

乙基胆甾烷以及它们对应的芳构化产物,特别是三芳甲藻甾烷,所以我们认为这类球状化石可能是植物甲藻目的祖先类型,是这些特征生物标记物的主要来源.如果这个认识是正确的话,那么,似球状沟鞭藻化石可以对寒武系、上震旦统相对高丰度的甲藻甾烷的存在给予一种新的解释.

现生球状沟鞭藻是沟鞭藻中的小类群,我们对于现生球状沟鞭藻的知识是很有限的(现生球状沟鞭藻是很难发现和人工培养的).化石球状沟鞭藻也从未有过报道.现代球状沟鞭藻类的人工培养及分子有机地球化学分析及热模拟工作也没有做过,所以把 *Paleogloedinium* 归入沟鞭藻类并不是一种定论.尽管根据形态学特征和生物标记物把这一化石视为球状沟鞭藻不失为目前条件下一种合理的抉择.我们相信,古生物学和分子有机地球化学的结合会对恢复生命发展史起重要作用.

石盐沉积广泛分布于古生代以来的沉积岩中.保存于膏盐沉积中的藻类群落,包括球状沟鞭藻、盐藻,某些底栖宏观藻类长期以来是被忽视的.今后在膏盐沉积中会获得更丰富的化石资料和信息,我们的观点也会得到检验.

致谢 此项研究得到曾昭琪教授的指教. 图版照片曾寄给美国斯坦福大学 Moldowan 教授,并通过他获得了瑞典古生物学家 Talyzina 的意见.化石样品的发现和处理是詹家桢教授完成的;甲藻甾烷和三芳甲藻甾烷的 GCMS 和 GCMSMS 分析是在美国斯坦福大学分子有机地球化学实验室完成的,并得到了 Moldowan 教授的指导.本文写作过程中得到藻类学家齐丽藻教授的帮助.本项研究工作是在梁狄刚教授直接指导和支持下进行的,也得到斯坦福-中国工业协作计划和斯坦福分子有机地球化学工业协作计划的资助.在此一并表示深切谢意.本工作为“九五”国家重点科技攻关资助项目(99-111-01).

参 考 文 献

- 1 Tappan H. The Paleobiology of Plant Protists. San Francisco: W H Freeman and Company, 1980. 225~462
- 2 Moldowa J M, Dahl J, Jacobson S R, et al. Chemostratigraphic reconstruction of biofacies: Molecular evidence linking cyst-forming dinoflagellates with Pre-Triassic ancestors. *Geology*, 1996, 24(2): 159~162
- 3 Moldowa J M, Talyzina N M. Biogeochemical evidence for dinoflagellate ancestors in the Early Cambrian. *Science*, 1998, 281: 1168~1170
- 4 Fensome R A, Taylor F J R, Norris G, et al. A classification of living and fossil dinoflagellates. *Micropaleontology*, Special Publication, 1993, 7: 1~351

(2000-06-05 收稿, 2000-08-07 收修改稿)

南海中更新世微玻陨石事件的年龄估算: 海陆对比复杂性的一个例证

王吉良 赵泉鸿 成鑫荣 王汝建 汪品先

(同济大学海洋地质教育部重点实验室, 上海 200092. Email: paleopaleo@263.net)

摘要 研究证实了中更新世微玻陨石层位于布容/松山(B/M)界线之下,并根据南海 ODP772A, 17957 和 17959 柱状样同位素和古地磁资料推算的沉积速率,计算出深海中更新世微玻陨石层的年龄早于 B/M 界线,约为 10~12 ka. 而黄土剖面中的中更新世微玻陨石层却位于 B/M 实测界线之上,这是由于黄土中的 B/M 实测界线已向下偏离其真实位置所造成,反映了古地磁极性事件在黄土剖面中记录的复杂性,同时也增加了海-陆地层对比的难度.

关键词 微玻璃陨石 布容/松山(B/M)界线 中更新世 海-陆对比

在迄今所知的新生代(微)玻璃陨石事件中,发生于中更新世的是年龄最新、散落面积最大的一次,其分布范围为地球表面的1/10^[1]。在我国,中更新世玻璃陨石广泛报道于海南岛和海南沿海^[2,3];而其微玻璃陨石曾经发现于黄土剖面^[4,5],近年来又见于南海的深海柱状样中^[6]。由于微玻璃陨石在海洋和陆地都有分布,并且其产出层位在磁性地层序列的布容正向时和松山反向时之间的磁性倒转事件(即B/M界线)附近,被认为是极好的地层标志,对海-陆地层对比尤其重要。

20世纪90年代以来,对印度洋^[7]、苏禄海和苏拉威西海^[8]及南海^[6]的深海柱状样高分辨率研究,都揭示了微玻璃陨石层发生在B/M界线之下,其年龄要早于磁性倒转事件约12 ka^[8]。然而,黄土剖面中微玻璃陨石发现在B/M界线之上,例如在洛川黄土剖面中,微玻璃陨石发现在B/M界线之上40~70 cm处,其年龄估算为距今0.720~0.724 Ma^[4]。这种层位上的差异已造成海-陆地层对比时的困惑^[9]。本文试图通过南海3个深海沉积剖面的研究,求得微玻璃陨石在剖面中的确切产出位置及其形成年代,以利于海-陆地层的精确对比。

1 材料与方 法

本次工作对南海3个深海沉积物剖面(ODP772A孔,柱状样17957和17959)B/M界线附近的96块沉积物样品进行分析。ODP772A孔位于16°39.00'N,117°42.00'E,水深1529.5 m,钻孔进尺361.0 m^[10]。该孔1 Ma以来具有较高的沉积速率,是本次工作重点。对B/M界线(孔深66.10 m处)附近64~73 m的层位按照10~20 cm的间距采样,进行微玻璃陨石的分析。结果在深度66.31,66.51,66.61和66.71 m的4块样品中发现了微玻璃陨石共277枚,其中在孔深66.61和66.71 m的两个样品中最为富集,分别为17.0和33.6枚/g。柱状样17957(10°53.9'N,115°18.3'E,水深2195 m,柱长13.84 m)和17959(11°08.3'N,115°17.2'E,水深1959 m,柱长14.40 m)钻取于1994年的Sonne-95航次^[11]。我们在柱状样17957柱深805~815 cm段和柱状样17959柱深1360 cm处分别发现了大量的微玻璃陨石。同时,还从上述3个剖面的样品中挑出保存完好的浮游有孔虫*Globigerinoides ruber*壳体,在同济大学海洋地质教育部重点实验室用MAT252质谱仪测定了氧、碳稳定同位素。

2 南海中更新世微玻璃陨石的年龄估算

如图1所示,在ODP772A孔和17957柱状样的剖面中,微玻璃陨石富集层和B/M界线两者都位于海洋氧同位素分期(MIS)第20期向19期的过渡阶段,而微玻璃陨石富集层又明显早于B/M界线。这种现象在印度ODP758B,苏禄海ODP769B和苏拉威西海ODP767B等孔中均是如此^[7,8]。17959柱状样尽管缺乏古地磁资料,但同其他剖面一样,微玻璃陨石产于MIS 19/20的过渡时期。古地磁地层学研究表明,B/M界线和松山反向时的哈拉米洛(Jaramillo)事件上界在ODP772A孔分别位于孔深66.10和78.20 m^[10],在17957柱状样中分别位于孔深7.95和9.67 m^[12](图2)。B/M界线和哈拉米洛事件上界的年龄分别采用790^[13,14]和990 ka^[14]。据此,计算得出的沉积速率在772A孔为6.05 cm/ka,在17957柱状样为0.86 cm/ka。772A孔的微玻璃陨石高值峰(孔深66.71 m处)位于B/M界线之下60 cm,根据沉积速率可以计算出微玻璃陨石事件的发生要早于B/M转变约9.9 ka。在17957柱状样中,B/M界线与微玻璃陨石富集层相距10 cm,计算出微玻

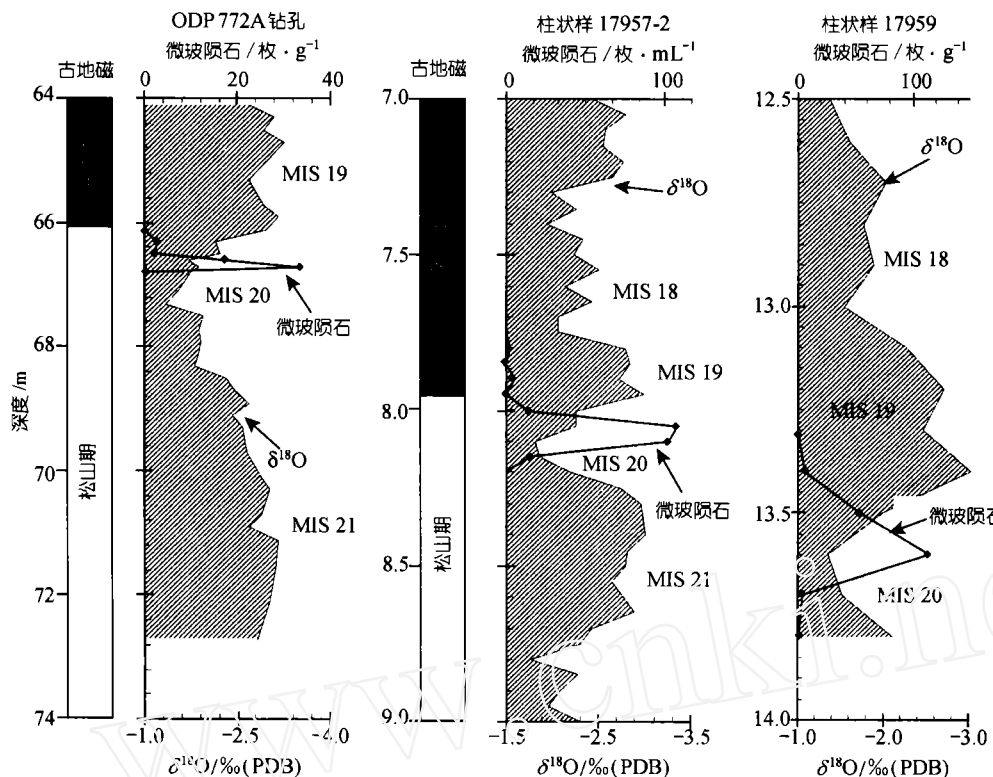


图1 南海 ODP772A 孔、柱状样 17957 和 17959 中的微玻陨石层位、B/M 界线和氧同位素记录

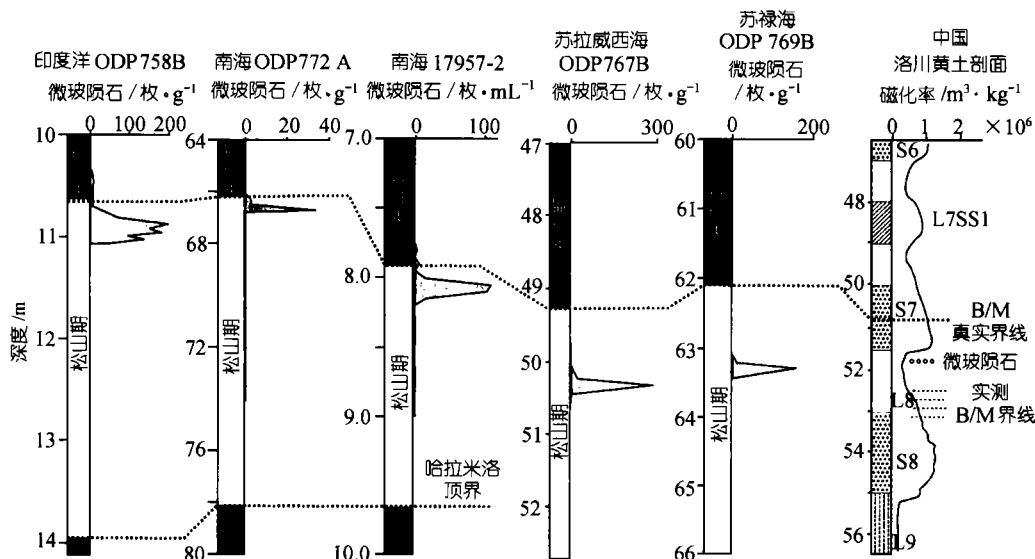


图2 印度-太平洋区钻孔中的微玻陨石分布与古地磁极性界限的关系及其与黄土剖面的对比
ODP 758B, 767B 和 769B 及洛川黄土剖面中的微玻陨石分布、古地磁和磁化率资料分别根据文献[5,6,9]

石事件的年龄较 B/M 转变约早 11.6 ka.

3 印度、太平洋区中更新世微玻陨石富集层的年龄

Schneider 等人^[8]通过对苏禄海 ODP769A(8° 47.14'N, 121° 13.16'E, 水深 3 721.5 m)和苏拉威西海 ODP767B(4° 47.49'N, 123° 30.20'E, 水深 4 905.3 m)两孔中微玻陨石的研究, 推算出中更新世的撞击事件发生在 B/M 界线之前 12 ka 左右^[8]. 印度洋 ODP758B 孔(5° 23.037'N, 90° 21.670'E, 水深 2 925.6 m)中的微玻陨石高值峰位于 B/M 界线之下 26 cm; 而 B/M 界线和哈拉米洛事件顶面的深度分别位于 10.65 和 13.95 m 处^[10,13](图 2), 两者之间层段的沉积速率为 1.65 cm/ka, 据此可以推算出微玻陨石年龄早于 B/M 界线约 15.8 ka. ODP758B 孔该层段因具强烈的生物扰动^[15], 所估算出的较大年龄值可能不太可靠.

4 讨论

综合以上的分析, 我们可以得出中更新世撞击事件的年龄在古地磁 B/M 转变之前约 10~12 ka. 若以 B/M 转变的年龄 790 ka^[13]为准, 澳大利亚-亚洲地区中更新世撞击事件发生的年代约在距今 800~802 ka 期间.

我国内地黄土剖面 B/M 界线附近也发现微玻陨石, 但与深海剖面不同, 这些微玻陨石产在 B/M 界线的上方^[5,6]. 以洛川黄土剖面为例, 微玻陨石层和 B/M 界线两者都位于第 8 黄土层(L8)中, 微玻陨石见于 L8 的上部, B/M 界线位于其下方约 40~70 cm^[4,21](图 2). 深海剖面和黄土剖面中微玻陨石层和 B/M 界线位置上的差异反映了海-陆地层对比的复杂性. 许多深海的研究资料^[8,9,13]揭示, B/M 界线位于 MIS19/20 期的过渡阶段亦即 MIS19 期的初期, 在南海 772 孔和 17957 柱状样中也是如此(图 2). 黄土的磁化率曲线和粒度曲线与深海氧同位素曲线对比的结果也表明, 黄土层 L8 及其上覆的古土壤层 S8 形成时代分别相当于深海氧同位素的第 20 和 19 期^[16,17]. 很显然, 与深海剖面中 B/M 界线的位置对比, 黄土剖面 L8 中实测到的 B/M 界线位置明显偏低. 最近, Zhou 等人^[9]专门研究了这种海-陆地层中 B/M 界线和微玻陨石层位置上的差异, 指出黄土剖面中剩余磁性信号不是记录在当时的地表, 而是记录在地表之下一定的深处, 其深度因岩性而异, 因而在黄土剖面中实测到的 B/M 界线要较其真实位置偏下. 以洛川黄土剖面为例, 真实的 B/M 界线如图 2 所示应该向上推移 170~250 cm, 位于含微玻陨石层的上方^[9]. 可见, 单纯根据古地磁极性事件对比黄土与深海地层, 可以产生巨大出入, 对海-陆地层年代对比的复杂性应当有充分的认识.

致谢 本工作为国家自然科学基金(批准号: 49999560)和国家南沙专项(批准号: 97-926-03-03)资助项目.

参 考 文 献

- 1 欧阳自远. 小天体撞击与古环境灾变——新生代六次撞击事件的研究. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1997. 170
- 2 袁宝印. 海南岛雷公墨(玻璃陨石)起源问题的初步探讨. 地质科学, 1981, 4: 329~335
- 3 张虎男, 陈伟光, 李子权, 等. 粤西玻璃陨石的发现及其断代意义. 海洋地质与第四纪地质, 1991, 11(4): 101~108
- 4 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和意义. 中国科学, B 辑, 1992, (11): 1210~1221
- 5 徐和聆, 吴锡浩, 邓寄温, 等. 黄土地层中奇异颗粒的发现与初步研究. 海洋地质与第四纪地质, 1993, 13(3): 57~65
- 6 赵泉鸿, 葛知溥, 李保华, 等. 南沙深海沉积中的中更新世微玻陨石. 中国科学, D 辑, 1999, 29(1): 45~49
- 7 Smit J, van Eijden A J M, Troelstra S R. Analysis of the Australasian microtaktite event, the Toba event, and the

- Cretaceous/Paleogene boundary, eastern Indian Ocean. Proc ODP Sci Res, 1991, 121: 489~503
- 8 Schneider D A, Kent D V, Mello G A. A detailed chronology of the Australasian impact event, the Brunhes-Matuyama geomagnetic polarity reversal, and global climate change. Earth and Planetary Science Letter, 1992, 111: 395~405
 - 9 Zhou L P, Shackleton N J. Misleading position of geomagnetic reversal boundaries in Eurasian loess and implications for correlation between continental and marine sedimentary sequences. Earth and Planetary Science Letters, 1999, 168: 117~130
 - 10 Harding B W, Storms M A. Site 772 shipboard engineering and scientific parties. In: Barba E M, Winkler W R, eds. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports. College Station TX, 1990, 124: 75~89
 - 11 Sarnthein M, Plauemann U, Wang P, et al. Preliminary report on Sonne-95 cruise "monitor monsoon" to the South China Sea. Ber-Rep, Geol-Paleont Inst Univ Kiel, Germany, 1994, 68: 255
 - 12 Jian Z, Wang P, Chen M P, et al. Foraminiferal response to major Pleistocene paleoceanographic changes in the southern China Sea. Paleoclimatology, 2000, 15(2): 229~243
 - 13 Berger W H, Bickert T, Wefer G, et al. Brunhes-Matuyama boundary: 790 k.y. date consistent with ODP Leg 130 oxygen isotope records based on fit to Milankovitch. Geophysical Research Letters, 1995, 22(12): 1525~1528
 - 14 Berggren W A, Kent D A, Swisher III C C, et al. A review Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. In: Berggren W A, ed. Geochronology, Time Scale and Global Stratigraphic Correlation. Spec Publ Soc Econ Palaeontol Mineral, 1995, 54: 129~212
 - 15 Peirce J, Weissel J, Taylor E, et al. Broken ridge and ninetyeast ridge. Proc ODP, 1991, 121: 869
 - 16 Kukla G, An Z S. Loess stratigraphy in central China. Palaeogeog Palaeoclimat Palaeoecol, 1989, 72: 203~225
 - 17 Ding Z L, Yu Z W, Rutter N W, et al. Towards an orbital time scale for Chinese loess deposits. Quaternary Science Reviews, 1994, 13: 39~70

(2000-03-06 收稿, 2000-08-07 收修改稿)

天然低温久辉铜矿($\text{Cu}_{1.93}\text{S}$)中的畴结构及缺位结构

孙涛 薛纪越*

(南京大学地球科学系, 南京 210093. * 联系人, Email: xuezhou@nju.edu.cn)

摘要 利用高分辨透射电子显微镜技术得到天然低温久辉铜矿的畴结构及缺位结构图像. 东乡久辉铜矿[100]高分辨晶格像显示: (1)天然低温的久辉铜矿中存在久辉铜矿与蓝辉铜矿纳米级交生的畴结构. 虽然两者之间存在六方辉铜矿状结构过渡带, 但它们仍然遵循 $(100)_{\text{久辉}} // (111)_{\text{蓝辉}}$ 的结晶学取向关系; (2)天然低温久辉铜矿中存在1.56%~3.12%的Cu原子缺位. 在久辉铜矿的单位晶胞中平均每 $b_0/2$ 的宽度就会存在1~2个Cu原子的缺位, 这一缺位率与其成分 $\text{Cu}_{1.93-1.97}\text{S}$ 相吻合.

关键词 久辉铜矿 高分辨晶格像 畴结构 缺位结构 江西东乡

在Cu-S体系矿物中, 纯久辉铜矿的实验合成需经历长达两年的实验时间, 而且合成物的成分范围很窄^[1]. 但在自然界中却并不罕见. 国外早在1958年, Djurle^[2]利用X射线衍射研究Cu-S体系矿物时, 就发现了高温下具四方晶系对称性的 $\text{Cu}_{1.96}\text{S}$ 物相, 并知道它在常温下具有更低的对称性. 1962年Roseboom^[3]和Morimoto^[4]的研究把这一物相确定为一种独立的矿物——久辉铜矿(dj), 为纪念Djurle而将其命名为djurleite. 在国内, 直到1992年才有关于东乡