

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

从自生黄铁矿的分布规律和相关因素 探讨北黄海西部海域的沉积环境

彭 汉 昌

自生黄铁矿是在介质处于还原条件下形成的。它是一种能够反映沉积环境的重要指示矿物。研究现代海洋沉积物中自生黄铁矿的形成作用、分布规律和相关因素,对于探讨现代乃至古地质时期的某一海域的沉积环境具有重要意义。

通过对我国北黄海沉积物中的重矿物分析,发现所含的自生黄铁矿主要富集在西部海域的威烟渔场一带,说明那里的沉积环境有着自己的特殊性。为此,本文试图从北黄海沉积物中自生黄铁矿的分布规律和相关因素探讨其西部海域的沉积环境特征。

本文编写过程中,郝颐寿教授给予了热情指导,我室化学组的同志提供了部分资料,中国科学院海洋研究所的李坤业、宋华中等同志协助做了 x -光粉晶分析和显微照相,对以上同志的指导和帮助,笔者于此一并致谢。

一、北黄海的自然地理环境

北黄海是被我国的胶、辽两半岛和朝鲜半岛所环绕的半封闭陆架浅海。平均水深约38米,最大深度85米,其中有一半海域水深在45米以内。西面以庙岛群岛所隔与渤海为邻,南面大致以北纬 $37^{\circ}30'$ 的纬度线为界与南黄海相通。周围半岛上都有河流注入其中(图1)。

每年有大量的陆源物质被河流携带入海,南黄海和渤海里的部分细粒物质也被海流带进北黄海,加之海区本身的生物活动,从而构成极为丰富的物质来源。

此外,西部海域处在黄海暖流和渤海沿岸流之间,水动力相对微弱,适宜于各种生物繁殖和细粒物质沉积。这些都构成了自生蓝铁矿产生的良好环境。

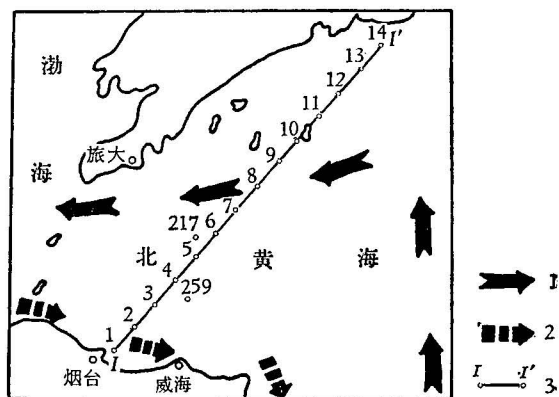


图1 北黄海的地理位置示意图

1—黄海暖流; 2—渤海沿岸流; 3—I—I'剖面及站号

二、北黄海沉积物中自生黄铁矿的一般特征

北黄海表层沉积物中自生黄铁矿主要集中分布在西部海域的威烟渔场一带,即 $37^{\circ}30'$ —

38°50'N, 121°10'—122°50'E。在重矿物的颗粒百分含量¹⁾中最高达 63.2%，最低为 1%。百分含量等值线构成了一个蝴蝶形图案 (图 2)。

除了在表层沉积物中含有大量的自生黄铁矿外，在这一区域的柱状沉积物的不同层位中，也含有大量的自生黄铁矿，它们和表层沉积物中的自生黄铁矿具有相似的性质。

在表 1 中列出了两个站位不同层位中自生黄铁矿的点阵间距和衍射强度，将这些数据和该矿物的标准 x-光粉晶数据²⁾作对比，其中对于鉴别黄铁矿有价值的点阵间距和衍射线均具备。因此该矿物属黄铁矿。

自生黄铁矿富含在褐灰色、青灰色粉砂质软泥中，它们是一些球状、椭球状颗粒，鲕状

表 1 自生黄铁矿的X-射线粉晶数据

站号及层位 (厘米)5 (70—90)		7 (140—160)	
<i>l</i>	<i>da</i>	<i>l</i>	<i>da</i>
1	3.48	1	3.47
4	3.13	4	3.10
2	2.98	1	2.97
9	2.70	9	2.70
8	2.42	8	2.41
7	2.20	7	2.20
6	1.91	6	1.908
3	1.79	2	1.78
10	1.63	10	1.63
1	1.59	3	1.56
2	1.56		
5	1.50	4	1.49
5	1.445	4	1.44
1	1.24	1	1.238
3	1.21	2	1.208
3	1.18	3	1.178
1	1.150	1	1.115
4	1.105	4	1.105
10	1.042	10	1.04
5	1.006	6	1.006
4	0.988	2	0.988

实验条件：相机直径57.3毫米，射线Fekα，电压35千伏，电流10毫安，曝光2小时。

分析者：中国科学院海洋研究所李坤业、时英民。

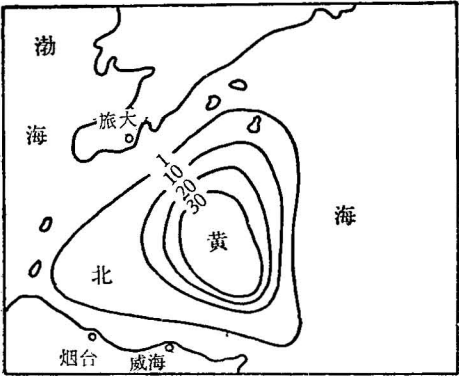
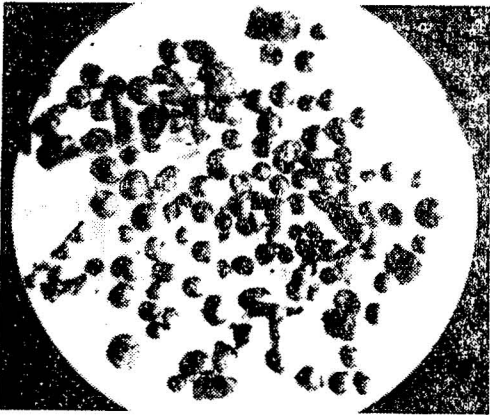


图 2 北黄海自生黄铁矿百分含量等值线略图

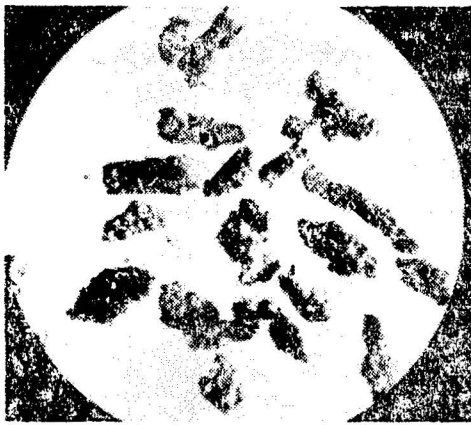


照片 1 球状椭球状自生黄铁矿
(217 号站表层，实体镜下，×34)



照片 2 鲕状和置换了动物遗体的自生黄铁矿
(6 号站100—120厘米层位，实体镜下，×34)

1) 即在300—400 颗碎屑矿物中自生黄铁矿所占百分数。
2) 据中国科学院贵阳地球化学研究所《矿物 x 射线粉晶鉴定手册》。



照片 3 不规则形态的自生黄铁矿
(259站表层, 实体镜下, $\times 34$)



照片 4 置换了植物根茎的自生黄铁矿
(4号站350—360厘米层位, 实体镜下, $\times 34$)

集合体或不规则形状的团块(照片1、2、3)。其颜色多为浅黄色、黄铜色或暗绿色, 少数球状黄铁矿带锈色, 条痕为绿黑色。黄铁矿除了成单个球体、椭球体或鲕状集合体产出外, 尚有少数球状黄铁矿被胶结成熔渣形态。此外, 有的黄铁矿鲕粒充填在微体古生物(如有孔虫)的介壳中, 较深层部位的自生黄铁矿还置换了动物遗体或植物根茎(照片2、4), 成为动植物假象。

一般说来, 沉积物中自生黄铁矿含量愈高, 则片状碎屑矿物的含量也高。

三、相 关 因 素

影响沉积物生成的因素很多, 但通常只分析以下几个主要因素:

1. 有机质

有机质对于铁的硫化物的生成起着决定性作用。如果淤泥中游离氧很少或没有, 则其中氧化铁和硫酸盐由于有机物的氧化而使它们还原。氧化铁还原形成低价铁, 硫酸盐还原成硫化氢, 硫化氢和低价铁化合生成硫化铁, 形成黄铁矿。

沉积物中有机质的原始含量, 具体表现就是碳的含量。对于海成的粘土岩石, H. M. 斯特拉霍夫提出了下列资料, 来表明不同的铁质新矿物发育所必需的有机碳的含量^[1]:

- | | |
|---------|-------------------------|
| C% | 铁的自生矿物 |
| 0.3—0.5 | 氢氧化铁呈痕量出现, 形成褐铁矿、水针铁矿等。 |
| 0.5—1.5 | 主要发育磷绿泥石和菱铁矿。 |
| >1.5 | 主要发育黄铁矿。 |

从图3 a 看出, 北黄海西部海域有机质的富集区范围与自生黄铁矿富集范围基本一致, 与H. M. 斯特拉霍夫提出的资料数据也相吻合。在这里

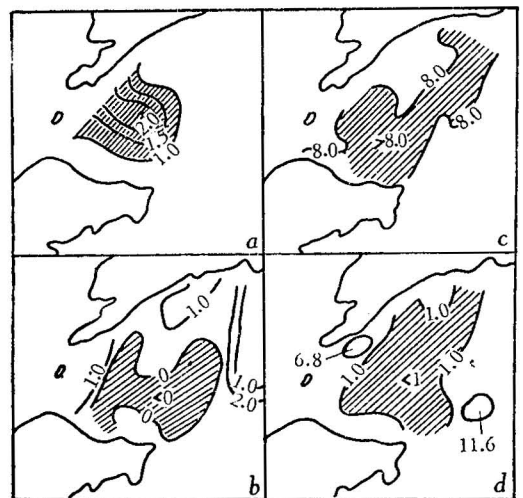


图 3 影响自生黄铁矿生成的几种主要因素指标值的分布

a——有机质(%); b——Eh值(毫伏); c——pH值; d—— $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 值

除了水动力微弱有利于有机物质富集之外，出渤海海峡的高速潮流携带着大量的富含有机质的细颗粒物沉积在这里，造成了有机质的高度富集，为自生黄铁矿的形成创造了有利的物质条件。

2. Eh值

Eh 值是决定沉积环境和成岩过程物理化学特征的主要因素之一。一般根据 Eh 值的大小把介质分为氧化环境、弱氧化环境、中性环境、弱还原环境和还原环境^[2]。北黄海西部海域 Eh 值普遍很低，多为负值，属于典型的还原环境。这一范围与自生黄铁矿的富集区范围大体一致(图3 b)。

在海底沉积物的成岩过程里，随着Eh 值的变化，氧化-还原界面相应变化。一种情况是界面处于微微振荡状态，氧气不止一次地（周期性地）到达沉积物上层或中间层的每一点。在这种情况下，沉积物中最初产生海绿石或低氧化铁矿物（菱铁矿或鲕绿泥石），之后变为黄铁矿 或白铁矿。另一种情况是氧化-还原界面处于稳定状态，在这种情况下，氧化-还原界面以下所有能起反应的铁化合物直接地或逐步地转变成含水硫化物，而后又转变成硫化物。

3. pH 值

pH 值也是决定沉积环境和成岩过程物理化学特征的主要因素之一。根据 pH 值的大小，可以分为酸性环境、中性环境和碱性环境。能反映介质 pH 值的常见指示矿物有碳酸盐和含铁矿物（表 2）^[2]。

表 2 碳酸盐和含铁矿物的生成与pH 的关系

矿 物 \ pH	酸 性	弱 酸 性	中 性	弱 碱 性	碱 性	强 碱 性
碳酸盐			菱 铁 矿	白云石、铁白云石、菱锰矿	方 解 石	
含铁矿物	←白 铁 矿→		←黄 铁 矿→			

从表 2 中看出，黄铁矿可以形成在根据 pH 值划分的自中性至强碱性沉积环境中。介质 愈趋于碱性，说明氢离子浓度愈高，H₂S 含量也愈高，所以也越有利于自生黄铁矿的生成。

对照图3 c 来看，北黄海西部海区pH 主要为高值区(> 8)，说明沉积物的化学性质为碱性，有利于自生黄铁矿的最终形成。

4. Fe³⁺/Fe²⁺ 值

Ee³⁺/Fe²⁺ 值也反映介质的性质。比值愈高，说明 Fe³⁺ 的浓度大于 Fe²⁺ 的浓度，还原性弱；反之，则还原性强。后一种情况对于自生矿物的形成作用更为有利。

北黄海沉积物中Fe³⁺/Fe²⁺的最高值为11.6，最低为0.5。从图3 d 看出，高比值区分布在东部海区 and 近岸海域。若 Fe³⁺/Fe²⁺ = 1 为氧化-还原环境的自然“零位”，那么，西部海域大都处在还原环境下。

另外，北黄海西部沉积物中的Fe³⁺/Fe²⁺ 值的分布具有如下特征：

（1）Fe³⁺/Fe²⁺ 值的大小与有机质的含量和沉积物的类型有关。有机质含量愈高，则Fe³⁺/Fe²⁺ 值愈小，则有利于自生黄铁矿生成。沉积物愈粗，Fe³⁺/Fe²⁺ 值愈大，不利于自生黄铁矿生成。

（2）沉积物的颜色与Fe³⁺/Fe²⁺ 值有密切关系。在很大程度上，淀积物的颜色取决于Fe³⁺/

Fe^{2+} 值的大小。 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 值愈大, 颜色愈趋于褐灰色; 反之, 则愈趋于青灰色。后者有利于自生黄铁矿生成。关于这一点, 有许多学者在他们的著作中也都指出过。例如, 汤姆林森 (C. W. Tomlinson, 1916) 在关于纽约及佛蒙特古生代板岩的著名论文中指出: 在不同颜色的板岩之间, 铁的总含量差别不大, 但是在红色和紫灰色板岩中, $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 值大于 1, 而在绿色和黑色板岩中, 这个比值小于 0.5^[3]。对于现代海洋沉积物, 也有人总结出这种相同的规律性。

从以上自生黄铁矿形成作用的相关因素分析, 这些因素都一致地说明, 北黄海西部海域的现代沉积环境, 是一种水动力相对微弱, 有机质比较丰富的还原性环境, 很利于自生黄铁矿的生成。

四、继承性沉积环境

所谓继承性沉积环境, 是说在同一海区范围里, 某种特殊性沉积环境随时间的推移而多次重复出现。北黄海西部海域的沉积环境就明显地表明出这种特征。

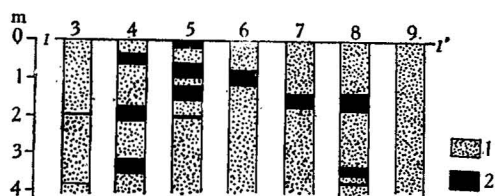


图 4 剖面 I—I' 中 3—9 柱状样中自生黄铁矿和碎屑矿物相对含量分布示意图

1——碎屑矿物; 2——自生黄铁矿

图 4 表示穿过西部海域的剖面 I—I' (见图 1) 上各柱状样的重矿物中, 所含自生黄铁矿在不同层位上的分布状况。图中清楚地看到, 自柱状样 4 至 8 从表层往下, 在不同层位的沉积物重矿物中, 所含自生黄铁矿的量不同, 有的层位含量高达 90% 左右。自柱状样 9 开始, 从表层往下沉积物中几乎不含自生黄铁矿。自生黄铁矿含量较高的 4—8 站位恰好位于表层样中该矿物的富集区内。在各柱状样品的其他层位上都分布着其他种碎屑矿物, 而且这些矿物的外部特征 (如颜色、磨圆度等) 往往表现出明显的差异性。这些现象一方面反映了因气候的变迁所造成的海水进退变化; 另一方面, 也反映了这一局部范围内沉积环境总的继承性特征。

由于北黄海西部海域处在一种特殊的自然环境之中, 存在着有利于自生黄铁矿最终生成的各种因素, 因而造成了沉积物中从表层到下部层位自生黄铁矿高度富集的客观情况。笔者以实际资料为基础, 同时参照前人的研究成果作了些论述, 但非常肤浅。对于这一海域自生黄铁矿的成因问题, 由于缺乏一定的实际资料, 尚待深入研究。另外, 对于整个黄海沉积物中自生黄铁矿的分布规律和特征, 也有必要进一步研究, 借以探讨黄海的沉积环境。

参 考 文 献

- [1] 联联科学院地质研究所等, 1963, 沉积岩研究法。第 1 卷, 196—197, 中国工业出版社。
- [2] 成都地质学院岩石教研室, 1961, 沉积相及古地理教程。115—116, 中国工业出版社。
- [3] H. 布拉特等, 1978, 沉积岩成因。p. 286; 410—411, 科学出版社。