

用转换函数法推算南海古温度的尝试*

王律江 汪品先

(同济大学海洋地质系,上海)

运用微体古生物分析结果推断古环境,特别是用有孔虫等化石求第四纪海相或海陆过渡相的环境参数,已在我国广泛开展。使用的方法主要是根据“指相化石”或属种组合、分异度及其它群落结构数据,以及壳体旋向和其它形态特征,推算古盐度、古温度、古深度等^[1]。尽管这些方法已经取得良好结果,但只能对环境参数作定性的判断。近年来,在大洋古海洋学研究中建立起来的转换函数(Transfer function)方法,开辟了利用微体古生物数据对古环境参数作定量分析的途径;特别在再造 18000 年前和 120000 年前冰期和间冰期世界大洋冬、夏表层水温分布图的工作中,取得了杰出的成绩^[2,3]。作为我国的第一次尝试,我们在南海北部陆坡的深海沉积柱状样中,运用浮游有孔虫的分析数据,通过转换函数再造了十三万年以来冬、夏表层海水平均温度的变化历史,为南海古海洋学研究提供了重要信息。

转换函数是美国 Imbrie 和 Kipp 为浮游有孔虫古温度分析提出的^[4]。化石群包含着古温度的信息,但决定化石群特征的因素不仅有温度,还有盐度、含氧量等多种环境参数。Imbrie 和 Kipp 的方法,就是采用因子分析和回归分析的技术从化石群中提取温度的信息。而各大洋、各门类的转换函数并不相同,应当因地制宜分别确定;如 Hutson 对印度洋^[5]、Thompson 对太平洋^[6]浮游有孔虫导出的转换函数,Geitzenauer 等对钙质超微化石^[7]和 Sachs 对放射虫^[8]提出的转换函数,等等。为计算南海北部浮游有孔虫反映的表层古水温,我们采用了与本区最为接近的 Thompson 根据西太平洋 165 个表层样求出的转换函数 FP12E^[6]。Thompson 的转换函数不仅反映了北起鄂霍茨克海、南抵所罗门群岛的不同纬度,而且考虑了西太平洋海底有孔虫壳的不同保存状况。用 FP12E 转换函数求冬、夏季表层水温,其标准估计误差分别为 2.48℃ 和 1.46℃;该函数可以解释原始观测资料信息的 90%,在夏季温度 >23℃、冬季温度 >14℃ 的范围内可以得到精确的温度估值,因此,完全适用于南海北部。

沉积柱状样 V36-06-3 系美国《维玛号》考察船于 1979 年取自南海北部陆坡下部水深 2809 m 处,位置在 19°00.5'N, 116°05.6'E, 岩芯全长 12.15m, 含丰富的浮游有孔虫壳体。按 20cm 间距取样 62 个,选用 >149 μm 的浮游有孔虫壳作鉴定统计,平均每样实际鉴定 537 枚,至少不低于 100 枚。鉴定结果取含量较高的 25 种进行计算机处理,它们是: *Beella digitata*, *Candeina nitida*, *Globigerina bulloides*, *G. calida*, *G. falconensis*, *G. rubescens*, *Globigerinella aequilateralis*, *Globigerinita glutinata*, *Globigerinoides conglobatus*, *G. ruber*, *G. sacculifer*, *G. tenellus*, *Globoquadrina conglomeraata*, *Globorotalia crassaformis*, *G. hirsuta*, *G. menardii*, *G. inflata*, *G. scitula*, *G. truncatulinoides*, *G. tumida*, *Neogloboquadrina dutertrei* (=Thompson 文中的 *N. eggeri*), *N. pachyderma*, *Orbulina universa*, *Pulleniatina obliqueloculata*,

本文 1986 年 2 月 19 日收到。

* 国家自然科学基金资助项目。

Sphaeroidinella dehiscens. 与 Thompson (1981) 所用的 27 种 30 个类型相比, *N. pachyderma* 左旋壳、*N. blowi* 和 *Globorotalia wilesi* 在本区均未发现; *G. sacculifer* 有袋与无袋型亦未分别统计,因而在计算时只按两类各占 50% 输入计算机. 事实上, *G. sacculifer* 的两种类型在 FP12E 的各组合中贡献相差不大,而且袋状房室的有无已被证明不过是个体发育阶段的差别^[9],因此我们在该数据上所做的人为处理对结果影响很小. 计算在 Apple-II 型微机上进行,并用 CX-6000 绘图仪作图,结果如图 1 所示.

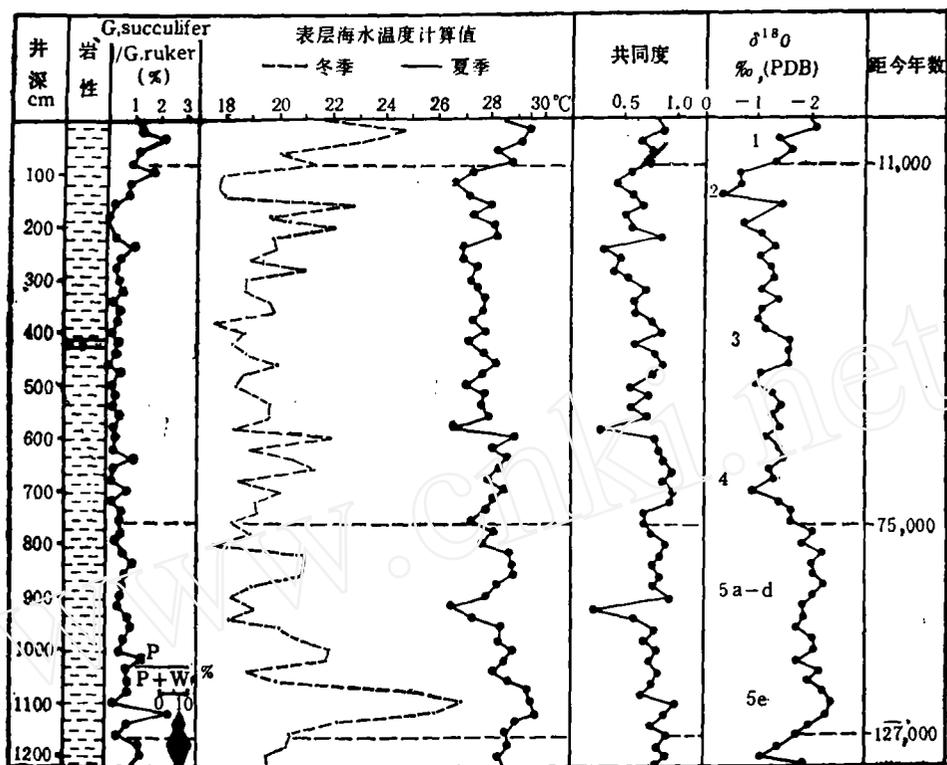


图 1 南海北部陆坡 V36-06-3 柱状样古温度曲线

$\delta^{18}\text{O}$ 采用 *G. sacculifer* 壳测得; $\frac{P}{P+W}$ 指 *G. ruber* 粉红色壳 (P) 占粉红色壳与白色壳 (W) 总和的比例

(图中 *G. sacculifer* / *G. ruber* 应为 *G. sacculifer* / *G. ruber*)

V36-06-3 柱状样的地层年龄可根据浮游有孔虫及其氧同位素曲线确定^[12]: 柱状样 1120 cm 以上 *G. ruber* 粉红色壳体消失, 在印度-太平洋区为距今 120000 年的标志^[10]; *G. sacculifer* 壳体 $\delta^{18}\text{O}$ 于 82cm, 762 cm 和 1162 cm 处的变化明显指示出氧同位素气候 1/2 期、4/5 期和 5/6 期的界线, 分别为距今 11000 年、75000 年和 127000 年^[11](图 1).

用转换函数法求得的表层海水十三万年来冬、夏平均温度曲线的可信程度可以从下列三方面来判断. 首先, 62 个样品的平均共同度达 0.72, 即能解释将近 85% 的原始信息; 其次, 计算所得冬、夏水温值分别在 17.6—27.0°C 和 26.5—29.6°C 之间, 均落在转换函数 FP12E 提供精确结果的范围以内; 再次, 柱状样顶部样品 (埋深 2 cm) 的温度计算值为冬季 21.9°C, 夏季 28.6°C, 而据南海地质调查指挥部提供的 V36-06-3 站位现代冬、夏表层水温为 23.7°C 和 28.8°C, 两者相当吻合, 其差值均未超过 FP12E 的误差范围. 可见, 计算结果具有相当高的可靠性.

由图 1 可见,本区十三万年来表层海水温度的变化十分显著,夏季表层水温曲线上相邻峰谷间差值为 1.5—2.8℃,冬季则达 4.0—8.3℃。最明显的温度差别在冰期和间冰期之间, $\delta^{18}\text{O}$ 第 2 期(冰期)与 5e 期(间冰期)的夏季温度差为 3.0℃,冬季则高达 9.1℃。如此高的温差值与西太平洋热带地区迥然不同。西太平洋与其它大洋一样,冰期/间冰期的温差在低纬度区十分微弱,常常在转换函数的计算误差范围以内;只有到温带方才显著。据 Thompson 归纳,在热带西太平洋冰期表层水温仅下降 2℃,亚热带 1℃ 或更少,而温带可达 5℃^[6]。位于 19°N 近热带海区的 V36-06-3 柱状样所反映的冰期/间冰期温差高值,需要从洋流格局变化上寻找原因。例如,冰期时洋面下降,南海与西太平洋海水交换的主要通道巴士海峡的连通性变差,冬季太平洋暖水难以随东北风进入南海;另一方面,冰期时由于纬向气候带压缩,极锋南移,也会促使较冷水团对南海的影响增强。当然,还须分析更多的柱状样方能对此作出准确的判断。

另外,V36-06-3 柱状样揭示的冰期时冬、夏温差(即季节性)十分显著。如西太平洋热带海区间冰期(5e 期)季节温差在 3.4℃ 以下、冰期(2 期)也只有 1.3—4.4℃;而柱状样揭示的相应间冰期季节温差为 2.2℃,冰期时竟达 8.8℃,已相当于西太平洋 28°N 处的数值^[6]。南海北部冰期时季节温差异常应与海流格局有关:随着巴士海峡连通性变差,南海受太平洋海水调节减弱,大陆性影响增强,必然会加强温度的季节差异。

如果将 V36-06-3 柱状样的古温度曲线与氧同位素曲线相对比(图 1),可以看到良好的对应关系;并且凡温度曲线与 $\delta^{18}\text{O}$ 曲线趋势有较大区别的层段都是共同的低值区,即相应温度计算值的准确性较低。这种一致性具有普遍意义,在大西洋等海区早已证实^[9]。本柱状样的温度曲线与西太平洋的相应曲线具有共同趋势,即在最近十三万年来的冰期中,2 期表现强烈,4 期不明显;间冰期中以 5e 最为清晰,3 期则不太显著^[6]。

由此可见,南海北部陆坡地区的表层水温在十三万年中的变化趋势与西太平洋以至世界大洋均相一致,只是冰期/间冰期的温差和冰期时季节温差均大大高于西太平洋的相应纬度区。说明南海作为边缘海在冰期时与大洋的交流减弱、洋流格局改变、大陆影响增强,与大洋显著不同。

致谢:本文承地矿部南海地质调查指挥部和第二海洋地质大队提供样品,卞云华、闵秋宝、冯文科同志参加部分工作,Shackleton 博士分析氧同位素,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 同济大学海洋地质系微体古生物实验室,海洋微体古生物论文集,1980,172。
- [2] CLIMAP Project Members, *Science*, 191(1976), 1131。
- [3] CLIMAP Project Members, *Quaternary Research*, 21(1984), 123。
- [4] Imbrie, J. and Kipp, N. G., *The Late Cenozoic Glacial Ages*, 1971, 77。
- [5] Hutson, W. H., *Quaternary Research*, 9(1978), 87。
- [6] Thompson, P. R., *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 35(1981), 241。
- [7] Geitzenauer, K. R., Roche, M. B. and McIntyre, A., *Geologic Society of America, Memoir*, 145(1976), 423。
- [8] Sachs, H. M., *Quaternary Research*, 3(1973), 73。
- [9] Be, A. W. H., *Marine Micropalaeontology*, 5(1980), 283。
- [10] Thompson, P. R., Be, A. W. H., Duplessy, J. C. and Shackleton, N. J., *Nature*, 280(1979), 554。
- [11] Shackleton, N. J. and Opdyke, N. D., *Quaternary Research*, 3(1973), 39。
- [12] 汪品先、闵秋宝、卞云华、冯文科,地质学报,60(1986), 3: 215。
- [13] Imbrie, J., Van Donk, J. and Kipp, N. G., *Quaternary Research*, 3(1973), 10。