿物进行溶蚀和溶解等相关作用，正因为溶蚀作用的存在，不仅增大了储层内部的孔隙空间，更是提高了储层的连通性以及物性。研究区内储层发生的溶蚀作用主要包括有机酸对长石颗粒、部分岩屑的溶蚀作用。



a 为铁方解石交代长石，铁白云石交代岩屑；
b 为长石完全溶解形成铸模孔；c 为方解石呈连晶型充填于粒间，并胶结颗粒

图 2 白云凹陷古近系储层破坏性成岩作用

5 结论

①白云北区恩平组和珠海组储层黏土矿物主要为伊利石（I），其次是绿泥石和高岭石。白云东恩平组和文昌组储层黏土矿物主要为伊利石（I）、高岭石（K）和伊 / 蒙混层黏土矿物（I/S）。白云东和白云北地区的储层内杂基主要以泥质为主，白云北地区储层中见少量泥质条带；白云东和白云北地区储层的胶结物含量较多的都为方解石。

②储层经历过多种成岩作用，如压实作用，使储层内发生塑性颗粒变形、刚性颗粒产生裂隙以及颗粒重新排列组合的现象，从而造成储层颗粒间（内）孔隙的减少。胶结作用对储层的物性在化学作用方面产生消极的影响，可以作用在成岩的各时期。除此之外，储层内所存在的有机质酸流体，也为储层中发生强烈的溶蚀、溶解作用提供了必要的条件。

参考文献

- [1] 庞雄,陈长民,彭大钧,等.南海北部白云深水区之基础地质[J].中国海上油气,2008(4):215-222.
- [2] 张亚雄,朱筱敏,陈欢庆,等.琼东南盆地渐新统陵水组坡折带类型及层序地层样式[J].石油与天然气地质,2014,35(4):473-479.
- [3] 杜贵超,苏龙,陈国俊,等.番禺低隆起珠海组砂岩碳酸盐胶结特征及其对储层物性的影响[J].岩性油气藏,2019,31(3):10-19.
- [4] 钟志洪,施和生,朱明,等.珠江口盆地构造-地层格架及成因机制探讨[J].中国海上油气,2014,26(5):20-29.