

# Fe 同位素研究现状及其在西沙群岛 铁白云岩研究中的应用

史同强<sup>1,2,3,4,5</sup>, 许红<sup>2,3,4\*</sup>, 张海洋<sup>2,3,4,6</sup>, 李旭平<sup>1,5</sup>, 张威威<sup>2,3,4,6</sup>

(1 山东科技大学地球科学与工程学院, 青岛 266590; 2 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室, 国家海洋局第一海洋研究所, 青岛 266061; 3 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071; 4 海洋国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室, 青岛 266071; 5 山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室, 青岛 266590; 6 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 青岛 266580)

**摘要:**铁是地球中含量最多分布最广的过渡金属元素之一,但针对 Fe 同位素的研究滞后。介绍了开始于 TIMS,到 MC-ICP-MS 的 Fe 同位素测试技术,其重要研究进展与现状。指出 Fe 元素及 Fe 同位素在自然界中的组成、分布及在生物、非生物有机作用过程中分馏的特征;Fe 同位素地球化学及在古海洋学、矿床学等地球科学领域的广泛应用,涉及铁硫化物、铁氧化物和铁碳酸盐矿物-菱铁矿成矿作用。后者目前被认为是碳酸盐岩铁白云岩成因研究的关键,通过铁白云岩中大量铁和重金属来源示踪研究,揭示西沙群岛孤立岛屿环境铁白云岩的成因特征和机制,属于白云岩问题研究重要内容,具有重要的意义。

**关键词:**Fe 同位素;MC-ICP-MS;分馏机制;X 光粉晶衍射;西沙群岛;铁白云岩

中图分类号:P597

文献标识码:A

DOI:10.16028/j.1009-2722.2018.06007

20 世纪五六十年代开始就已经开始进行自然界中 Fe 同位素组成特征的研究,但由于当时科学技术水平限制,尚无法真实测定 Fe 同位素组成的变化,也无法证实 Fe 同位素在地质中所发挥的作用及其意义。20 世纪八九十年代,Valley 与 Anderson<sup>[1]</sup>展开了铁同位素组成的研究,却受限于当时的仪器精度,因此并未在自然界样品的铁同位素组成分析中发现什么变化。直到 Beard 与 Johnson<sup>[2]</sup>用 TIMS(热离子质谱)稀释剂法完成铁同位素测试分析,才测定到 Fe 同位

素组成的变化,可当时的精度并不是很高。自 2000 年以来,同位素分析技术大幅改进,Belshaw 等<sup>[3]</sup>首先应用 MC-ICP-MS(多接收电感耦合等离子体质谱)于 Fe 同位素研究,首次提供了 Fe 同位素高精度、高灵敏度测试的途径,开拓了 Fe 同位素研究新领域,才使 Fe 同位素在矿床学、地球化学、古海洋学等地学研究领域的工作中占据一席之地,这也为开展西沙群岛最新发现的铁白云岩成因机制研究提供了大量铁与重金属来源示踪分析的可能与契机。

## 1 铁 Fe 同位素的研究现状

Fe 元素原子序数 26,是第 4 周期第Ⅷ族过渡金属元素,其稳定同位素及丰度分别为:<sup>54</sup>Fe (5.84%)、<sup>56</sup>Fe (91.76%)、<sup>57</sup>Fe (2.12%) 和<sup>58</sup>Fe (0.28%)。Fe 元素作为重要成矿金属元素之一,

收稿日期:2018-03-02

基金项目:国家专项(GZH201200510,2017FY2014-07);国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2012CB956004)

作者简介:史同强(1992—),男,在读硕士,主要从事矿物学、岩石学、矿床学等专业方面的工作。E-mail:2272888494@qq.com

\* 通讯作者:许红(1957—),男,研究员,主要从事海域油气资源勘探与生物礁储层研究工作。E-mail:qdxhong@163.com

常以不同价态(0,+2,+3)出现在矿物、岩石以及生物体中,且成为地壳中丰度最高的元素之一<sup>[4-6]</sup>。在自然界,Fe 含量很高,通常在不同环境中以不同形态成矿,因此是矿床学研究的重点,具有实际价值。在海洋,特别是在孤立碳酸盐岩台地地区的岛礁,发现地史时期大量的 Fe 出现于白云岩中,其成因机制研究与铁同位素有关,但研究刚刚起步。

### 1.1 Fe 同位素测试方法的进步

随着科技的进步,各种新型同位素分析仪器的研发和测试分析技术的发展,能够分析测试非传统同位素包括过渡性金属元素 Fe 尚为同位素,主要方法如下。

#### 1.1.1 TIMS 方法

采用热电离质谱法(TIMMS)分析 Fe 同位素的组成<sup>[2]</sup>,由于在质谱分析过程中存在质量分馏效应。因此,精准的数据测试需要采用双稀释剂及指数分馏定律校正处理。此测试方法对<sup>56</sup>Fe/<sup>54</sup>Fe 分析精度约(2δ)为±(0.4~0.6)×10<sup>-3</sup>。所以 0.5×10<sup>-3</sup>的分析精度无法测定诸多地质现象中 Fe 同位素组分的变化,加之此法操作相对复杂,所以一定程度上限制了 Fe 同位素的研究。

#### 1.1.2 MC-ICP-MS 方法

采用多接收等离子体质谱法(MC-ICP-MS)分析 Fe 同位素组成<sup>[6,7,8]</sup>,可以提高测试精度与测试效率。测试前,样品要预处理和化学分离纯化,以减少等离子体中 H<sub>2</sub>O、N<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 等的进入量,除去其中的 Cr、Ni、Na 离子,淋滤过程用 HCl,而不用 HNO<sub>3</sub>,以减少有可能发生的同位素信号干扰,树脂交换过程中的产率要达到 100%,以防止分离过程中发生同位素分馏;标样和样品的浓度要基本一致。用该方法所测同位素的精度(2δ)较高,为±0.6×10<sup>-4</sup>。与前述双稀释剂 TIMS 方法相比,本方法测试精度提高了一个数量级以上,由此带来 Fe 同位素研究分析数据与结果的可信度,同时飞跃提升和推动相关研究的发展与进步。

### 1.2 Fe 同位素表示方法及自然界中组成分布

#### 1.2.1 Fe 同位素表示方法

Fe 同位素现在在国际上有 2 种表示方法,存

在争议而未统一,这 2 种表现形式分别是 δ(千分差)和 ε(万分差)。

其中,δ<sup>56</sup>Fe 和 ε<sup>57</sup>Fe 分别表示为:

$$\delta^{56}\text{Fe} = \left[ \frac{(^{56}\text{Fe}/^{54}\text{Fe})_{\text{样品}}}{(^{56}\text{Fe}/^{54}\text{Fe})_{\text{标样}}} - 1 \right] \times 1000$$

$$\epsilon^{57}\text{Fe} = \left[ \frac{(^{57}\text{Fe}/^{54}\text{Fe})_{\text{样品}}}{(^{57}\text{Fe}/^{54}\text{Fe})_{\text{标样}}} - 1 \right] \times 10000$$

目前,国际上通用的 Fe 同位素标准物质有 2 种:①火成岩标样:即 15 块地球火成岩和 5 块月球高钛玄武岩的平均值(<sup>56</sup>Fe/<sup>54</sup>Fe)标样=15.7028<sup>[2]</sup>;②欧洲委员会参考物质及测量协会 IRMM-014, (<sup>57</sup>Fe/<sup>54</sup>Fe)IRMM-14=15.6979<sup>[3]</sup>。

#### 1.2.2 自然界 Fe 同位素组成分布

虽然 Fe 同位素组成变化研究并不多,目前正处于数据积累阶段,但根据已报道的不同母体 Fe 同位素的测试数据,可大致得出其变化分布图(图 1)。

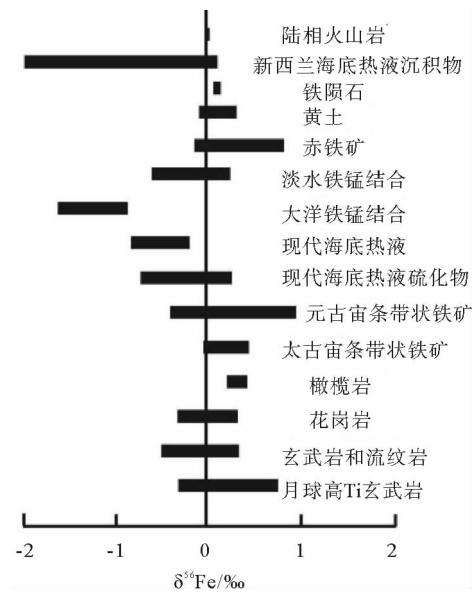


图 1 自然界中 Fe 同位素的数据分布图(据文献[9,10]修改)

Fig. 1 Fe isotope distribution in nature

(modified from references[9,10])

### 1.3 影响 Fe 同位素分馏因素的研究

自然界对同位素分馏产生影响的因素主要有与生物有机作用过程和非生物有机作用过程。就过渡金属 Fe 元素对比轻稳定同位素(C、H、O、N 等)而言,前者在有机作用过程中更容易发生明显分馏,而无机作用过程对轻稳定同位素产生影响

更大。

Beard 等<sup>[11,12]</sup>通过六方针铁矿以及赤铁矿细菌实验,研究证明细菌还原作用对 Fe 元素生长产生分馏作用即存在细菌的分馏作用。Mander-nack 等<sup>[13]</sup>做了有机络合剂存在下的铁矿物质溶解的实验,得出在有机络合剂(如含铁细胞)存在的情况下角闪石的溶解可使 Fe 同位素发生分馏。根据以上前人的实验研究得出 Fe 同位素可做生物示踪剂并能够以此来推断古地球的生物分布特征的结论。但是,却并不清楚其中存在的具体的分馏机理。

Zhu 等<sup>[14]</sup>2002 年通过研究发现在常温( $\sim 20^{\circ}\text{C}$ )以及高温( $\sim 1\ 000^{\circ}\text{C}$ )条件下都存在明显的同位素分馏,并指出陨石中共存橄榄石和金属相之间的 Fe 同位素分馏是受氧化还原过程控制。Berger 和 Von Blanckenburg<sup>[15]</sup>也认为在变质作用中的 Fe 同位素分馏也受体系的氧化还原条件控制,但分馏的大小与温度之间并无相关性。Bullen 等<sup>[16]</sup>研究证实,低温溶液中与生物活动无关的氧化还原过程可以造成大的 Fe 同位素分馏。

## 2 西沙群岛白云岩与铁白云岩研究进展

西沙群岛中的生物礁碳酸盐岩发育至今经历过很多次的构造运动和较长时间的沉积,而且还经受过强烈的地质作用,复杂的演化过程在极大程度上增加了西沙群岛中生物礁碳酸盐岩的研究难度<sup>[17]</sup>。因此,针对西沙群岛铁白云岩成因特征的深入研究,有望提升针对南海中新世古海洋环境变化的研究及认识,对深层次揭示其中古海洋事件的地质学特征具有重要研究意义。

### 2.1 西沙群岛白云岩研究现状

西沙群岛包括永乐环礁、宣德环礁等岛礁,是我国南海四大群岛之一,自中新世以来就发育生物礁碳酸盐岩<sup>[18,19]</sup>。截至目前,南海西沙群岛海域已经钻探有西永 1 井(井深 1 384.6 m)、西永 2 井(井深 600.02 m)、西琛 1 井(井深 800.17 m)、西石 1 井(井深 200.63 m)、西科 1 井(井深 1 268.02 m)和西石 2 井(30.08 m)6 口钻井,为

南海西沙群岛地质构造与地层发育等的研究提供了至关重要的地质历史资料<sup>[20]</sup>。

事实上,前人对铁白云岩中铁白云石的成因研究较少,铁白云石交代方解石的室内实验研究仅见于前苏联学者 Ф. В. Сыромятников 的论述<sup>[21]</sup>,其在实验室条件下分析铁白云石形成的物理-化学条件。黄擎宇等<sup>[22]</sup>曾提及加强非传统稳定同位素的使用,加强对深层白云岩储层形成和保存机制的探索。夏卫华等<sup>[23]</sup>研究了菱铁矿床中富铁白云岩中铁白云石,认为应该是有大气降水参与的热卤水成岩作用产物。张新涛<sup>[24]</sup>研究海拉尔的铁白云石脉时,认为形成主要与岩浆作用有关。柳益群等<sup>[25]</sup>通过新疆三塘湖跃进沟二叠系白云岩研究,发现铁白云石和白云石具有非共生的关系;从而指出该段白云岩是原生的,其中铁白云石的形成与地幔热液喷流作用有关。

何起祥等<sup>[19]</sup>认为西琛 1 井 2 期白云化作用与南、北冰盖的扩张与形成有关。孙志国等<sup>[26]</sup>通过对西沙中新世地层岩心中锶同位素特征研究,认为锶同位素的变化与我国西部海拔最高高原的隆升有关。许红等<sup>[27]</sup>石油地质学家通过对西沙群岛中新世生物礁白云岩作 X 射线粉晶衍射图谱、矿物相定量计算以及有序度研究,提出白云岩成因为混合水白云石化模式。魏喜等<sup>[28]</sup>通过研究西琛 1 井岩心的岩石性质与成岩环境,提出白云岩成因为准同生白云岩化模式。王振峰等<sup>[29]</sup>通过对西科 1 井中新统一上新统白云岩的微观结构分析,提出白云岩成因为回流渗透白云岩化成因机制。朱伟林等<sup>[30]</sup>通过对南海西沙西科 1 井层序地层格架及礁生长单元特征的研究,识别出西沙地区中中新世以来有 6 个暴露面及 2 个淹没面,并将其划分为 9 个层序。

### 2.2 西永 2 井铁白云岩 X 光粉晶衍射测试

X 光粉晶衍射图谱是铁白云石鉴定的权威指标。X 光粉晶衍射图谱中不同的矿物相具有各自不同的衍射峰值特征,以此为根据可以区分判断确定目标物的矿物相。通过 X 光粉晶衍射图谱能够定性分析出方解石矿物、白云石矿物、文石矿物等,铁白云石标准 PDF 卡片库中的铁质白云石( $d$  为 2.9061~2.9063),根据白云石的(104)特征峰  $2\theta$  为  $30.58^{\circ}\sim 31.28^{\circ}$ ,  $d$  为 2.854~2.912 Å

值区别出白云石和铁白云石矿物。所以在研究中采取 X 光粉晶衍射的方法来识别西永 2 井中的铁白云岩。

西永 2 井为全取心钻井,其中 317.67~600.33 m 为上中新统白云岩,主要物质为生物碎屑白云岩,在其中发现了铁白云岩,西永 2 井中新世钻井岩心样品从 390~600.33 m 不包括 420~

425.5 m 其余深度样品分别呈现了铁白云石单峰的特征。

在西永 2 井 493.6~496.6 m 取样进行 X 光粉晶衍射测试(图 2),并与标准 PDF 卡片库中的铁质白云石( $d$  为 2.906 1~2.906 3)33-0282 标准谱卡片对比,发现铁白云石单峰, $d=2.906 2$ ,证明属于典型铁白云岩。

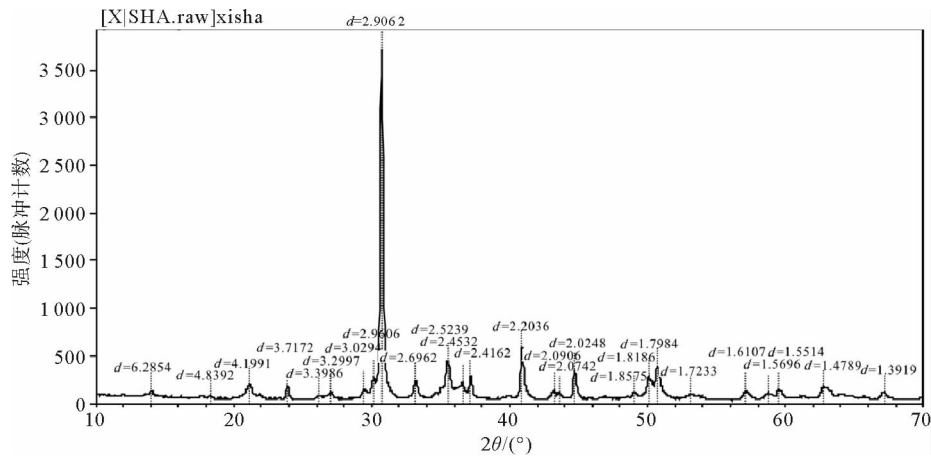


图 2 西永 2 井 493.6~496.6 m 样品 X 光粉晶衍射谱图

Fig. 2 X-ray diffraction pattern of 493.6~496.6 m sample from Well Xiyong 2

### 3 铁白云岩中铁同位素的来源示踪

高翔等<sup>[31]</sup>等研究了松科 1 井含铁白云岩的特征,认为含铁白云岩富钙、低有序度,形成于结晶速度较快、不稳定成岩环境中;若此环境富含铁,就有形成铁白云岩的可能。孙剑等<sup>[32,33]</sup>测试分析了白云鄂博矿床中的铁同位素,采用多接收等离子体质谱法(MC-ICP-MS)同位素测试技术,主要含铁矿物的铁同位素特征代表了整个矿床的铁同位素组成,且根据铁同位素分馏特征,提出白云鄂博矿床的铁源于火成岩浆。在张军涛等<sup>[34]</sup>等的鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组铁白云岩研究中,根据铁的组成分布探讨富铁白云岩的成因模式及铁的来源,认为铁白云岩形成与其孔隙度有关,铁元素来源于上部铁质黏土岩。

Xu Hong 等<sup>[35]</sup>、朱玉瑞等<sup>[36]</sup>探讨西沙群岛多井发现典型铁白云岩及其中超过 25% 铁元素的来源,涉及 Fe 同位素测试技术、特征及与海水中 Fe 同位素对比、发生较明显分馏及其示踪研

究大量 Fe 元素来源机制,提出火山喷发作用为铁白云岩形成提供大量铁元素等观点。报道了 Fe 同位素分馏作用机制:风化变质作用不会使 Fe 同位素发生较明显分馏,生物有机作用及热液作用才会导致 Fe 同位素明显的分馏,Fe 同位素组成分布范围也会变大。大自然中主要铁氧化物形成过程就是含铁矿物的沉积过程,一般决定于氧化还原条件的改变,促使海水中的  $\text{Fe}^{2+}$  氧化成  $\text{Fe}^{3+}$  沉淀,因此,氧化还原作用可使 Fe 同位素发生明显分馏。

### 4 结论

Fe 同位素研究测试方法的进步得益于实现了 TIMS 到 MC-ICP-MS 硬件技术的进步;随着精度提高,结果可信度提高,并且开始触及科学研究自然的本质。Fe 同位素研究在生物有机化学作用、氧化还原条件改变及低温、高温环境对于铁同位素分馏作用的影响等方面具有优越性,事实上,通过铁同位素分馏特征可以示踪铁元素的来

源,这种溯源分析是成因科学研究的主要证据,具有重要气候、环境与古海洋变化多重意义。

Fe 同位素地球化学在古海洋学、矿床学等地球科学领域获得广泛应用,研究报道较为集中,主要涉及铁硫化物、铁氧化物和铁碳酸盐矿物-菱铁矿成矿作用;后者则是碳酸盐系白云岩亦即铁白云岩研究内容,通过 X 光粉晶衍射方法定性分析西永 2 井中的铁白云石,下一步需要进行铁同位素 MC-ICP-MS 测试以期得到铁同位素分布规律以及特征。包括上述铁白云岩中铁元素来源示踪的研究以及西沙群岛孤立碳酸盐岩台地地区铁白云岩成因特征和机制的研究在内,相关研究正在不断取得进展。

#### 参考文献:

- [1] Valley G E, Anderson H H. A comparison of the abundance ratios of the isotopes of terrestrial and of meteoritic iron[J]. American Chemical Society, 1947, 69: 1871-1875.
- [2] Beard B L, Johnson C M. High precision iron isotope measurements of terrestrial and lunar materials[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1999, 63(11/12): 1653-1660.
- [3] Belshaw N S, Zhu X K, Guo Y, et al. High precision measurement of iron isotopes by plasma source mass spectrometry[J]. International Journal of Mass Spectrometry, 2000, 197(1-3): 191-195.
- [4] 刘喜停, 颜佳新. 铁元素对海相沉积物早期成岩作用的影响[J]. 地球科学进展, 2011, 26(5): 482-492.
- [5] 王 跃, 朱祥坤. 铁同位素体系及其在矿床学中的应用[J]. 岩石学报, 2012, 28(11): 3638-3654.
- [6] 崔 豪, 周 炼, 李 超, 等. Fe-Mo 同位素与古海洋化学演化[J]. 地球科学进展, 2013, 28(9): 1049-1056.
- [7] 朱祥坤, 李志红, 赵新苗, 等. 铁同位素的 MC-ICP-MS 测定方法与地质标准物质的铁同位素组成[J]. 岩石矿物学杂志, 2008, 27(4): 263-272.
- [8] Halliday A N, Lee D C, Christensen J N, et al. Recent developments in inductively coupled plasma magnetic sector multiple collector mass spectrometry [J]. International Journal of Mass Spectrometry & Ion Processes, 1995, 146-147: 21-33.
- [9] 宋柳霆, 刘丛强, 王中良, 等. 铁同位素方法在环境地球化学研究中的应用与进展[J]. 地球与环境, 2006, 34(1): 70-80.
- [10] 蒋少涌. 过渡族金属元素同位素分析方法及其地质应用[J]. 地学前缘, 2003, 10(2): 269-278.
- [11] Beard B L, Johnson C M, Cox L, et al. Iron isotope biosignatures[J]. Science, 1999, 285(5435): 1889.
- [12] Beard B L, Johnson C M, Skulan J L, et al. Application of Fe isotopes to tracing the geochemical and biological cycling of Fe[J]. Chemical Geology, 2003, 195(1-4): 87-117.
- [13] Mandernack K W, Bazylinski D A, Bullen T D. Oxygen and iron isotope studies of magnetite produced by magnetotactic bacteria[J]. Science, 1999, 285(5435): 1892-1896.
- [14] Zhu X K, Guo Y, Williams R J P, et al. Mass fractionation processes of transition metal isotopes[J]. Earth & Planetary Science Letters, 2002, 200(1/2): 47-62.
- [15] Berger A, Von Blanckenburg F. High-Temperature fractionation of Fe isotopes[J]. Eos Trans AGU, 2001, 82(47): V21A-0958.
- [16] Bullen T D, White A F, Childs C W, et al. Demonstration of significant abiotic iron isotope fractionation in nature[J]. Geology, 2001, 29(8): 699-702.
- [17] 宋红瑛. 南海西部新近系生物礁碳酸盐岩孔渗层变化与成因特征研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- [18] 魏 喜, 祝永军, 尹继红, 等. 南海盆地生物礁形成条件及发育趋势[J]. 特种油气藏, 2006, 13(1): 10-15.
- [19] 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, 20(2): 45-55.
- [20] 王崇友, 何希贤, 裘松余. 西沙群岛西永一井碳酸盐岩地层与微体古生物的初步研究[J]. 石油实验地质, 1979(00): 23-39.
- [21] Сыромьятников Ф В, Воробьев И М, 陈国玺. 铁白云石交代方解石的实验研究[J]. 地球与环境, 1976(1): 24-27.
- [22] 黄擎宇, 刘 伟, 张艳秋, 等. 白云石化作用及白云岩储层研究进展[J]. 地球科学进展, 2015, 30(5): 539-551.
- [23] 夏卫华, 冯志文, 余恒翁. 淄河式层控菱铁矿床中富铁白云岩地质特点及其成因初探[J]. 地质科技情报, 1983(s1): 64-72.
- [24] 张新涛. 海拉尔盆地贝尔凹陷布达特群储层特征研究[D]. 长春: 吉林大学, 2005.
- [25] 柳益群, 焦 鑫, 李 红, 等. 新疆三塘湖跃进沟二叠系地幔热液喷流型原生白云岩[J]. 中国科学: 地球科学, 2011, 41(12): 1862-1871.
- [26] 孙志国, 蓝先洪, 刘宝柱, 等. 西沙珊瑚礁中青藏高原隆升的锶同位素记录[J]. 海洋科学, 1996, 12(3): 35-41.
- [27] 许 红, 张金川. 西沙群岛中新世生物礁矿物相研究及其意义[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1994(4): 15-23.
- [28] 魏 喜, 贾承造, 孟卫工等. 西沙海域新近纪以来生物礁分布规律及油气勘探方向探讨[J]. 石油地球物理勘探, 2008, 43(3): 308-312.
- [29] 王振峰, 崔宇驰, 邵 磊, 等. 西沙地区碳酸盐台地发育过程与海平面变化: 基于西科 1 井 BIT 指标分析数据[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2015, 40(5): 900-908.
- [30] 朱伟林, 王振峰, 米立军, 等. 南海西沙西科 1 井层序地层格架与礁生长单元特征[J]. 地球科学, 2015, 40(4): 677-687.

- [31] 高翔,王平康,李秋英,等. 松科 1 井嫩江组湖相含铁白云石的准确定名和矿物学特征[J]. 岩石矿物学杂志, 2010, 29(2):213-218.
- [32] 孙剑,朱祥坤,陈岳龙,等. 白云鄂博多金属矿床铁同位素初步研究[C]//全国矿床会议. 2010.
- [33] 孙剑,朱祥坤,陈岳龙,等. 白云鄂博地区相关地质单元的铁同位素特征及其对白云鄂博矿床成因的制约[J]. 地质学报, 2012, 86(5):819-828.
- [34] 张军涛,何治亮,岳小娟,等. 鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组五段富铁白云石成因[J]. 石油与天然气地质, 2017, 38(4):776-783.
- [35] Xu H, Zhang W, Wei K, et al. Ferroan dolomites in Miocene sediments of the Xisha Islands and their genetic model[J]. Journal of Oceanology & Limnology, 2018, 36(1): 165-180.
- [36] 朱玉瑞,许红,赵新伟,等. 西沙生物礁铁质白云岩的事件沉积学研究[C]//全国古地理学及沉积学学术会议. 2012.

## RESEARCH STATUS OF Fe ISOTOPES AND ITS APPLICATION TO FERRODOLomite STUDY IN XISHA ISLANDS

SHI Tongqiang<sup>1,2,3,4,5</sup>, XU Hong<sup>2,3,4\*</sup>, ZHANG Haiyang<sup>2,3,4,6</sup>,  
LI Xuping<sup>1,5</sup>, ZHANG Weiwei<sup>2,3,4,6</sup>

(1 College of Earth Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China;

2 Key Laboratory of Marine Sedimentology and Environmental Geology, SOA, First Institute of Oceanography, Qingdao 266061, China;

3 Qingdao Institute of Marine Geology, CGS, Qingdao 266071, China; 4 Laboratory for Marine Mineral Resources, Qingdao National

Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071, China; 5 Shandong Provincial Key Laboratory of Depositional

Mineralization & Sedimentary Minerals, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China;

6 School of Geosciences, China University of Petroleum (East China), Qingdao 266580, China)

**Abstract:** Iron is one of the most widely distributed transitional metal elements on the earth, but the research on Fe isotopes lags behind. This article describes the Fe-Isotope testing techniques starting from TIMS to MC-ICP-MS, and its major research progress and status quo. The composition and distribution of Fe elements and Fe isotopes in the nature and their fractionation in both the biological and non-biological processes are also described. Fe isotope geochemistry and their wide application in the fields of paleoceanography, mineral deposits and other branches of earth sciences involve iron sulfides, iron oxides, and iron carbonate minerals -siderite mineralization. The latter is currently considered to be the key to the study of the origin of carbonate dolomite. Through the trace studies of trace amounts of iron and heavy metals in dolomite, we discussed the genetic characteristics and mechanism of the environmental dolomite in the isolated island of the Xisha Islands and its relation to the dolomite problem.

**Key words:** Fe isotope; MC-ICP-MS; fractionation mechanism; X-ray powder diffraction; Xisha Islands; ferrodolomites