

付和平, 沈江远, 马骁, 等. 西沙群岛梅山组一段白云岩矿物特征[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(6): 31-38.

西沙群岛梅山组一段白云岩矿物特征

付和平^{1,2}, 沈江远^{3,4}, 马骁^{1,2}, 许红^{2,4*}, 张道军⁵, 苏大鹏², 董刚², 闫桂京², 刘新宇⁵, 闫琢玉⁶

(1 中国石油大学(华东), 青岛 266580; 2 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071;

3 长江大学, 武汉 430100; 4 自然资源部第一海洋研究所, 青岛 266061; 5 中海石油(中国)有限公司湛江分公司,

湛江 524057; 6 中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司, 湛江 524057)

摘要:白云岩既是南海油气储集层又与生物礁成因机制相关。对西沙群岛梅山组一段 600~750 m 岩心段进行采样分析, 由于此段属于新层位(西科 1 井 600~1 000 m)中深埋藏白云岩, 可能属于对应油气盆地的储层, 因而相关研究至关重要。通过扫描电镜(SEM)观察发现大量菱形晶体, 结合能谱(EDS)元素分析认为菱形晶体含有 Ca 和 Mg 元素, X 射线粉晶衍射(XRD)分析证实全部样品为白云石; 样品表面碎屑物质为方解石, 但是 EDS 检测出 Si, 说明样品中混杂陆源沉积; 在光滑的白云石晶体上 EDS 能谱分析则未见 Si。事实上, 西科 1 井梅山组一段白云岩层 MgO 和 SiO₂ 含量变大, 且呈明显正相关关系, 推测为海退期白云石形成过程中的陆源物质输入。XRD 分析结果表明, 620~646.5 m 段岩心发育厚层白云石, 其有序度中等, 下伏 646 m 深处方解石占比开始增加。

关键词:西科 1 井; 梅山组; 白云岩; 扫描电镜; 能谱; X 射线粉晶衍射

中图分类号: P736.14; P588.24

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2020.188

0 引言

1791 年, 法国博物学家 Deodat de Dolomieu 第 1 次对白云石进行了描述^[1]。白云石化学式为 CaMg(CO₃)₂, 三方晶系, 空间群 $R\bar{3}$ 。其成分中常含有 Fe 和 Mn, 偶尔含有 Pb、Zn、Ni 和 Co 等。当白云石中铁的摩尔含量大于 Mg 的摩尔含量时, 称为铁白云石 Ca(Mg, Fe)(CO₃)₂。很多研究发现, 白云石多由石灰岩受含镁溶液交代而成, 这种作用称为白云石化作用; 在方解石 Ca 离子被 Mg 离子置换生成白云石的反应过程中, 无序白云石会优先形成, 并随白云石化过程逐渐转变为有序白云石^[2]。白云石可以通过沉积作用、成岩交代作用、热液及变质反应等方式形成, 广泛存在于古老的碳酸盐台地中, 但全新世以来的沉积物中却很少见^[3]。

西沙群岛(111°—113 °E, 15°30′—17°N)位于南海西北部大陆坡上, 群岛由岛、礁、滩、沙构成, 发育典型的生物礁体系, 是生物礁及白云岩研究最好的天然实验室。迄今为止, 中国已在西沙群岛钻探 6 口科探井, 发现白云岩并对其开展相关研究已经超过 30 年^[4-8], 多岛科探井中发现不同成因白云岩^[6-8]。2012 年 3 月, “十二五”油气重大专项设计的宣德环礁西科 1 井在石岛开钻, 历时 2 年 5 个月, 于 1 257.52 m 钻穿西沙群岛生物礁, 发现下伏基底为多种岩浆变质岩^[9-10]。西科 1 井岩心显示西沙群岛自成礁以来全部为碳酸盐岩。且在 2 千多万年以来的生物礁剖面中, 发育多层在成因上分布与海平面下降的地质事件有良好对应关系的白云岩; 有关研究表明海平面升降直接控制了西沙群岛碳酸盐岩的发育和白云石化作用的进程, 并在岛礁形成过程中起到主导作用^[11-12]。

通过岩心实物样品观察及样品显微特征分析, 笔者初步认为西沙群岛梅山组一段白云岩形成的主导环境, 或应与晚中新世全球古海洋冰川性海退事件不同。因此, 通过对白云岩基本特征尤其是该层系白云石化作用程度及其显微组分特征的研究, 有望能够获得系列初步的认识, 为下一步工作确定研究方向。

收稿日期: 2020-11-30

资助项目: 国家自然科学基金(41872114); 国家科技基础资源调查专项课题(2017FY201407)

作者简介: 付和平(1994—), 男, 在读硕士, 主要从事海洋地质与白云岩储层方面的研究工作。E-mail: nowar2666@foxmail.com

* 通讯作者: 许红(1957—), 男, 博士, 研究员, 主要从事油气地质调查与资源勘探评价及海洋生物礁成因研究工作。E-mail: qdxhong@163.com

1 材料与方法

1.1 材料

测试样品来自西沙群岛西科1井。西科1井

于2012年3月15日开钻,2014年5月完钻;在1257.52 m深处钻穿生物礁,进入变质岩基底后于1268.02 m完钻^[4]。本文选择性针对前期研究较为薄弱的梅山组600 m以深岩心,于2020年9月在湛江完成了600~750 m段岩心的针对性采样,在该层段共采集9块岩心(图1)。



发展股份有限公司工程技术公司中海油实验中心完成。

2 结果

2.1 岩心样品手标本特征

岩心现场采集确定 600~618.46 m 以灰白色灰泥为主, 故本层段采集第 1 块样品起始深度是 620.61 m, 合计采样 9 块, 因为 734.90 m 处样品属于梅山组一段下部, 与其他样品间隔过大, 故以上部 8 块样品为主, 手标本基本特征描述如下(表 1)。

表 1 西科 1 井梅山组一段样品手标本岩性特征
Table 1 Lithologic characteristics of hand specimens from the 1st Member of Meishan Formation in well Xike 1

地层	序号	取样深度/m	手标本岩性特征描述
梅山组一段	1	620.61~620.55	灰白色、浅灰色、深灰色和黄褐色, 表面孔隙密集分布, 点酸(5%稀盐酸)不起泡; 比重较大; 白云质生物礁灰岩
	2	621.94~622.04	
	3	623.66~623.76	
	4	628.66~628.80	
	5	630.51~630.55	灰白色生物碎屑灰岩; 灰白色含灰泥生物碎屑灰岩夹 2 薄层生物礁灰岩; 裂缝、铸模孔、虫穴大量白色泥灰质物充填结晶孔, 孔缝洞填屑物明显, 伴随样品差异白云化作用, 一块样品含 2 类组分: 白色灰质、浅灰白色云灰岩, 和深灰色白云岩。其中, 白色灰质组分充填晶间孔和晶洞, 形成浅灰色、土黄色灰质藻白云岩与生物碎屑灰质白云岩
	6	637.06~637.18	
	7	639.89~639.94	
	8	646.30~646.37	

620.61~628.80 m 层段岩心呈灰白色、浅灰色、深灰色和黄褐色, 表面孔隙密集分布, 点酸(5% 稀盐酸)不起泡, 比重较大; 初始深度为白云质生物礁灰岩, 逐渐过渡为黄褐色灰质生物礁白云岩(图 1), 向下白云化程度显著增强。

630.80~633.85 m 疑为灰岩未采样; 633.85~742.06 m 为灰白色含灰泥生物碎屑白云岩夹 2 薄层生物礁灰岩, 其中 734.00 m 左右重新观察到明显的白云化作用^[4, 15]。本段样品采集始于 630.51 m, 采样 1 块; 从 637.06 m 开始连续采样 3 块, 至 646.37 m; 样品为灰白色生物碎屑灰岩, 灰白色含灰泥生物碎屑灰岩夹 2 薄层生物礁灰岩, 裂缝、铸模孔、虫穴大量白色泥灰质物充填结晶孔, 孔缝洞填屑物明显, 去白云化作用强烈; 或伴随有样品差异白云化作用, 1 块样品可能存在灰岩和白云岩, 为白色灰质浅灰白云岩和深灰色白云岩; 晶间孔和晶洞中均为

白色填屑物, 推测为成岩后生作用形成灰质成分, 是后期白云化-成岩后生作用等多期作用的产物, 值得下一步专题进行研究。

2.2 扫描电镜和能谱特征

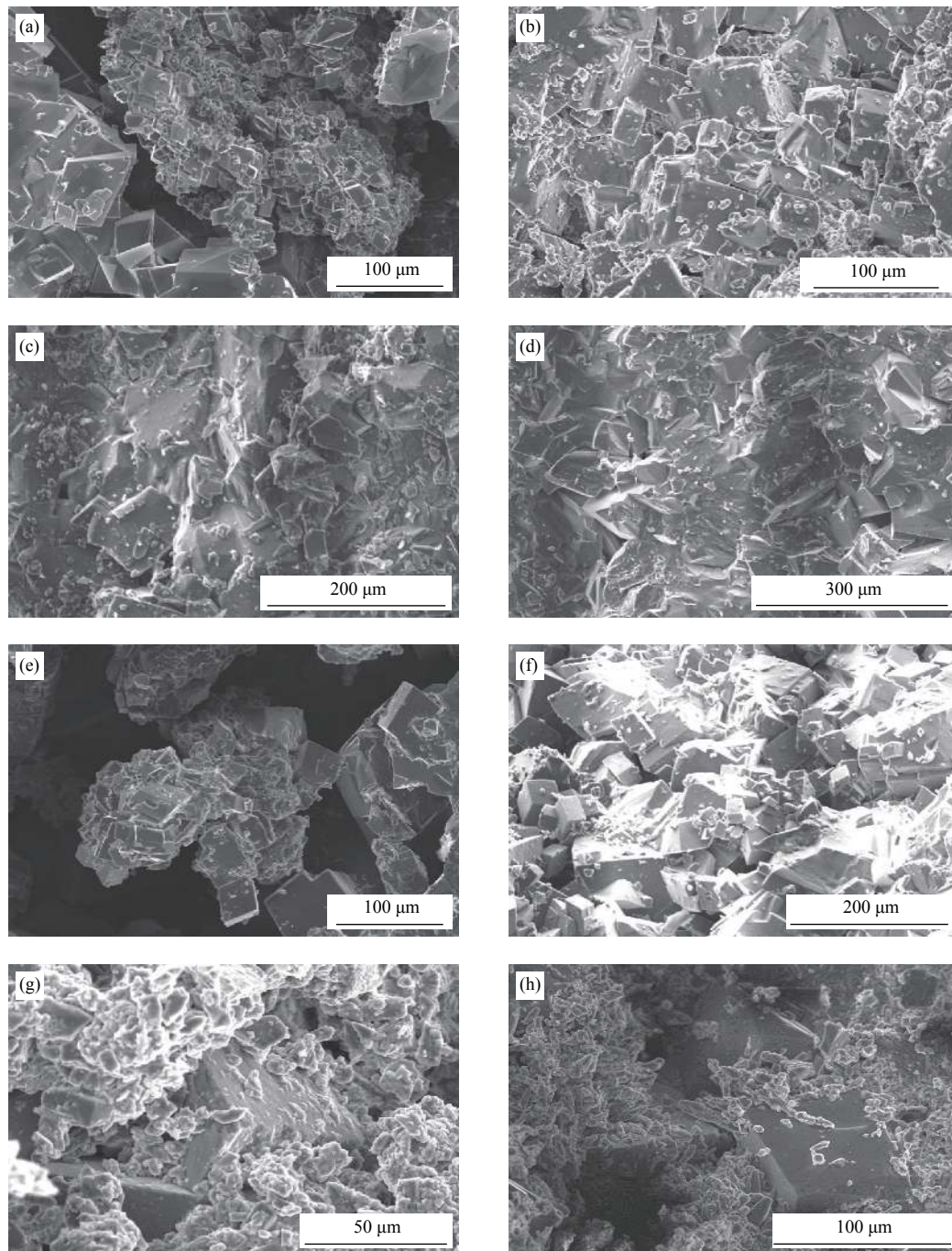
对应表 1, 完成了梅山组一段上部 8 块样品 SEM 测试, 确定它们全部为白云岩, 虽然在不同的深度, 白云岩有所差异, 但都发现典型菱形晶体: 或属于亮晶白云石, 孔隙可见微小充填物, 晶间孔, 胶结程度高; 或以他形为主, 镶嵌接触; 或为自形白云石, 胶结程度高, 见溶蚀孔(图 2)。

可以推断 SEM 下的菱形晶体为白云石, EDS 分析表明菱形白云石晶体所含 Ca、Mg 元素; 样品表面碎屑物质为方解石, 但 EDS 检出 Si, 说明样品混杂陆源沉积; 然而, 在光滑的白云石晶体上 EDS 能谱分析未见 Si(图 3)。

研究发现, 梅山组一段上部是松散的灰岩, 在 621 m 深处, 出现比较多的白云石晶体, 但晶型不完整, 发生镶嵌接触; 至 630 m, 以自形白云石为主, 灰岩含量少; 639 m 以深虽然白云石结晶完整, 但含有大量的方解石及其他物质。

2.3 镁钙硅元素含量百分比变化特征分析

西科 1 井梅山组一段白云岩层 CaO、MgO 及 SiO₂ 含量最高。MgO 和 SiO₂ 成明显的正相关性(图 4), 计算相关系数可达 0.856, P₂O₅ 和 MgO 的相关系数为 0.872。该层属于中中新世晚期, 当时相对海平面停止上升, 同时受火山作用的隆升和剥蚀影响, 碳酸盐台地中间较低洼地区沉积了从周围台地滑塌的碳酸盐碎屑和硅质碎屑, 因此表现为 SiO₂ 含量变高^[16]。前人在对西科 1 井整体分析的基础上, 认为其白云岩层段是在气候变冷的背景下, 在岛礁周围形成礁滩潟湖, 高蒸发导致形成高盐度的卤水下渗交代方解石形成的^[12, 17]。但该段白云石厚度约 26.5 m, MgO/CaO 比值偏低, 平均处于 0.5 左右, 可能与该模式存在偏差。另有学者提出中新统上段和上新统上段的白云岩是次生成因的, 其成因可以用咸淡水混合模式加以解释, 由岛屿中央的淡水盆地提供贫钙的淡水, 在下渗过程中富集镁离子, 在咸淡水混合带交代原生的钙质沉积, 形成了白云岩^[6, 18]。该段白云岩属于中新统中段, 或与其上大厚度白云岩的形成不一样, 其形成的主导环境, 应与晚中新世全球古海洋冰川性海退事件不同, 需要对样品显微特征进一步分析。



(a)样品深度 620.61~620.55 m, 亮晶白云石, 孔隙可见微小充填物; (b)样品深度 621.94~622.04 m, 亮晶白云石, 半自形, 胶结程度高; (c)样品深度 623.66~623.76 m, 亮晶白云石, 以他形为主, 镶嵌接触; (d)样品深度 628.66~628.80 m 亮晶白云石, 以他形为主, 镶嵌接触; (e)样品深度 630.51~630.55 m 自形白云石, 孔隙可见微小充填物; (f)样品深度 637.06~637.18 m 自形白云石, 胶结程度高; (g)样品深度 639.89~639.94 m 自形白云石, 碎屑物增多, 见溶蚀孔; (h)样品深度 646.30~646.37 m 自形白云石, 见溶蚀孔

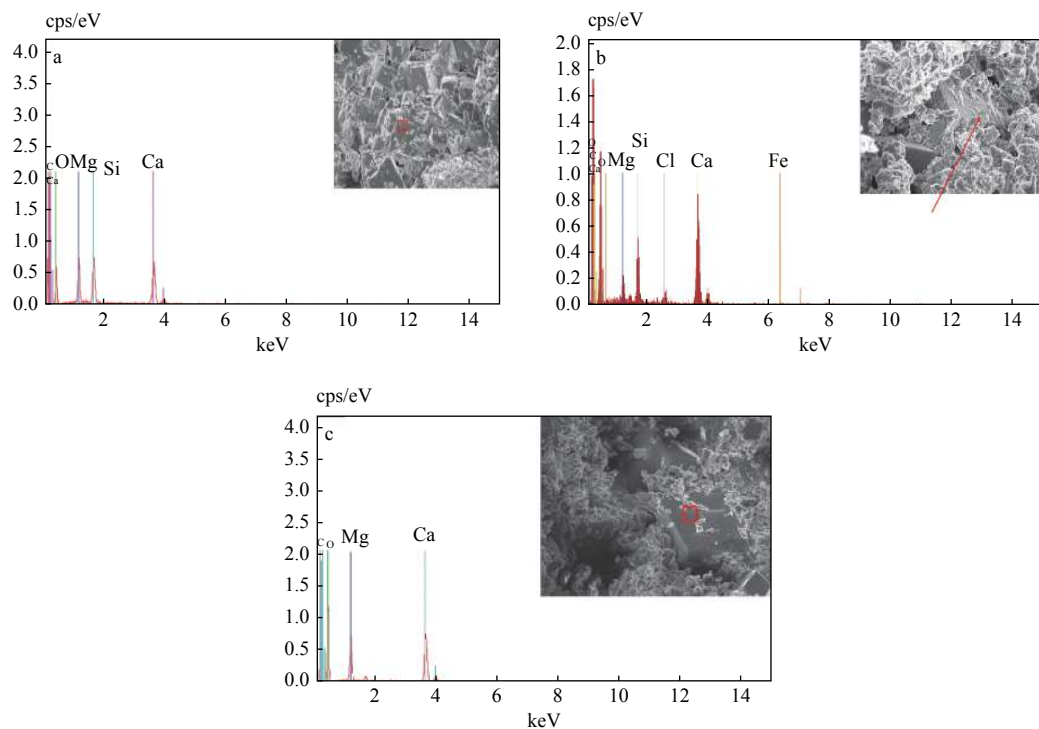
图 2 白云岩层扫描电镜

Fig.2 Photos of scanning electron microscopy for dolomite

2.4 XRD 分析

完全有序的白云石晶体结构中 CaCO_3 分子层与 MgCO_3 分子层依次交替排列, 在 X 射线衍射图上会出现超结构反射峰, 此时有序度定义为 1^[19]。但是, 大多数白云石特别是较为年轻地层白云石受

到形成环境和有序度特征影响, 导致 Ca-Mg 离子交换不完全, 难以实现理想的化学配比和占位, 构成所谓一定程度无序现象。一般用(015)与其相邻的衍射峰(110)的强度进行比较, 获得 $\delta = I_{015}/I_{110}$ 强度比值, 来计算白云石的有序指数, 白云石的有序度在一定程度上可反映白云石晶体中元素排列的有



(a) 样品深度 621.94~622.04 m, 对表面进行区域分析(红色区域); (b) 样品深度 639.89~639.94 m, 点分析, 除发现 Ca、Mg 等元素外, 也发现 Si、Fe 的特征 X 射线能量为 6.404 Kev, 此处并无脉冲; (c) 样品深度 646.30~646.37 m, 表面光滑的白云石晶体

图 3 白云石层系能谱分析

Fig.3 Photos of dolomite by energy dispersive spectrometer

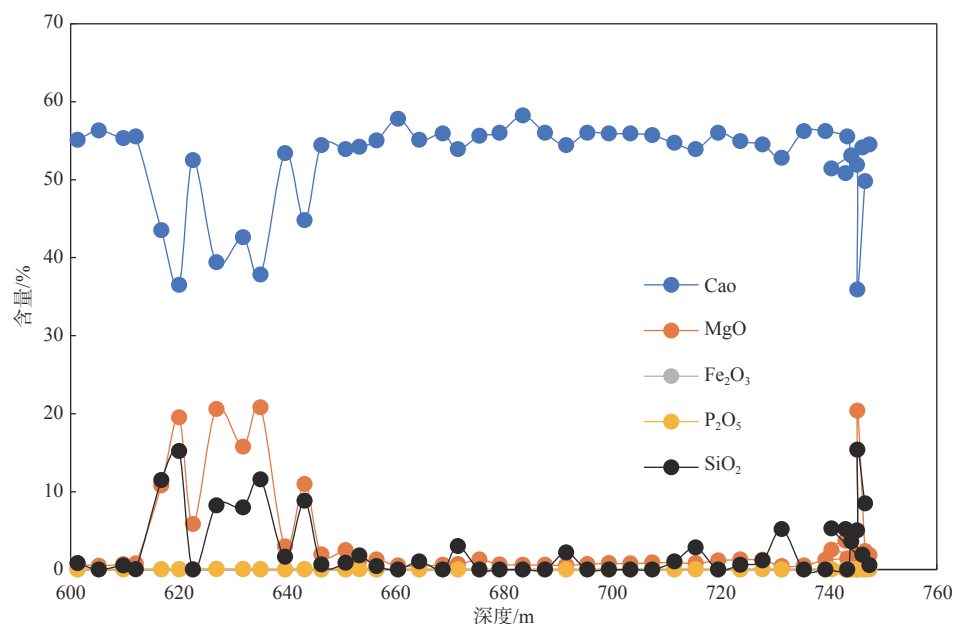


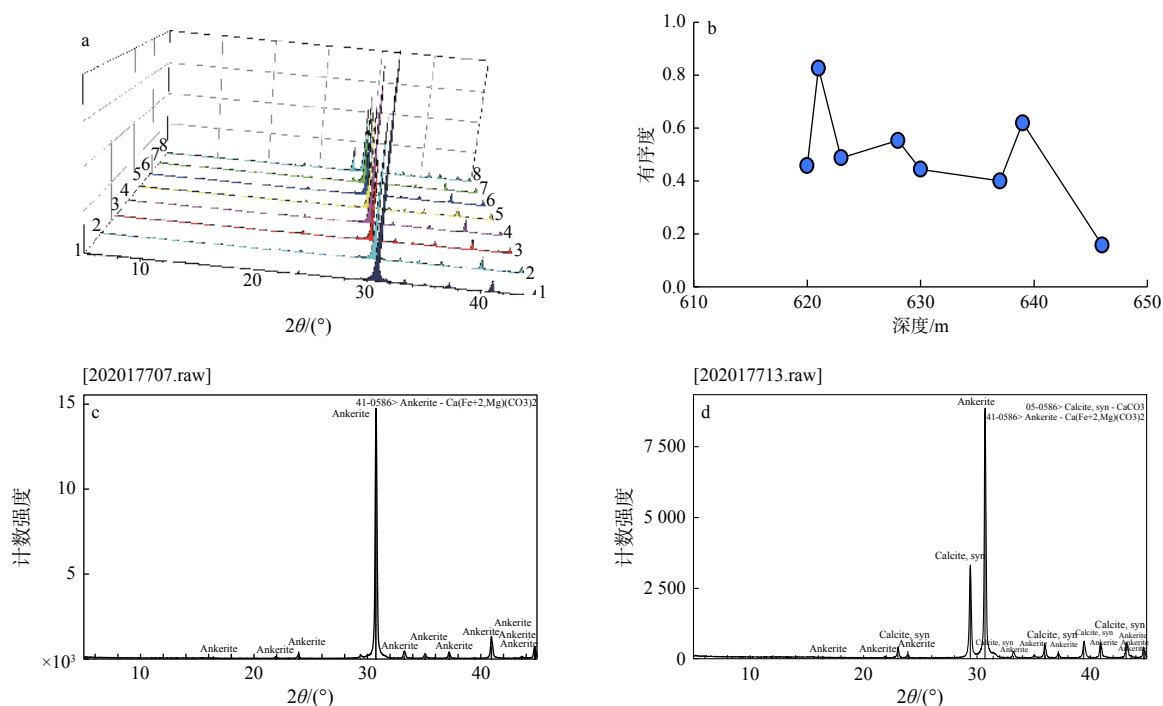
图 4 西科 1 井梅山组一段元素含量百分比变化

Fig.4 Percentage change of element contents in the 1st Member of Meishan Formation from well Xike 1

序情况^[19-20]。

西科 1 井梅山组一段白云石有序度基本在 0.43~0.62 的范围里, 说明该段白云石晶体形成尚还处于中期; 在扫描电镜中, 白云石晶体普遍发育较规

则菱形, 说明白云石正在形成理想程度的晶体结构, 但表现为慢的结晶速率。深度推进到 646.30~646.37 m, 白云石有序度变低, 仅为 0.16, X 光衍射图谱不光可见白云石, 还有大量的方解石(图 5)。



(a)编号由小到大分别指示样品深度 620.61~620.55 m, 621.94~622.04 m, 623.66~623.76 m, 628.66~628.80 m, 630.51~630.55 m, 637.06~637.18 m, 639.89~639.94 m, 646.30~646.37 m 的 X 光衍射图谱; (b)梅山组一段白云岩对应深度的有序度; (c)样品深度 620.61~620.55 m 的 X 光衍射图谱及物性分析; (d)620.61~620.55 m 的 X 光衍射图谱及物性分析, 不仅可见(含铁)白云石还有方解石

图5 西科1井梅山组一段X射线衍射图谱及分析

Fig.5 XRD spectra for samples from the 1st Member of Meishan Formation in well Xike 1

3 讨论

梅山组一段常见微晶—细晶白云石, 通常自形晶、晶形较好, 雾心亮边发育^[21]。大多微晶白云岩和粉晶白云岩, 部分保留有原始基质微晶结构、颗粒结构或生物礁残余结构, 生物礁残余结构是西科1井最为发育的白云岩^[22]。由于生物礁的横向迁移, 在梅山组晚期等海平面相对较低的时期, 在盆地内构造相对较低的古隆起之上, 也存在发育生物礁的可能^[23]。储集空间类型包括原生的粒间孔、粒内孔和晶间孔, 次生的溶孔、铸模孔、粒内溶孔和裂缝。白云岩储层物性好, 颗粒灰岩储层物性差^[24]。岩心标本观察 620~646.5 m 层段主要为白色、浅灰白色-浅灰黄色-灰黄色, 比重较大, 裂缝、铸模孔、虫穴大量白色泥灰质物充填结晶孔, 孔缝洞填屑物明显; 扫描电镜下自形-半自形, 以粉晶、细晶为主, 晶体之间可见晶间孔, 部分深度溶蚀作用发育, 可见晶面溶孔。

本次研究所选择 SEM 及搭载 EDS 足以满足初步定性和成分分析的需要, 但因样品表面凹凸不平, EDS 只能定性; 一旦需要定量, 则会因样品表面

不平, 造成 X 射线被吸收程度不同而误差明显; 同时, EDS Si(Li)检测器窗口限制了超轻元素 X 射线的测量, 因此只能测量原子序数比较大的元素; 还因为 EDS 的波峰比较宽, 容易发生重叠, 所以分辨率较低; 在 EDS 法矿物分析中, 元素特征峰干扰和重叠经常出现, 在半定量分析时须剥离干扰峰^[25]; 如在白云石的半定量分析中, 由于 Ca 的 $K\alpha$ 系特征 X 射线为 3.692 Kev, 和 Te 的 $L\alpha$ 系特征 X 射线 3.769 Kev 极为接近, 会发生重叠。不同的矿物具有不同的 X 光衍射图谱, 这不仅体现在它们的晶体结构上还与元素构成有关, 所以 XRD 可以准确确定样品的成分。XRD 和 SEM 相互佐证, 证实了该段发育厚层白云石, 且有序度中等, 说明发育时间较长, 白云石晶形在 SEM 下完整, 多以自形、半自形为主。XRD 发现其衍射图谱较之白云石更符合铁白云石, 主量元素分析说明其含铁量少。

在地球科学界 200 多年的白云岩研究过程中, 已经先后提出了几十种白云岩成因模式, 原因在于它们形成于不同的沉积环境。按照深度可以将白云石的成因模式划分为近地表(浅埋藏)环境与中—深埋藏环境。不同的深度界线缺乏明确定义, 不同学者提出的深度界线也不尽相同。中—深埋藏

环境中孔隙流体化学性质已不再完全受控于地表或近地表过程, 而是受控于地下成岩过程, 水岩相互作用已经在很大程度上改变了原有的孔隙流体, 从而控制影响白云石的形成^[26]。本文划分西科 1 井 ≤ 600 m 为浅层白云岩; 600~1 000 m 为中深层白云岩; $\geq 1 000$ m 为深层白云岩。青岛海洋地质研究所早期在西沙群岛的白云岩研究中, 研究者集中于西琛 1 井浅层岩心, 样品深度没有超过 600 m。

按井位分为以下 3 种情况:

(1) 西琛 1 井

该井位于永乐环礁琛航岛, 距离码头 70 m, 井深 802.17 m。但是, 该井 550 m 以深岩心尚无白云岩数据; 是因为这个深度到井底为大段粉砂和未固结弱固结沉积灰砂, 所以相关研究难以开展。

(2) 西永 2 井

井深 600.02 m, 也不具有中深层 > 600 m 深度层白云岩研究的样品条件。

(3) 西科 1 井

所有本文研究样品全部属于该井 > 600 m 岩心。通过扫描电镜和 X 光粉晶衍射测试分析, 已经完全确认典型菱形晶体是白云石, 综合其他相关研究已经确认该层段赋存大厚度白云岩无疑; 为后续展开电子探针、染色片的镜下观察等工作奠定了基础。

前人认为回流渗透及准同生白云石具有较高的 Mg^{2+}/Ca^{2+} 比值, 白云石形成速度较快, 因而有序度较低; 中浅埋藏和混合水白云石成因海水与大气淡水混合, Mg^{2+}/Ca^{2+} 比值将变低, 白云石晶体生长速度变慢, 有序度中等; 深埋藏成因白云石因为埋藏深度大, 物理、化学条件有利于白云石形成理想晶体结构, 因而有序度值较高^[27]。本文样品有序度 0.43~0.60, Mg^{2+}/Ca^{2+} 比值低, 按深度分类属于中深埋藏白云石成因。

本文针对前人工作和样品的薄弱环节进行测试与研究, 具体研究内容尚有待深入; 但与前人和浅层多井白云岩的对比, 以及白云岩的特征和成因机制, 都是不可或缺的研究内容。

4 结论

(1) 选取西科 1 井西沙群岛梅山组 600~750 m 层段岩心样品, 进行了岩心手标本定性的特征描述, 5% 稀盐酸不起泡; SEM、EDS 和 XRD 分析结果表明, 此段岩心属于中深层白云岩。

(2) 岩心标本主要为白色、浅灰白-浅灰黄-灰黄

色, 比重较大, 切面可见白色充填物; 扫描电镜下为自形一半自形, 以粉晶、细晶为主, 晶体之间可见晶间孔, 部分深度溶蚀作用发育, 可见晶面溶孔。

(3) SEM 观察梅山组一段样品只见到自形或半自形的白云石晶体, XRD 分析结果表明, 岩心样品主要为白云石。白云石形成期间有陆源碎屑物质输入, 上层白云岩稳定分布于 620~646.5 m, 单层厚度可达 26.5 m。该段白云石有序度基本在 0.43~0.62 的范围里, 说明晶体形成尚处于中期。

参考文献:

- [1] ZENGER D H, BOURROUILH-LE JAN F G, CAROZZI A V. Dolomite and the first description of dolomite[M]//Dolomites: a volume in honour of Dolomieu. Blackwell Publishing Ltd., 1994.
- [2] KACZMAREK S E, SIBLEY D F. On the evolution of dolomite stoichiometry and cation order during high-temperature synthesis experiments: an alternative model for the geochemical evolution of natural dolomites[J]. *Sedimentary Geology*, 2011, 240(1/2): 30-40.
- [3] WARREN J. Dolomite: occurrence, evolution and economically important associations[J]. *Earth-Science Reviews*, 2000, 52(1/3): 1-81.
- [4] 邵磊, 朱伟林, 邓成龙, 等. 南海西科 1 井碳酸盐岩生物礁储层沉积学、年代地层与古海洋环境[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2016.
- [5] 何起祥, 张明书. 中国西沙礁相地质. 北京: 科学出版社, 1986.
- [6] 何起祥, 张明书. 西沙群岛新第三纪白云岩的成因与意义[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1990, 10(2): 47-57.
- [7] 许红, 张金川, 蔡峰. 西沙群岛中新世生物礁矿物相研究及意义[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1994, 14(4): 15-23.
- [8] 许红, 王玉净. 西沙中新世生物地层和藻类的藻礁作用与生物礁演变特征[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [9] XU H, ZHANG W W, WEI K, et al. Ferrous dolomites in Miocene sediments of the Xisha Islands and their genetic model[J]. *Journal of Oceanology and Limnology*, 2018, 36(1): 165-180.
- [10] 许红. “十二五”国家重大科技专项《南海新生代生物礁储层对比研究》成果报告[R]. 青岛: 青岛海洋地质研究所, 2015.
- [11] 曹佳琪, 张道军, 翟世奎, 等. 西沙岛礁白云岩化特征与成因模式分析[J]. *海洋学报*, 2016, 38(11): 125-139.
- [12] 修淳, 张道军, 翟世奎, 等. 西沙石岛礁相白云岩稀土元素地球化学特征及成岩环境分析[J]. *海洋通报*, 2017, 36(2): 151-159, 167.
- [13] 陈敬中. 地质学中的电子显微分析(岩矿、矿床、地化及地质类专业)[M]. 武汉: 武汉地质学院测试中心, 1985.
- [14] 周玉, 武高辉. 材料分析测试技术: 材料 X 射线衍射与电子显微分析(第二版)[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2007.
- [15] 罗威, 张道军, 刘新宇, 等. 西沙地区西科 1 井综合地层学研究[J]. *地层学杂志*, 2018, 42(4): 485-498.
- [16] 张新元, 吴时国. 西沙海区中新世广乐碳酸盐台地的发育演化及其控制因素[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2018, 38(6):

- 159-171.
- [17] 银河, 王亚辉, 刘娟, 等. 中国南海西沙地区西科1井中新统梅山组白云岩特征及成因[J]. 石油与天然气地质, 2020, 41(1): 209-222.
- [18] 张海洋, 许红, 卢树参, 等. 西沙中新世藻礁白云岩储层特征及成因模式[J]. 海洋地质前沿, 2016, 32(3): 48-56.
- [19] 曾理, 万茂霞, 彭英. 白云石有序度及其在石油地质中的应用[J]. 天然气勘探与开发, 2004, 27(4): 64-85.
- [20] 王泽宇, 乔占峰, 寿芳漪, 等. 塔里木盆地永安坝剖面蓬莱坝组白云岩成因与形成过程: 来自有序度和晶胞参数的证据[J]. 天然气地球科学, 2020, 31(5): 602-611.
- [21] 史德锋, 李潇雨, 王亚辉, 等. 中国南海西沙地区西科1井中新统白云岩中微生物特征及其对白云石化的启示[J]. 矿物岩石, 2020, 40(2): 104-113.
- [22] 王小端, 王亚辉, 刘娟, 等. 中国南海西沙地区西科1井白云岩中锰质矿物特征及研究意义[J]. 矿物岩石, 2020, 40(2): 81-91.
- [23] 罗威, 胡雯燕, 王亚辉, 等. 西沙地区XK-1井主要造礁生物特征及生物礁环境演化[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2018, 38(6): 78-90.
- [24] 于亚苹, 刘立, 徐守立, 等. 西沙群岛西科1井梅山组一段储层物性特征及储集评价[J]. 世界地质, 2015, 34(4): 1069-1078.
- [25] 郑巧荣. 电子探针能谱矿物定量分析[J]. 岩矿测试, 1994, 13(2): 105-108.
- [26] 胡作维, 黄思静, 张超, 等. 碳酸盐白云化作用模式研究进展[J]. 海洋地质前沿, 2011, 27(10): 1-13.
- [27] 高子颖. 白云石有序度的控制因素[J]. 科技创新导报, 2018(8): 33-39.

MINERALOGICAL CHARACTERISTICS OF DOLOMITE IN THE 1ST MEMBER OF MEISHAN FORMATION OF THE XISHA ISLANDS

FU Heping^{1,2}, SHEN Jiangyuan^{3,4}, MA Xiao^{1,2}, XU Hong^{2,4*}, ZHANG Daojun⁵, SU Dapeng²,
DONG Gang², YAN Guijing², LIU Xinyu⁵, YAN Zhuoyu⁶

(1 China University of Petroleum (East China), Qingdao 266580, China; 2 Qingdao Institute of Marine Geology, China Geological Survey, Qingdao 266071, China; 3 Changjiang University, Wuhan 430100, China; 4 First Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Qingdao 266061, China; 5 Zhanjiang Branch of CNOOC (China) Ltd., Zhanjiang 524057, China; 6 CNOOC EnerTech-Drilling and Production Co., Zhanjiang 524057, China)

Abstract: In the South China Sea, dolomite is not only a kind of oil and gas reservoir, but also the deposits closely related to the genesis of reefal complex. In this paper, mineralogical analysis is made for the 600~750 m interval of core section of the Meishan Formation in the Xisha Islands. The research is focused on a new horizon of middle to deep dolomite, 600~1 000 m from the well of Xike 1, which may become oil and gas reservoir in the future. A large number of rhombic crystals are found by SEM. EDS analysis suggests that the rhombic crystals are dominated by Ca and Mg in elements. XRD analysis further confirms that they are dominated by dolomite; excluding the surficial clastic deposits which consists of calcite. EDS detected some Si from the samples, indicating the mixing of terrigenous materials. However, no Si has been found on the smooth surface of dolomite crystals by EDS. The content of SiO₂ increases with MgO in the dolomite. It is speculated that there is terrigenous material input during the formation of dolomite in the regression period. XRD results found that thick dolomite of medium order is developed in 620~646.5 m of the core, and the proportion of calcite begins to increase from 646 m.

Key words: well Xike 1; Meishan Formation; dolomite; SEM; EDS; XRD