

# 南沙深海沉积中的中更新世微玻陨石<sup>\*</sup>

赵泉鸿 翦知<sup>✉</sup> 李保华 成鑫荣 汪品先

( 同济大学海洋地质国家教委开放研究实验室, 上海 200092; 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008)

**摘要** 对首次在南沙北部海域 17957-2 柱状样 (10°53.9'N, 115°18.3'E, 水深 2 195 m) 柱深 7.80 m 至 8.10 m 层段中发现的大量微玻陨石进行了初步研究。其形态多种多样, 以圆球形为主; 直径一般小于 1 mm; 颜色以透明或半透明棕色为主; 多数内部具气泡构造。根据大洋粗组分地层学和有孔虫、超微化石生物地层事件, 确定该层微玻陨石的地质时代在古地磁 B/M 界线附近约 780 kaBP, 显然与印度洋、澳大利亚和我国黄土中的中更新世微玻陨石和大型玻陨石属同一次地外物体撞击事件的产物。这不仅是海、陆第四纪地层划分与对比的可靠标志, 也为古环境变化研究提供了依据。

**关键词** 微玻陨石 粗组分 地质时代 南海

1994 年 4~6 月, 根据中德海洋科技合作项目“季风监测”的要求, 德国“太阳号”考察船到南海实施了其第 95 航次, 采取了一大批深海柱状样<sup>[1]</sup>。其中 17957-2 重力柱状样的初步分析表明, 该柱状样记录了百余万年来的沉积历史, 并发现有大量的微玻陨石, 这在南海尚属首次。

## 1 站位与材料

柱状样 17957-2 位于南海的南沙海域北部 (10°53.9'N, 115°18.3'E, 水深 2 195 m), 柱长 13.84 m, 岩性为灰色有孔虫软泥。对该柱状样每 10 cm 间距采样, 每样取 3 mL 做微体古生物分析。在含微玻陨石的层段加密采样, 间距为 5 cm。样品用 63 μm 孔径的筛子冲洗。微玻陨石主要发现于柱深 7.80 m 至 8.15 m 的层段。总共挑出微玻陨石 759 颗, 其中形态较完整的有 590 颗, 余下为碎片。在柱深 8.05 m 和 8.10 m 的两块样品中微玻陨石含量最为丰富, 3 mL 样品中分别挑得 323 和 309 颗微玻陨石。而其上部和下部样品中微玻陨石含量骤减, 如下部柱深 8.15 m 处样品中微玻陨石丰度为 3 mL 49 颗; 上部 8.00, 7.90 和 7.80 m 样品中丰度分别为 3 mL 41, 15 和 8 颗。此外, 在柱深 6.60 m 至 7.60 m 的层段样品中见个别微玻陨石。

## 2 微玻陨石的物理和化学性质

(1) 形态 微玻陨石形态多种多样, 但以圆球形最为常见 (图 1(a)、(b)), 其丰度占微玻陨

1998-02-06 收稿, 1998-06-28 收修改稿

<sup>\*</sup>国家自然科学基金 (批准号: 49732026, 49676287) 和国家科委攀登计划预选项目 (攀登计划 95-预-40) 资助

石总数(碎片除外)的 44%。圆盘形的微玻陨石丰度其次,为 17.2%。其余依次为椭球形(图 1(c))(14.5%),滴形(图 1(d)~(f))(12%)和长柱形(9%)。偶见哑铃形,翼形(图 1(g)、(h))和其它一些异形颗粒。

(2) 颜色 在双目立体镜下观察,微玻陨石为透明或半透明玻璃质物体。颜色以棕色为主,占微玻陨石总数的一半;其次为浅棕-微棕色,占总数的 43%。余下为少量无色透明(3.8%),深棕色(2.3%)和微绿黄色(0.5%)。

(3) 大小 绝大多数微玻陨石直径小于 1 mm,平均为 0.35 mm,其中 85%的微玻陨石小于 0.45 mm。但个别球形微玻陨石的直径可达 1.12 mm,长形颗粒的长度最大达 1.30 mm。

(4) 表面构造与气孔 多数微玻陨石表面光滑,少数成毛玻璃状,有时见圆形或不规则的凹坑(图 1(a)、(c)),印痕(图 1(e));少见细线状流动构造(图 1(g))和粘贴构造(图 1(d)、(g))。碎片断面通常平整光滑,棱角锐利,有时见贝壳状断口(图 1(d)、(i))。多数微玻陨石内部具有气泡构造(图 1(a)、(i))。

(5) 化学成分 对 5 颗微玻陨石做了 X 射线能谱分析,其结果如表 1 所示。

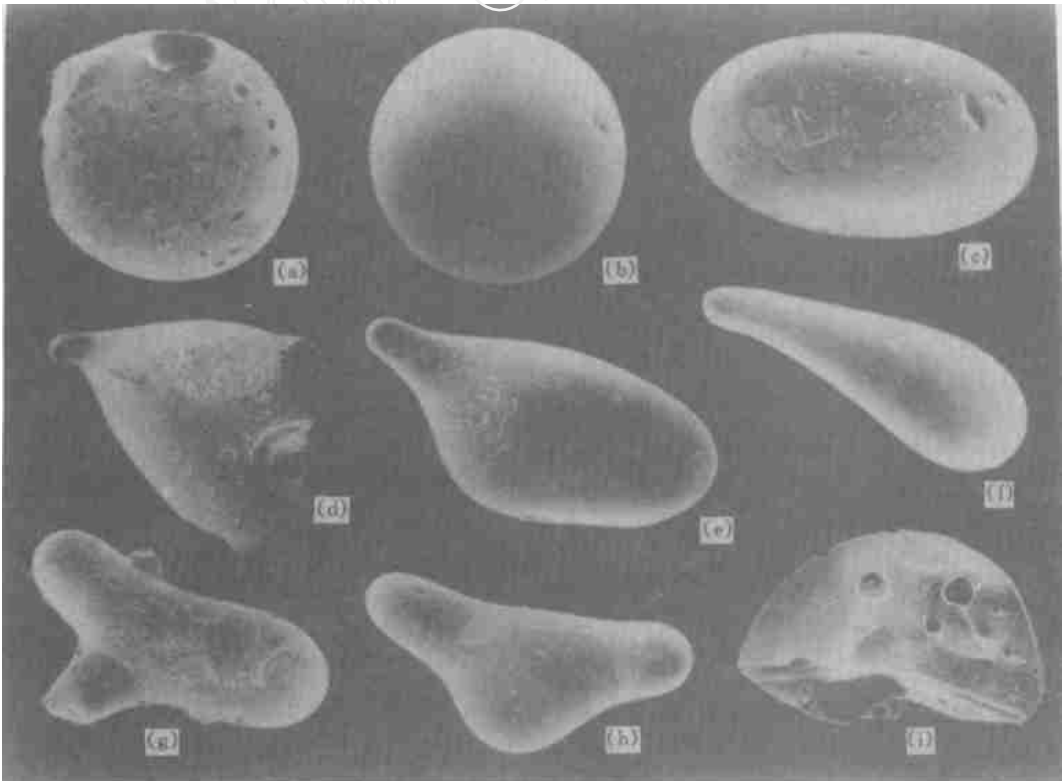


图 1 南海 17957-2 柱状样柱深 8.05 m 处微玻陨石扫描电镜照片

- (a) 球形 直径 0.22 mm 表面较粗糙,见圆形凹坑;(b) 球形,直径 0.20 mm,表面光滑;(c) 椭球形,长 0.21 mm,表面有少量不规则形状凹坑;(d) 滴形(破碎),长 0.39 mm,见粘贴构造;(e) 滴形,长 0.41 mm,表面的光滑部分可能为碰撞形成的印痕;(f) 滴形,长 0.46 mm,表面光滑;(g) 翼形,长 0.42 mm,表面见细线状流动构造;  
(h) 翼形,长 0.44 mm;(i) 碎片,长 0.37 mm,见光滑断面,贝壳状断口和内部气泡构造

表 1 柱状样 17957-2 微玻璃石的化学成分(质量分数 %)<sup>a)</sup>

样品	A (中心)	A (边缘)	B (中心)	B (边缘)	C (中心)	C (边缘)	D (中心)	D (边缘)	E (中心)	E (边缘)	平均值
SiO <sub>2</sub>	62.35	61.17	57.72	63.03	47.79	54.82	58.41	58.94	54.60	63.53	58.54
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.48	25.77	24.89	20.88	27.93	26.50	26.82	26.53	28.51	24.64	25.60
FeO	3.02	2.22	5.02	5.37	3.58	1.63	2.63	1.61	1.92	0.91	2.79
MgO	4.06	4.98	4.50	3.55	10.13	9.09	4.39	5.26	5.45	4.63	5.60
CaO	1.65	0.27	2.68	2.45	0.00	0.58	2.41	1.70	0.00	0.88	1.26
NaO	2.67	4.58	2.14	1.31	10.28	6.05	1.80	3.62	9.49	3.33	4.53
K <sub>2</sub> O	2.06	0.97	2.25	2.60	0.27	0.53	2.57	1.92	0.00	1.55	1.47
TiO <sub>2</sub>	0.68	0.00	0.76	0.78	0.00	0.76	0.94	0.39	0.00	0.48	0.48

a) X 射线能谱分析由同济大学海洋地质国家教委开放研究实验室夏佩芬提供。A ~ E 代表不同的颗粒。

### 3 微玻璃石的时代

Bassinot 等人<sup>[2]</sup>通过对印度洋大洋钻孔 758 站中粗组分的研究,指出更新世晚期以来粗组含量的波动与冰期-间冰期的周期变化相对应(图 2(a)). 因此,可以应用沉积物中粗组含量曲线来划分第四纪地层及确定年代. 柱状样 17957-2 的粗组分(> 63 μm)含量变化范围在 15.9% ~ 76.1% 之间. 由图 2(b) 所示,该柱粗组分曲线与印度洋 ODP758 站的粗组分曲线和 <sup>18</sup>O 曲线(图 2(a))在形态上都十分相似. 尤其是柱深 9 m 以上的曲线明显以低频高幅为特征,可以与 ODP758 站 900 ka 以来的粗组分曲线和 <sup>18</sup>O 曲线相对应. 此外,生物事件可以用来更详细地标定时代. 浮游有孔虫 *Globigerinoides ruber* 的粉红色壳和钙质超微化石

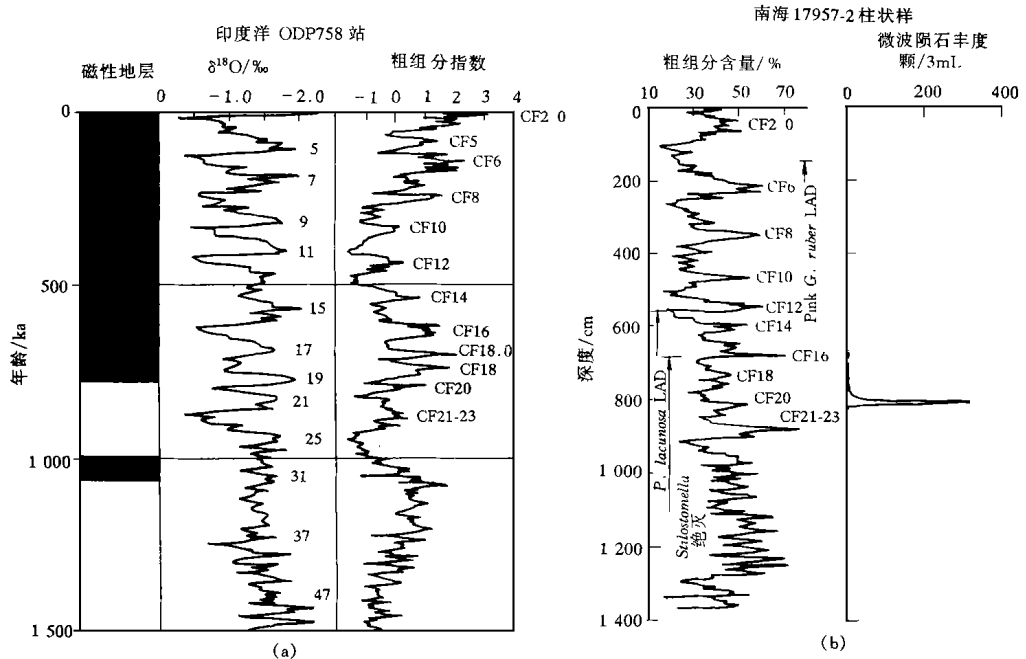


图 2 南海 17957-2 柱状样粗组含量曲线(b)与印度洋 ODP758 站粗组分曲线和 <sup>18</sup>O 曲线(a)的对比

*Pseudoemiliania lacunosa* 两者的末现面分别发生在柱深 1.4 和 5.6 m, 其时代分别为 120 和 460 ka, 或分别相当于  $^{18}\text{O}$  的第 5 期和 12 期<sup>[3,4]</sup>。据此, 可以标定出 17957-2 柱状样中粗组分曲线中的 CF5 期和 CF12 期位置。底栖有孔虫 *Stilostomella* 和 *Pleurostomella* 两属的末现面都位于柱深 6.8 m 处。据 Schönfeld<sup>[5]</sup>对“*Stilostomella* 灭绝事件”的研究, 这些类型的底栖有孔虫在约 620 ka 前逐渐灭绝。通过与 ODP758 站的对比及生物事件, 对 17957-2 柱状样提出了与  $^{18}\text{O}$  分期相对应的粗组分(CF)分期(图 2(b))。微玻璃陨石最丰富段(8.05~8.10 m)位于 CF19/20 期界线附近。而  $^{18}\text{O}$  第 19/20 期界线也正是古地磁地层学中布容正向期与松山反向期的交界(B/M)处。B/M 界线的年代以往认为 730 ka, 但近年来通过放射性年龄测试和天文学方法计算, 该界线的年龄趋向于确定在约 780 ka<sup>[6~8]</sup>。

早在 60 年代, 就有印度洋一些深海沉积的中更新世古地磁 B/M 界线附近分布有微玻璃陨石的报道<sup>[9,10]</sup>, 近年来在我国黄土相当层位也发现少量微玻璃陨石<sup>[11,12]</sup>, 它们与本次在南海柱状样中发现的微玻璃陨石及所谓的“雷公墨”, “印支石”, “澳大利亚石”等大型玻璃陨石一起, 无疑都属于发生在中更新世 B/M 古地磁转折时期(780 kaBP 前后)地外物体撞击事件的产物, 其分布区称之为澳大利亚-东南亚散落区。

## 4 比较与讨论

南海、印度洋、黄土中同时代的微玻璃陨石在物理和化学性质上基本一致, 但也存在某些差异。如印度洋的微玻璃陨石平均直径为 0.15 mm, 最大的球形颗粒直径为 0.60 mm<sup>[13]</sup>。而在南海, 平均粒径 0.35  $\mu\text{m}$ , 球形颗粒最大直径超过 1mm。黄土中微玻璃陨石更小, 最大者为 0.22  $\mu\text{m}$ <sup>[11]</sup>。在形态上印度洋的微玻璃陨石球形者占 80% 以上<sup>[13]</sup>, 而在南海仅占 44%。上述差别很可能与冲洗印度洋沉积物样品所用的网筛孔径较小(0.38~0.40mm)有关。黄土中的微玻璃陨石丰度显著少于深海的, 在数百克沉积样品中仅见数十粒, 估计与黄土具较高的沉积速率有关。化学成分上与 Smit 等人<sup>[13]</sup>发表的资料对比, 南海的微玻璃陨石  $\text{SiO}_2$  和  $\text{FeO}$  的含量较印度洋的低些, 而  $\text{Na}_2\text{O}$  稍高。黄土中微玻璃陨石中多见高铝型( $\text{Al}_2\text{O}_3 > 30\%$ )和高镁型( $\text{MgO} > 40\%$ ), 而在南海和印度洋未见。据研究, 微玻璃陨石化学成分的差异主要是撞击靶岩成分的不均一所至<sup>[11,12,14]</sup>。南海深海柱状样中大量微玻璃陨石的发现, 有助于进一步对澳-亚群微玻璃陨石的分布、物理和化学性质及成因的研究。

由于微玻璃陨石沉降的同时性及在澳-亚地区的广泛分布, 可以用来为第四纪地层对比服务。尤其在深海沉积物中由于其保存良好, 是标定柱状样年龄的可靠标志。此外, 发生在中更新世 B/M 古地磁极性转变时(约 780 kaBP)的撞击事件对环境的影响, 在近年来开始受到关注<sup>[15,16]</sup>。

## 参 考 文 献

- 1 Sarthein M, Pflaumann U, Wang P, et al. Preliminary report on Sonne - 95 Chase "Monitor Monsoon" to the South China Sea. Kiel: Berichte - Reports, ed - Palaont Inst Univ Kiel, 1994, 68: 1 - 225
- 2 Bassinot F C, Beaufort L, Vincent E, et al. Coars fraction fluctuations in pelagic carbonate sediments from the tropical Indian Oceans: a 1 500 - kyr record of carbonate dissolution. *Paleoceanography*, 1994, 9(4): 579 - 600

- 3 Thompson P R, Be A W H, Duplessy J - C, et al. Disappearance of pink - pigmented *Gobigerinoides ruber* at 120 000 yr BP in the Indian and Pacific Oceans. *Nature*, 1979, 280: 554 - 558
- 4 Thierstein H R, GeitZenuer K R, Molino B, et al. Goat synchronicity of late Quaternary coccolith datum levels: validation by oxygen isotopes. *Geology*, 1977, 5: 400 - 404
- 5 Schonfeld J. The "*Stilostomella* extinction". Structure and dynamics of the last turnover in deep - sea benthic foraminiferal assemblages. In: Møguilevsky A, Whatley R. eds. *Microfossils and Oceanic Environments*. Aberystwyth: University of Wales Press, 1986. 27 - 37
- 6 Shackleton N J, Berger A, Peltier W R. An alternative astronomical calibration of the lower Pleistocene time scale based on ODP Site 677. *Trans R. for Edinburgh Earth Sci*, 1990, 81: 251 - 261
- 7 Baksi A K, Hsu V, McWilliams M O, et al.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of the Brunhes - Mituyama geomagnetic field reversal. *Science*, 1992, 256: 356 - 357
- 8 Berger W H, Bickert T, Schmidt H, et al. Quaternary oxygen isotope record of pelagic foraminifers, site 806, Ontong Java Plateau. *Proc ODP, Sci Res*, 1993, 130: 381 - 395
- 9 Glass B. Microtektites in deep - sea sediments. *Nature*, 1967, 214: 373 - 374
- 10 Cassidy W A, Glass B P, Heezen B C. Physical and chemical properties of Australian microtektite. *J Geophys Res*, 1969, 74: 1008 - 1025
- 11 李春来, 欧阳自远, 刘东生, 等. 黄土中微玻璃陨石和微玻璃球的发现与意义. *中国科学, B 辑*, 1992, (11): 1210 ~ 1219
- 12 徐和聆, 吴锡浩, 邓寄温, 等. 黄土地层中奇异微颗粒的发现与初步研究. *海洋地质与第四纪地质*, 1993, 13(3): 57 ~ 66
- 13 Smit J, van Eijden A J M, Troelstra S R. Analysis of the Australasian microtektite event, the Toba Lake event, and the Cretaceous/ Paleogene boundary, eastern Indian Ocean. *Proc ODP Sci Res*, 1991. 121: 489 - 503
- 14 李春来, 欧阳自远. 微玻璃陨石研究进展. *科学通报*, 1997, 42(16): 1681 ~ 1695
- 15 李春来, 林文祝, 欧阳自远. 黄土中 0.7 Ma 微玻璃陨石赋存层位地球化学 I. 撞击效应对古气候的影响: 稳定同位素研究. *科学通报*, 1994, 39(7): 629 ~ 632
- 16 Glass B P. Possible correlation between tektite events and climatic changes? *Spec Pap Geol for Am*, 1982, 180: 251 - 258