

南海深水底质中氧化还原带的有孔虫壳体沾染

王吉良 翦知 汪品先

(同济大学国家教委海洋地质开放实验室, 上海 200092)

摘 要 海洋底质表层沉积物中的有孔虫壳体沾染上锰质微粒是沉积介质化学条件的反映。南海深水底质沉积物的四个沉积带中分别发现不同量有孔虫沾染壳, 有孔虫沾染壳的比例在垂向上的分布存在着这样一个规律: 最上部的氧化带中较少; 其下覆的氧化还原接触带中最多; 至氧化还原过渡带和还原带中又变少。这说明有孔虫壳体在埋葬过程中经历了一个无沾染白色壳—沾染壳—无沾染白色壳的变化, 也反映了表层沉积物孔隙中锰的生物地球化学过程。沉积物中氧化还原接触带厚度的变化, 同古生产力等古海洋学因素有关, 因此, 沉积物中锰质微粒有孔虫沾染壳的分布也可作为古海洋学研究的一个新方法。

关键词 有孔虫 沾染壳 锰质微粒 氧化还原带 古海洋学

生物壳在海底沉积物中被染上颜色, 是沉积介质化学条件的一种反映, 本来洁白无瑕的有孔虫壳, 在一定条件下, 一部分壳面被污染呈深褐色或黑色, 或者沾染呈斑点状而形成沾染壳。这种情况在澳大利亚的大堡礁^[1]、中国的南海^[2~4]、东海^[5]均曾有过报道。由于沾染壳发现于表层抓样中, 缺乏具体的定量分析, 未能在垂向剖面中进行分布规律的探讨。最近在南海深水表层的沉积物中, 又广泛地发现被黑色矿物微粒所沾染的有孔虫壳。在实体显微镜下观察可见: 深黑色的矿物微粒以不规则的方式或单独、或集结沾附在有孔虫的壳壁上, 如果矿物微粒过多, 可在壳壁上形成黑色的薄膜。选取浮游有孔虫的沾染壳在电镜下观察发现: 沾附在有孔虫壳面上的黑色矿物微粒大致呈球形, 结构比较疏松(图 1)。经电子探针测定, 其主要成分以锰为主, 略含铁, 属于氧化锰微型结核。

为了揭示海底沉积中沾染壳出现的规律与成因, 本次工作对南海箱式柱状样中的沾染壳的分布进行了定量研究。

1 材料与方法

1.1 材料

本次工作选取了 1994 年中德合作“太阳号”95 航次所采集的 9 个箱式柱状样^[6](长度

第一作者简介: 王吉良, 男, 1973 年出生, 博士研究生, 从事古环境学研究。

收稿日期: 1997-11-21 周立君编辑

为 42~ 52cm) 进行分析, 其中 4 个取自南海的西北部, 5 个取自南沙海区(图 2), 其水深在 1 233~ 3 465 m 之间(附表)。柱状样打开之后, 在船上立即进行观察、取样及样品的处理。各站的岩性均为次深海灰色软泥或浅灰色的碳酸盐软泥, 自上而下按颜色可分为四层, 反映出不同的氧化还原环境: (1) 浅褐色的氧化带; (2) 灰黑及深褐色的氧化还原接触带; (3) 浅褐含灰黑、深褐色不连续条纹的氧化还原过渡带; (4) 青灰色还原带。

各箱式柱状样逐层取针管取 10cc, 共 37 个(由于 17963 站的氧化还原过渡带较窄, 未能取到氧化还原过渡带的样品)。

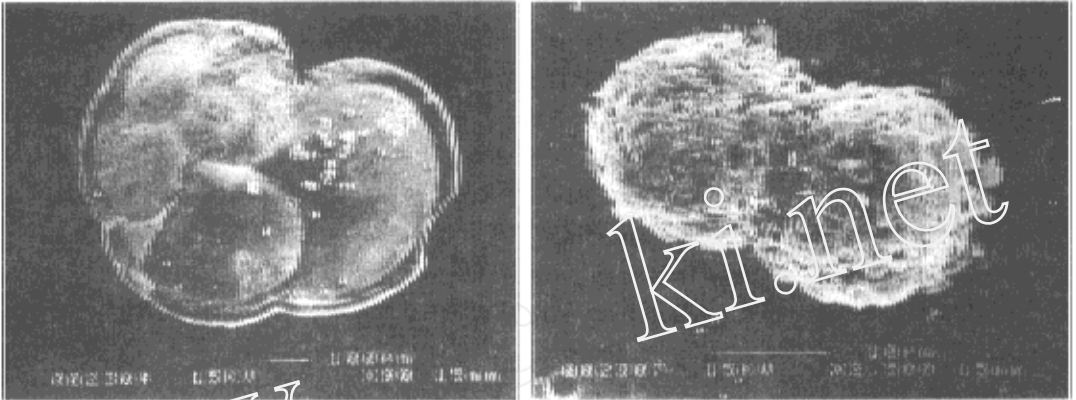


图 1 南海 17955 站(水深 2 882m)浮游有孔虫 *Globorotalia m enard ii* 壳面上的锰质微粒造成的黑色污染

Fig 1 The black spots speckled by tiny manganese particles on the planktonic foraminiferal test (*Globorotalia m enard ii*) in Core 17955(water depth 2 882m) of the South China Sea
左图为有孔虫的腹视扫描照片; 右图为锰质微粒的放大照片

1.2 方法

这些样品按微体古生物分析的标准方法冲洗、烘干后, 经 0.154mm 孔径筛筛取出粗组份。除碳酸盐溶跃面以下的 17946 站外, 所有样品粗组份中均含有极为丰富的浮游有孔虫壳体, 因此在分样后挑出浮游有孔虫 800~ 2 000 枚, 分别统计无污染白色壳和有不同程度黑色锰微粒发育的沾染壳, 并计算其百分比。

2 结果与讨论

统计结果与各站的氧化还原带的分布示于图 3。由图可见, 沾染壳的分布与氧化还原带的关系甚为密切: 各柱状样顶部的氧化带中浮游有孔虫壳体色白洁净, 仅少量壳体偶见锰微粒呈零星斑点出现, 但此类沾染壳占全群的比例最多不超过 12%; 氧化还原接触带含沾染壳比例最高, 最多可逾 80% (如 17955 站), 一般也在 30% 以上, 而且常见壳面被大量锰微粒沾染的沾染壳; 氧化还原过渡带中的沾染壳比例比氧化还原接触带有所下降, 但并不稳定,

采样在深色条带上时, 比例就高(如 17951 站, 氧化还原过渡带中沾染壳的比例就比氧化还原接触带高), 有时柱状样在过渡带的下部又出现深色的“氧化还原接触带”, 因而出现沾染壳比例的两个高峰(如 17957 站, 17959 站); 进入还原带沾染壳的比例又趋稳定, 浮游有孔虫壳体重归洁净, 沾染壳再度消失, 即使出现, 壳面上的锰微粒也仅呈斑点状, 通常沾染壳的比例在 0~ 10% 之间。总之, 随着近表层沉积物自上而下为氧化 过渡 还原的环境, 浮游有孔虫壳体也相应呈现无沾染白色壳 沾染壳 无沾染白色壳的变化趋势。

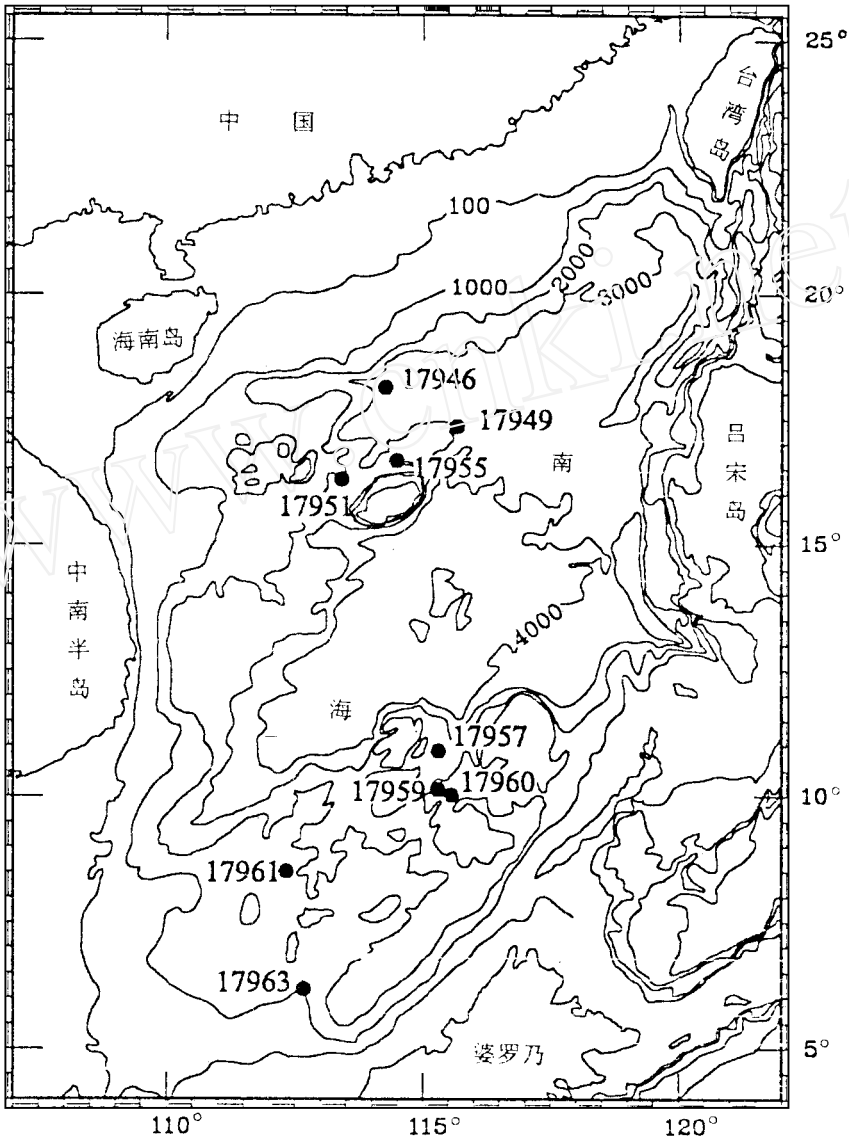


图 2 各箱式柱状样的站位图
Fig 2 Locations of box cores

附表 箱式柱状样各站的位置、水深及取样数

Table. The location and water depth of box cores and the number of samples

站位号	经度	纬度	水深(m)	取样数
17946	18 07.5	114 15.5	3 465	4
南 西北 海 区	17949	17 20.9	115 10.0	4
	17951	16 17.3	113 24.6	4
	17955	16 40.0	114 28.4	4
南沙海区	17957	10 53.9	115 18.3	5
	17959	11 08.3	115 17.3	5
	17960	10 07.2	115 33.5	4
	17961	08 30.4	112 19.9	4
	17963	06 10.0	112 40.0	3

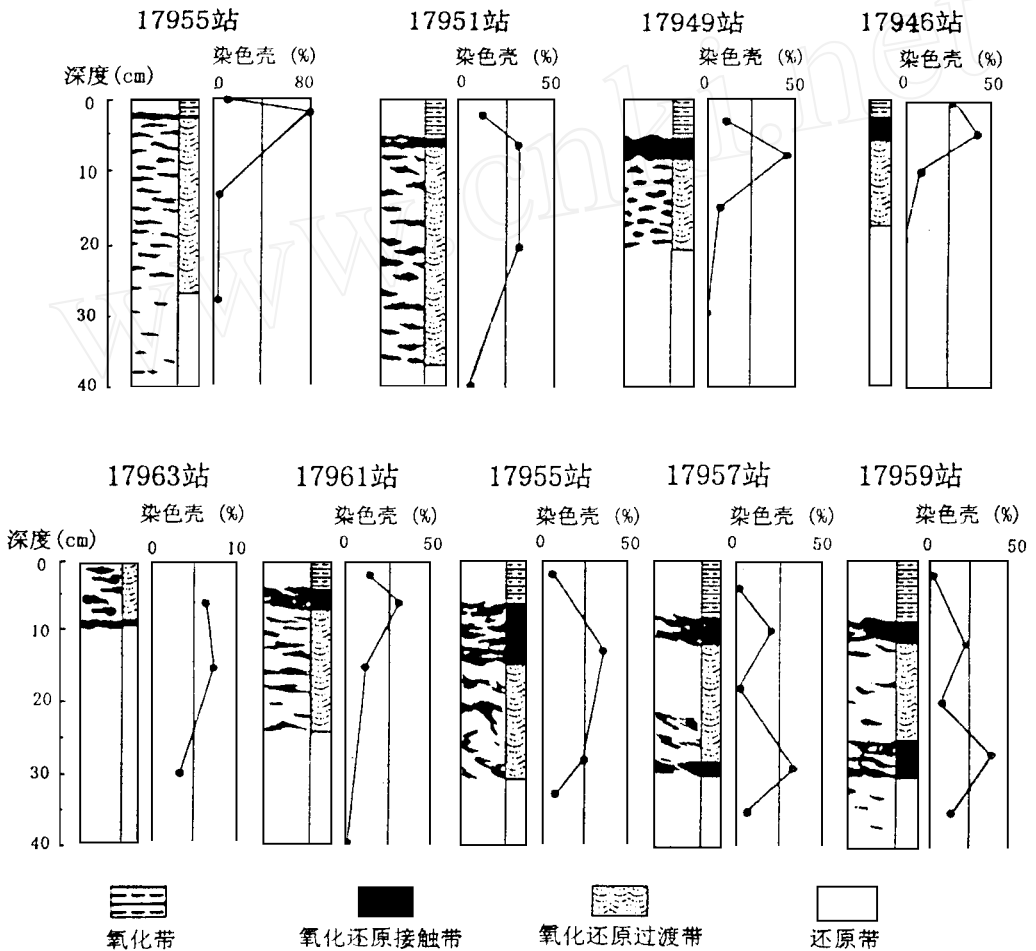


图3 沾染壳在各沉积带中的分布

Fig 3 The distribution of speckled foraminiferal tests in vertical sedimentary zones

有孔虫壳体颜色的变化,反映了沉积物孔隙水中锰的生物地球化学过程。孔隙水中的 Mn^{2+} 在向上扩散到达氧化还原接触带后被氧化形成黑色固态锰(主要成分为 $MnO \cdot MnO_2$), 而到达氧化带后, Mn^{2+} 基本被消耗殆尽, 较少形成黑色锰微粒, 因此, 氧化带中的沾染壳比例与氧化还原接触带相比会少得多。次远洋沉积物中有机质的还原作用首先耗用沉积水中的自由氧和硝酸根, 接着便是将 MnO_2 中的 +4 价 Mn 还原为 Mn^{2+} , 因而黑色固体锰在进入还原带后就会被还原成为更易溶解而且无色的 Mn^{2+} , 从而使沾染消失。根据对沉积物中孔隙水的研究表明: 沉积物孔隙水中固态锰的含量刚好在氧化还原界线以下急剧增长, 达到一个极值, 而后又会急速降低^[6], 这就是沾染壳在氧化还原接触带中比例最高、锰微粒发育最旺盛的原因, 甚至有时锰微粒还会在沉积物中独立出现(如 17955 站)。进入还原带, 沾染壳上的锰微粒被还原消失, 因此, 沾染壳的比例会大大降低, 但一部分仍可呈 Mn^{2+} 的碳酸盐方式留存于壳面。美国 M IT 的实验室对 17955 站还原带中白色浮游有孔虫壳体进行化学分析, 发现其中仍含有一定量的锰 ($Mn/Ca = 10 \mu mol/mol$, Boyle E A, 私人通信), 这说明了这些壳体曾经沾附锰矿物微粒这一事实。

南海底质中的氧化带厚薄不一, 视有机物堆积的多寡、沉积物的孔隙度、底层水的含氧量等的不同, 厚度在 0~ 33cm 之间变化^[6], 当这些条件发生变化时, 标志氧化带下界的氧化还原接触带即上述灰黑—深褐色层, 也相应作上下移动。氧化还原接触带的厚度虽然不过 1~ 3cm, 但由于色泽鲜明, 又有大量的沾染壳为标志, 易于分辨。其实氧化还原过渡带中的褐色条纹甚至第二个“接触带”的存在, 也都是从前氧化还原接触带下界的遗迹。因此, 深海底质中氧化还原接触带上下变动的遗迹可用来指示近期古海洋学条件, 尤其是表层生产力的变动历史, 而生产力又与大气环流等环境因素相关, 成为追溯过去全球变化的又一手段^[8]。因此, 南海深海沉积柱状样中锰质微粒沾染壳分布的研究, 不仅揭示了海底有孔虫壳体颜色变化的原因和机制, 而且是利用锰元素来追踪气候环境演变的新途径, 值得在古海洋学研究中采用。

致谢: 作者诚挚地感谢美国 M IT 的 Edward A. Boyle 教授在本次工作中对浮游有孔虫壳体的化学测试以及南京古生物所的同仁对浮游有孔虫沾染壳进行扫描照片的拍摄和对锰质微粒进行的化学测试。

参 考 文 献

- 1 Maiklen W R. Black and brown speckled foraminiferal sand from the south part of the Great Barrier Reef. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1967, 4: 1 023~ 1 030
- 2 中国科学院南海海洋研究所 南海海区综合调查研究报告(二). 北京: 科学出版社, 1985 98~ 100
- 3 国家海洋局 南海中部海域环境资源综合调查报告 北京: 海洋出版社, 1988
- 4 苏广庆, 王天行. 南海锰结核 热带海洋, 1990, 9(6): 29~ 35
- 5 汪品先, 闵秋宝, 卞云华, 章纪军 关于东海残留沉积物的微体化石特征 海洋学报, 1980, 1(1): 67~ 68
- 6 Kuhnt W, Hess S, Wang P X, Wong H W. General observations at box cores on SUNNE-95 Cruise. In: Sarnthein M, Pflaumann U, Wang L J, Wang P X, (Editors). Preliminary Report on SONNE-95 Cruise "Monitor Monsoon" to the South China Sea. Kiel: Geol-Palaont Inst Univ. Kiel, Berichte-Reports, 1994, 68: 68~ 76
- 7 Burdige D J. The biogeochemistry of manganese and iron reduction in marine sediments. *Earth-Science Review*, 1993, 35: 249~ 284
- 8 Kaekl SA, Fuglseth T, Thunell R C. Sediment mixing and accumulation rates in Sulu and South China Sea implication for organic preservation in deep sea environment. *Marine Geology*, 1993, 111: 15~ 35

THE SPECKLED FORAMINIFERAL TESTS IN THE OXIDATION-REDUCTION ZONES IN THE DEEP-SEA BOTTOM SEDIMENT OF THE SOUTH CHINA SEA

Wang Jiliang Jian Zhimin Wang Pinxian

(Laboratory of Marine Geology, State Education Commission, Shanghai 200092, China)

Abstract

The foraminiferal tests speckled by manganese particulates in the deep-sea bottom sediment are an indicator of the sedimentary geochemical conditions. A lot of speckled foraminiferal tests are found in the four vertical sedimentary zones of deep-sea bottom sediment in the South China Sea. The vertical change in the ratio of speckled foraminiferal tests to total foraminiferal tests has a rule: the values are low in the oxidation zone, while those in the oxidation-reduction contact zone, which is just below the oxidation zone, increase rapidly and reach a peak. And they decrease gradually in the oxidation-reduction transitional zone and become even less in the reduction zone. It is suggested that the foraminiferal tests have witnessed a change from white clean tests to speckled tests and then to white clean tests. This also reflects the bio-geochemical process of manganese in the pore water of bottom sediment. Because the thickness of oxidation-reduction contact zone is closely related to some paleo-oceanographic factors such as paleoproductivity, the vertical distribution of speckled foraminiferal tests provides new approach for paleo-oceanographic study.

Key words: foraminifera speckled test manganese particulate oxidation-reduction zone paleo-oceanography