

西太平洋晚全新世变冷事件*

翦知湔^① 李保华^② U. Pflaumann^③ 汪品先^①

(^① 同济大学海洋地质开放实验室, 上海 200092; ^② 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008;

^③ 基尔大学地质古生物研究所, 德国基尔 24118)

摘要 对取自冲绳海槽和南海的3个重力柱状样(255, 170, 17940-2柱状样)进行浮游有孔虫分析后发现:所有属种中, *Pulleniatina obliquiloculata* 显示出对西太平洋晚第四纪冬季表层海水温度反应灵敏,其相对丰度的变化显著,且在各柱状样间可以对比.全新世最显著的变化是约4~2 kaBP前的 *P. obliquiloculata* 最小值带,可能与新冰期变冷有关.这一变冷事件在西太平洋的广泛存在表示 *P. obliquiloculata* 可以作为古海洋和气候变化的示踪器,对于海-陆气候对比亦较重要.

关键词 变冷 晚全新世 *Pulleniatina obliquiloculata* 西太平洋

约4~2 kaBP前的晚全新世变冷事件早已见诸文献报道^[1~3]. 欧洲的陆地气候记录揭示了晚全新世的变冷,并命名为“温暖期后(Nachwärmezeit)”或“新冰期(Neogacial)”^[1]. 在中国,约4 kaBP前中国大陆的环境开始恶化^[2],并于约2.8 ka出现最干冷的气候^[3]. 尽管已有几位作者注意到了大西洋和太平洋4~2 kaBP前的温度下降^[4]. 然而,这一事件仍十分缺乏海洋记录.

冲绳海槽和南海位于太平洋和亚洲大陆之间,不仅可以提供高分辨率的沉积记录,也为海-陆气候对比的解释提供了条件. 本文是对这里的3个柱状样中 *Pulleniatina obliquiloculata* 所揭示的晚全新世变冷事件的简短报道.

1 材料和方法

本次研究选取了3个重力柱状样: 255和170柱状样由国家海洋局第一和第二海

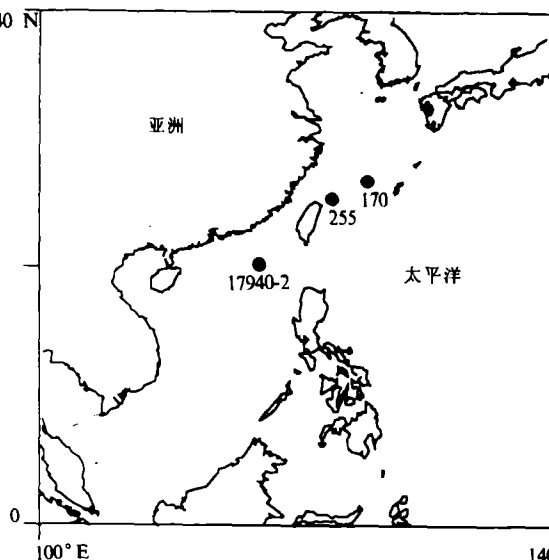


图1 本次研究所采用的3个柱状样的位置

1996-02-05 收稿, 1996-03-01 收修改稿

* 国家自然科学基金重大资助项目

洋研究所采自冲绳海槽南部; 17940-2 柱状样是德中联合考察中由德国“太阳号 (Sonne)”考察船采自南海北部陆坡 (图 1), 共取 257 个样供浮游有孔虫分析. 其中 255 柱状样的取样间距为 5 ~ 10 cm, 170 柱状样为 3 ~ 6 cm, 17940-2 柱状样为 5 ~ 20 cm (表 1).

表 1 本次研究所采用的 3 个柱状样的位置和样品信息

柱状样	纬度	经度	水深/m	柱长/m	取样间距/cm	取样数
255	25° 12' N	123° 06' E	1 574	6.55	5 ~ 10	86
170	26° 38' N	125° 48' E	1 470	3.60	3 ~ 6	80
17940-2	20° 07' N	117° 23' E	1 727	13.30	5 ~ 20	91

所有样品均经标准方法处理. 从 $>154 \mu\text{m}$ 的粗组分中挑出浮游有孔虫, 并进行鉴定统计. 当浮游有孔虫丰富时, 样品经分样至大约有 300 ~ 600 枚完整壳体.

对各样品中浮游有孔虫 *Globigerinoides sacculifer* 和底栖有孔虫 *Uvigerina peregrina* 采用 Finnigan/MAT251 型质谱仪在青岛海洋地质研究所进行氧同位素分析, 重复分析的平均误差为 0.06 ‰. 此外, 从 255 柱状样的井深 365 ~ 375 cm 和 585 ~ 595 cm 的两个样品中挑出 *Neogloboquadrina dutertrei* ($>154 \mu\text{m}$), 送新西兰 Rafter 放射碳实验室测定 AMS ^{14}C 年龄.

2 结果

2.1 地层学

根据浮游和底栖有孔虫 $\delta^{18}\text{O}$ 变化及 AMS ^{14}C 测年 (图 2), 可将 255 柱状样分为两段: 上段 (0 ~ 440 cm) 属于氧同位素 1 期, 下段 (440 ~ 655 cm) 则属于 2 期. 冰期和冰后期的平均沉积速率分别为 22.0 和 36.5 cm/ka.

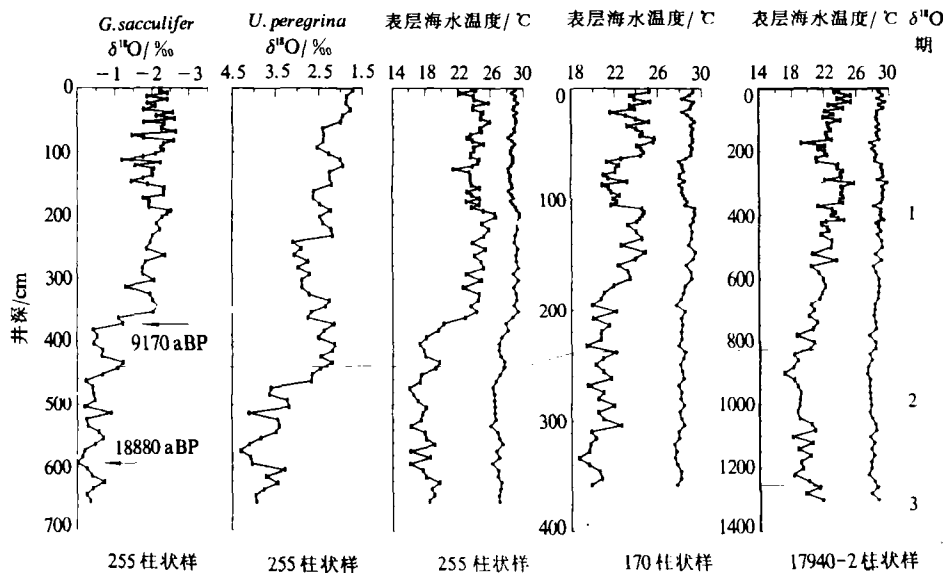


图 2 255 柱状样的氧同位素和古温度曲线及其与 170 和 17940-2 柱状样的对比
箭头指示 *Neogloboquadrina dutertrei* 的 AMS ^{14}C 年龄. 表层海水温度曲线 (左: 冬季, 右: 夏季) 为采用浮游有孔虫转换函数计算所得, 右例 1, 2, 3 为同位素分期

170 和 17940-2 柱状样的地层划分依据它们与 255 柱状样的表层海水温度和某些种相对丰度变化的比较(图 2, 3). 170 和 17940-2 柱状样的氧同位素 1/2 期界线分别划在表层海水温度和属种组成显著变化的井深 238 cm 和 820 cm 处, 而 17940-2 柱状样的 2/3 期界线划在 1 250 cm 处. 17940-2 柱状样的地层划分还得到该柱状样 $\delta^{18}\text{O}$ 数据的证实(王律江, 个人通信).

2.2 浮游有孔虫和表层海水温度

现代世界大洋的浮游有孔虫分布主要受水团限制^[9]. 在西太平洋, 温带水团以 *Globorotalia inflata*, *Neogloboquadrina dutertrei* 和 *N. pachyderma* (右旋) 高含量为特征, 而热带-亚热带水团以 *Globigerinoides ruber*, *G. sacculifer*, *Globigerinita glutinata* 和 *P. obliquiloculata* 的高含量为特

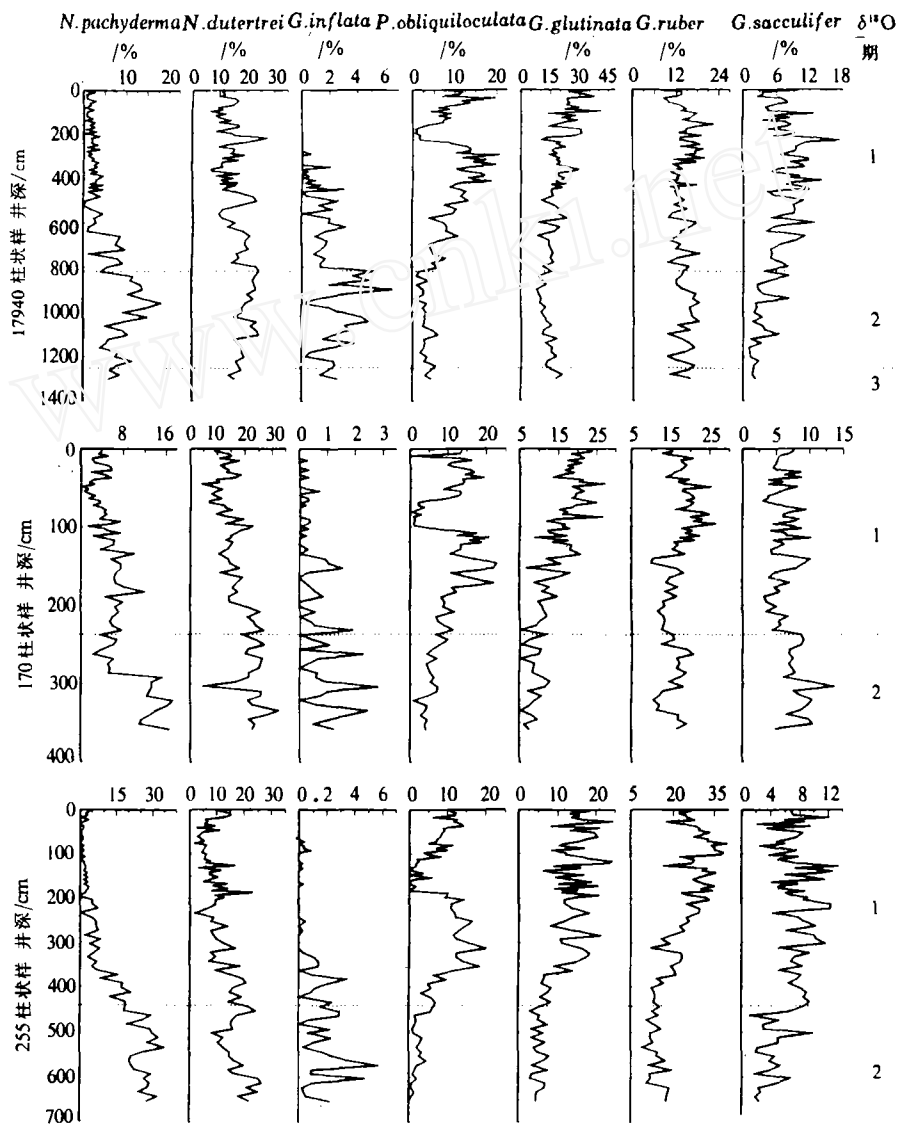


图 3 冲绳海槽和南海某些浮游有孔虫优势种的相对丰度变化

征. 我们的分析表明, 3 个柱状样中温带种的百分含量在末次冰期增加, 冰后期减少; 而热带-亚热带种的百分含量则呈现为相反趋势(图 3).

我们采用浮游有孔虫转换函数 FP-12E 对 3 个柱状样进行表层水温度估算. 数据表明, 末次冰期冬季表层海水温度比现在的低 9.9°C (255 柱状样)、 6.8°C (170 柱状样) 和 8.7°C (17940-2 柱状样), 而夏季表层海水温度仅下降约 $1.6 \sim 3.5^{\circ}\text{C}$. 这种冰期和冰后期表层海水温度的明显差异可能是由末次冰期表层环流格局的改变所引起^[6~8].

2.3 *Pulleniatina obliquiloculata* 的丰度变化

浮游有孔虫各属种中, *P. obliquiloculata* 显示了最显著的丰度变化, 甚至全新世内亦如此(图 4). 3 个柱状样的 *P. obliquiloculata* 百分曲线呈现相似的变化趋势.

末次冰期 *P. obliquiloculata* 丰度(平均 $1.9\% \sim 5.1\%$)比全新世的(平均 $8.2\% \sim 10.6\%$)低很多(图 4, 表 2). 这与冰期至冰后期表层海水温度, 主要是冬季表层海水温度的变化相一致(图 2). *P. obliquiloculata* 在全新世/更新世界线的突然增多, 也记录于南海南部^[9]、苏禄海^[10]等地的柱状样中.

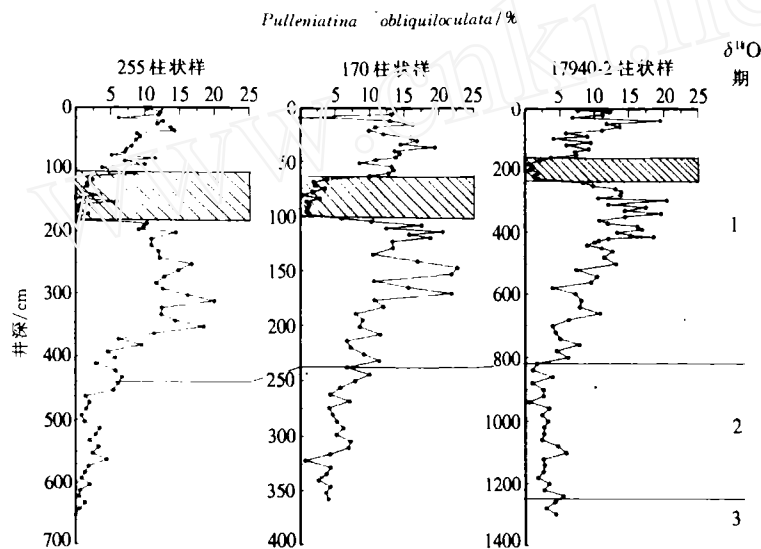


图 4 冲绳海槽和南海的 3 个柱状样中 *P. obliquiloculata* 的丰度变化
阴影部分示 *P. obliquiloculata* 最小值带, 右侧 1, 2, 3 为同位素分期

表 2 3 个柱状样中 *Pulleniatina obliquiloculata* 相对丰度的平均值和极值

<i>P. obliquiloculata</i>		1 期	2 期	最大值带	最小值带
255	井深/cm	440 ~ 2	655 ~ 440	370 ~ 185	185 ~ 105
	平均/%	8.2	1.9	14.0	1.90
	极值/%	20.0	0.0	20.0	0.0
170	井深/cm	238 ~ 0	360 ~ 238	177 ~ 102	102 ~ 63
	平均/%	10.0	5.1	15.2	2.7
	极值/%	21.8	0.7	21.8	0.3
17940-2	井深/cm	820 ~ 0	1 250 ~ 820	500 ~ 240	240 ~ 160
	平均/%	9.5	3.0	13.5	1.7
	极值/%	20.4	0.6	20.4	0.7

末次冰期之后, *P. obliquiloculata* 的相对丰度在 3 个柱状样中都急剧增加, 在约 7 ~ 6 kaBP 前达到最高值. 255, 170 和 17940-2 柱状样中 *P. obliquiloculata* 的丰度分别在井深 370 ~ 185 cm, 177 ~ 102 cm 和 500 ~ 240 cm 处增加. 我们把这一段叫做“*P. obliquiloculata* 最大值带”, 其最高和平均丰度值见表 2. *P. obliquiloculata* 最大值带在 3 个柱状样中地层位置相当一致(图 4), 说明这是冲绳海槽和南海的共同现象, 且对应于中全新世的变暖^[1, 2].

冲绳海槽和南海全新世最显著的事件是 *P. obliquiloculata* 的百分含量紧接最大值带后, 在约 4 ~ 2 kaBP 前戏剧性地下降(图 4). 我们将这一段叫做“*P. obliquiloculata* 最小值带”. 它在 255, 170 和 17940-2 柱状样中分别对应于井深 185 ~ 105 cm, 102 ~ 63 cm 和 240 ~ 160 cm 处, 其 *P. obliquiloculata* 丰度的平均值仅约 1.7% ~ 2.7%, 最小值在 3 个柱状样中都接近于 0 (图 4, 表 2). 相同的 *P. obliquiloculata* 丰度变化趋势亦见于赤道西太平洋^[4]、南海南部^[11] 和日本岸外的西北太平洋^[12], 显示了晚全新世 *P. obliquiloculata* 最小值带的广泛存在, 但这一事件在所研究的 3 个柱状样中表现更为明显.

3 讨论和结论

东海表层沉积中, *P. obliquiloculata* 在暖流如黑潮的流经区域含量甚丰(超过浮游有孔虫群的 10%)^[13], 因而早就被认为是黑潮的标志之一^[12]. 其最大和最小值带应分别反映由于黑潮流线的短暂偏移所引起的黑潮影响的增强和减弱^[14]. 然而, 这一解释很难适用于远离黑潮的地区, 如南海南部.

P. obliquiloculata 是一个热带浮游有孔虫种. 在全球大洋中, “其表层沉积中的最大丰度出现在大约 10° N 和 10° S 之间的相对窄的区域中. 这一区域总体上与大西洋、印度洋和太平洋的赤道流系相吻合”^[15]. 根据北大西洋浮游拖网的有孔虫研究, *P. obliquiloculata* 的高含量见于湾流, 主要是在冬季样品中^[9]. 这也得到近来南海北部沉积捕获器研究的证实(郑连福, 个人通信). 这样, *P. obliquiloculata* 丰度应对冬季温度反应灵敏.

如上所述, *P. obliquiloculata* 丰度的变化与表层海水温度, 特别是冬季表层海水温度的变化相应(图 2, 图 4). 这表示 *P. obliquiloculata* 的丰度至少可以看作是晚第四纪冬季表层海水温度的替代物. 由于研究区末次冰期以来夏季表层海水温度变化极小, 大多数“夏季种”包括 *G. ruber*, *G. sacculifer* 相应地也仅有很小的丰度变化. 而随着末次冰期以来冬季表层海水温度的明显变化, “冬季种”*P. obliquiloculata* 从冰期到全新世丰度显著增加, 在中全新世最适宜期冬季表层海水温度高时出现最大丰度值. 同样, 相信约 4 ~ 2 kaBP 前的 *P. obliquiloculata* 最小值带与冬季表层海水温度的变冷有关^[1], 尽管尚需精确的测年. 此外, 17940-2 柱状样的 UK37 记录作为年平均表层海水温度的指标, 确实也显示了相应的晚全新世变冷(Carles Pelejero, 未发表资料).

表层海水温度可能并非导致晚全新世 *P. obliquiloculata* 百分变化的唯一或单一因素. 根据浮游拖网研究^[15], *P. obliquiloculata* 是一个深层水种, 在现代大洋中居住在温跃层以下的次表层水中, 它的丰度变化也可以归咎于温跃层深度的变化. 因此, 还需要大量的工作才能了解控制 *P. obliquiloculata* 丰度变化的海洋因素. 然而, 晚全新世 *P. obliquiloculata* 最小值带作

1) Li B H, Jian Z M, Wang P X. *Pulleniatina obliquiloculata* as paleoceanographic indicator in the southern Okinawa Trough during the last 20 000 years. *Marine Micropaleontology*, in press

为一个海洋气候事件又与陆地记录相对应,从时间上相当于“新冰期”的变冷。*P. obliquiloculata* 毫无疑问是该地区灵敏的古海洋学指标,也有助于理解海-陆气候对比。

致谢 承黄奇瑜提供两个 AMS ^{14}C 测年数据,Michael SARTHEIN 和王律江对文稿提出评论和修改,王永吉、陈荣华以及“太阳号”95 航次全体科学家提供本次研究的 3 个柱状样,在此一并感谢。

参 考 文 献

- 1 Lamb H H. Climate: Present, Past and Future, Vol. 2, Climate history and the future. London: Methuen & Co, 1977. 376 ~ 380
- 2 Shi Yafeng, Kong Zhaozheng, Wang Sumin *et al.* Mid-Holocene climates and environments in China. *Global and Planet Change*, 1993, 7(1/3): 291 ~ 233
- 3 竺可桢. 中国近几千年来气候变迁的初步研究. *中国科学*, 1973, (2): 168 ~ 189
- 4 Boltovskoy E. Late Pleistocene-Holocene planktonic foraminifera of the western equatorial Pacific. *Eozas*, 1990, 19: 119 ~ 125.
- 5 Be A W H. An ecological, zoogeographic and taxonomic review of recent planktonic foraminifera. In: Ramsay A T S, ed. *Oceanic Micropaleontology*. London: Academic Press, 1977. 1: 1 ~ 100
- 6 Thompson P R, Shackleton N J. North Pacific paleoceanography: Late Quaternary cooling variation of planktonic foraminifer *Neogloboquadrina pachyderma*. *Nature*, 1980, 287: 829 ~ 833
- 7 Wang Luejiang, Wang Pinxian. Late Quaternary paleoceanography of the South China Sea: glacial-interglacial contrasts in an enclosed basin. *Paleoceanography*, 1990, 5(1): 77 ~ 90
- 8 Ujiie H, Tanaka Y, Ono T. Late Quaternary paleoceanographic record from the middle Ryukyu Trench slope, northwest Pacific. *Mar Micropaleontol*, 1991, 18: 11 ~ 128
- 9 Broecker W S, Andree M, Klas M *et al.* New evidence from the South China Sea for an abrupt termination of the last glacial period. *Nature*, 1988, 333: 156 ~ 158
- 10 Miao Qingmin, Thunell R C. Glacial-Holocene carbonate dissolution and sea surface temperature in the South China and Sulu Seas. *Paleoceanography*, 1994, 9(2): 269 ~ 290
- 11 Rottman M L. Distribution of planktonic foraminifera and pteropods in South China Sea sediments. *J Foraminiferal Res*, 1979, 9(1): 41 ~ 49
- 12 Oda M, Takemoto A. Planktonic foraminifera and paleoceanography in the domain of the Kuroshio current around Japan during the last 20 000 years (in Japanese, with English abstract). *The Quat Res*, 1992, 31(5): 341 ~ 357
- 13 Wang Pinxian, Zhang Jijun, Min Qiubao. Distribution of foraminifera in surface sediments of the East China Sea. In: Wang P *et al.* *Marine Micropaleontology of China*. Beijing: China Ocean Press and Springer-Verlag, 1985. 34 ~ 69
- 14 Ahagon N, Tanaka Y, Ujiie H. *Florisphaera profunda*, a possible nannoplankton indicator of Late Quaternary changes in sea-water turbidity at the northwestern margin of the Pacific. *Mar Micropaleontol*, 1993, 22: 255 ~ 273
- 15 Ravelo A C, Fairbanks R G, Philander S G. Reconstructing tropical Atlantic hydrography using planktonic foraminifera and ocean model. *Paleoceanography*, 1992, 5(3): 409 ~ 431