

松散海相沉积物中微体化石石化程度的初步探讨

李建华

(山东海洋学院)

一、问题的提出

对微体化石石化程度进行探讨, 不仅会帮助我们了解不同海区海底的风化强度, 进行环境分析, 而且对于那些微体化石为沉积物主要组分的沉积体的成岩作用深度, 也会提供信息。这对于第四纪晚期以来形成的海相沉积, 具有特别重要的意义。因为这些沉积物至今尚未胶结或仅有少量胶结, 单靠岩石碎屑等无机成因的沉积颗粒的研究似乎较难确定其成岩作用的深度, 而利用具有不同石化程度的微体化石群作为信息来解决这个问题却较有前景。但这个问题的研究目前尚处于探讨阶段, 还有不少问题等待解决。

通过对微体化石石化程度的研究发现:

(1) 从微体古生物角度看, 某些微体生物遗壳虽然只剩下部分残体或其成分全部被交代或只以内模化石的形态出现, 但凭借某些基本构造和细微结构, 还可鉴定到属甚至种(参见图2)。这一工作的开展, 使人们发现在生物遗壳与石化程度很高的化石之间存在着一个多么复杂的系列。从而利用微体化石的这种性质, 推测和分析周围环境及沉积物的特征, 如内模、粪化石的多少和有无可视为水深及环境的良好标志(见表)。如果内模、粪化石较多, 说明水深较大, 底层水温一般大于 10°C , 盐度往往高于 33.5% ; 如果内模、粪化石较少, 说明水深较浅, 环境较不稳定; 如果内模、粪化石没有或仅以痕量出现, 则是处于滨岸浅水或低温($<10^{\circ}\text{C}$)、低盐($<32\%$)的浅海环境。南黄海、东海北部约30米水深以内及北纬 34° 以北基本见不到内模、粪化石就是其中一

例。(2) 从沉积岩石学角度考虑, 把每一个微体化石看作一颗具有特定矿物成分及化学成分的“颗粒”, 那么在那些微体化石为主要组分的沉积物中, 微体化石的石化程度在某种意义

黄、东海部分海区内模、粪化石统计表

编号	经纬度		水深 (米)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	盐度 (%)	内模及 粪化石 含量
	经度	纬度				
J 001	127°46'	29°59'	425	>10	>34.0	多
J 003	127°45'	31°00'	142	>10	>34.0	中
J 005	126°59'	30°00'	117	>10	>34.0	中
J 007	127°00'	32°45'	118	>10	>34.0	少
J 009	126°01'	32°45'	104	>10	>34.0	少
K 011	124°30'	35°00'	92	<10	<33.5	0
K 012	125°30'	32°45'	88	>10	>33.5	少
K 015	124°00'	35°00'	82	<10	<33.5	0
L 017	123°30'	35°00'	77	<10	<33.5	0
L 019	126°15'	31°00'	76	>10	>33.5	少
L 020	123°00'	35°00'	73	<10	<33.5	0
L 022	124°00'	33°30'	70	<10	<33.5	偶
L 024	124°30'	33°00'	67	<10	>33.5	偶
L 026	123°30'	33°31'	64	<10	<33.5	偶
L 028	123°29'	30°59'	55	>10	>33.5	偶
M 032	124°45'	32°00'	45	<10	>33.5	偶
M 034	123°59'	31°00'	42	>10	>33.5	偶
M 036	123°30'	33°00'	39	>10	<33.5	偶
M 038	122°31'	32°01'	30	>10	<33.0	0

注: 具代表性的 $3 \times 3\text{cm}^2$ 的粗粒级 ($>0.063\text{mm}$) 沉积物样品, 在双目立体显微镜下观察其表面所能见到的内模、粪化石个体数, 多于10个者为“多”; 4—9个为“中”; 2—3个为“少”; 1个为“偶”; 没有为“0”。重复观察统计三次, 取平均值。只表示相对多少的量级。温度、盐度皆系9月下旬底层水的数值。

上就代表了该沉积物成岩作用的深度。

二、微体化石的石化状况

本文以海相沉积中的微体化石作为研究对象，主要基于如下认识：1. 海相沉积环境较陆地上的湖泊、河流等淡水环境要稳定得多，可较长期存在；而淡水沉积环境的形成和消亡周期短，甚至是一次性的，因而不易对比。2. 海相环境生产力高，生物繁盛，因而化石种类多、数量大，能较细致地反映环境的变化。3. 由于海相环境相对稳定，自生矿物发育，对于观察研究微体化石的石化程度，尤其是与自生矿物形成关系甚为密切的内模化石、粪化石以及作为鲕粒内核的微体化石都有着得天独厚的有利条件。

经分析研究，晚第四纪以来形成的海相沉积物中的微体化石，根据其石化状况及形成机理，可归为如下几个类型。

(一) 实体型微体化石

1. “未变”实体化石。将全新世以前石化程度极其轻微，在普通显微镜下从外观上几乎看不出石化现象的一类微体化石称“未变”实体化石。事实上很难把全新世以来的生物遗壳与全新世以前的“未变”实体化石区分开，因为石化过程具有连续性，而且石化程度的高低因环境而异，并不与时间的发展成正比关系。

2. 变化实体化石。生物遗壳在沉积物中经受了明显变化形成的化石，例如经置换作用或碳化作用形成的化石。

3. 模铸化石 (fossil molds and casts)。该类化石的种类远较陆地上古老沉积岩中的种类少，这显然与松散沉积物的固结程度以及海相环境等有关。在松散沉积物中是不可能见到外模、复型、铸型等化石形态的。在某些具少量胶结现象的沉积体中，尚可见到个别不完整的外模化石的雏形。这也是第四纪海相沉积与古老沉积岩的区别之一。晚第四纪海相沉积中数量较多的是内模化石 (图 2 中的 A—F 等)。

(二) 遗迹型微体化石

遗迹型微体化石是古代生物生活活动时，在沉积物中留下的痕迹。该类化石种类单调，数量较少，仅见粪粒化石。这是第四纪海相沉积的又一特点。

在研究晚第四纪以来海相沉积物中的微体化石时，人们常会发现，从总的来看，不仅化石门类多、数量大，而且还有一个十分引人注目的特点，即微体化石石化程度的渐变性和连续性得到了极好的体现。这是古老沉积岩中难以观察到的现象。例如选择一个含有较多化石的老沉积岩剖面，如果两个生物群的生活时间前后相差几十万或上百万年的话，观察它们石化程度的差别是比较困难的，而在晚第四纪的海相沉积中，在几万年的时间间隔里，一般而言，微体化石石化程度的差别也是十分明显的，存在着一系列不同的过渡类型。如前所述，这是松散海相沉积中微体化石最重要的特点之一。

三、微体化石石化程度不同的原因

在现代黄、东海某些海区的表层沉积物中，常可见到石化程度较高的微体化石，这些化石不仅在矿物成分上已被不同程度的交换，而且在颜色上也发生了很大变化。如有孔虫和某些软体动物的幼体，原以白色为主的壳色演变成了浅褐、褐、深褐、灰黑等不同颜色，除个别是由于有机质浸染而表现为他色外，其它显然是微体化石在石化过程中所伴随的外在表现。事实上，生物遗壳的矿物成分 (如方解石、文石等) 一旦开始发生变化，就意味着石化过程的开始，它可以发生在生物死亡后不久的数年或数十年，也可以是数百乃至数千年。这主要由生物遗壳本身所处环境的风化强度所决定。如上面提到的黄、东海某些海区的表层沉积物形成时间不过数万年，却因环境的特点，使微体化石的石化进程较快，呈现出多种类型的石化现象。在另一些地区则大不一样，

例如在沿海平原钻孔中所获得的晚第四纪以来形成的海相沉积样品，虽然数十米深处的沉积物形成于十几万年之前，微体化石的石化程度却不及黄、东海底的某些表层样品。这表明石化程度的高低主要与环境因素有关，而与时间的发展不完全成正比关系。

研究表明，导致石化程度高低的原因是多方面的。习惯上认为压力、温度是决定石化程度高低的主要因素的看法是不全面的。而正确的看法应该是“介面多元论”与“深层多元论”的统一。“介面多元论”¹⁾系指发生在沉积物表层与水介质之间的多种因素控制的石化过程，主要是水动力特征、水质中的盐类成分、海底地形、海水厚度（压力）、温度、pH值及Eh值等。大量事实说明，某些海区介面上的石化现象最为突出。“深层多元论”是指在介面以下发生的石化过程，主要受压力（包括海水压力及上覆沉积体的压力）、温度及间隙水中无机盐类的丰度等所制约。在钻孔深处发现的植物种子、碎屑就是其中一例。当沉积物堆积速度较快，本身未来得及腐烂就被掩埋之后，随着上覆沉积物厚度的不断加大，压力不断升高，植物体中易于挥发的成分如碳、氢、氧等被溶解或挥发逸去，仅留下了比原体小得多的褐至黑色的碳质残骸。这在钻孔样品中是常见的现象。

某些海区微体化石的石化程度并不随埋藏深度的增加而有明显变化，而是最表层沉积物中的微体化石的石化进程较快，一旦被上覆沉积物掩埋，不再受到介面上诸因素的较强作用，处于相对封闭的微环境之后，石化进程反会减慢。在黄、东海的某些海区，这种现象就特别明显。如大量出现的粪化石和内模化石，就主要产生于介面上。内模化石、粪化石形成的条件（以黄海南部、东海北部为例）是：环境稳定，水深约30米以外，底层水温 $>10^{\circ}\text{C}$ ，盐度正常，沉积作用缓慢。如果环境动荡（如潮间带及潮下带），初始的粪粒极易碎解。如果碎屑沉积过快，同样难以保存。因此，只有在相对稳定的环境中，粪粒才有可能实现收缩、脱

水以及与水介质进行较充分的矿物成分交换等作用。现代海底表层沉积物中的粪化石一般无明显磨损现象就说明了这一点。这就是在沿海平原的滨岸浅海相钻孔样品中无粪化石发现的原因，也是现代潮间带等动荡环境里找不到粪化石原因的解释。据报道^[1]，粪粒主要是由软体动物和甲壳类产生的，大约有100个以上属种可产生粪粒。粪化石及内模化石是介面上石



图1 浮游有孔虫*Globigerina* sp.的内模化石外壳脱落示意

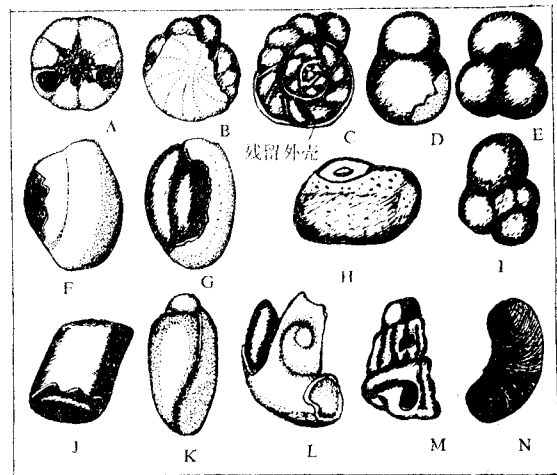


图2 具有不同石化程度的微体化石

A. 卷转虫 *Ammonia* sp. B. 筛九字虫 *Cribrononion* sp. C. 异鳞虫 *Heterolepa* sp. D. 双室圆球虫 *Orbulina bilobata* (d'Orbigny) E. I. 抱球虫 *Globigerina* sp. F. G. 三块虫 *Triloculina* sp. H. 包含有孔虫化石的鲕粒 J. 软体动物碎体 K. 软体动物：腹足类 (Gastropoda) 榧螺 (*Olividae*) 幼体? L. M. 软体动物：腹足类 (Gastropoda) N. 粪化石。

化现象最为活跃分子，且常常共同出现，说明它们要求的环境类似。关于其成因，符合于

1) 确切地说，应具有一定厚度的不甚规则的板状体。

某些自生矿物形成的机理,这方面已有许多论述,此处不予赘述。以浮游有孔虫内模化石为例,对其不同外貌形态作一扼要记述。图1是 *Globigerina* sp. 内模化石在同一地点样品中所呈现的不同外貌。从左至右,从外观上看,石化程度应是依次增高的。它们是在同一地点,可以排除因环境不同引起外部特征不同的因素。最左边的一个标本具有几乎完整的有孔虫外壳,最右边的一个标本的外壳已全部脱落。那些虽然内腔已全被自生矿物充填,但从镜下看上去与内腔未被充填的有孔虫等壳体相差无几的样品,数量还是不少的。鉴别这类内模加外壳的化石样品的方法是:用毛笔尖蘸些清水于观察标本上,标本壳色就立刻会变得深暗起来,这是黑色内模透过微薄的外壳呈现的一种

特有色泽。当然有些磨损较大的标本虽然外壳依然完好,但不用水湿也能看得出来,只要观察时细心些即可。

最后一点是,微体化石的石化程度也直接受到碳酸盐沉积的影响。在一些碳酸盐沉积比较发育的海区,具有不同石化程度的微体化石常常被牢固地胶结在一起,成为碳酸盐岩早期胶结的对象,从而促进了微体化石石化的进程。另外,微体化石往往是形成鲕粒的核心(如图2中的H)。因此,鲕粒比较发育的海区,微体化石的石化程度也有一定程度的提高。

主要参考文献

- [1] 余素玉, 1982. 化石碳酸盐. 地质出版社, 2—37页。

STUDY ON PETRIFICATION OF MICROFOSSILS IN LOOSE DEPOSITS

Li Jianhua

(Shandong College of Oceanography)

Abstract

Observations of thousands of microfossils show that microfossils are rich in the East China Sea, and the degrees of petrification of microfossils are very different. Some of them look like remains of the organisms died not long since, but actually lived more than ten thousands years ago. These microfossils have a lower degrees of the petrification. Some of them, however, have a higher petrification although they were dead only several hundreds years ago. Microfossil cannot be judged on its appearance. Higher or lower degrees of petrification depend mainly on many factors such as temperature, salinity, hydrologic system and topography of the sea floor. Time isn't the sole factor in the petrification of microfossils.