

浮游有孔虫 Fourier 形态分析及其与环境的相关性研究*

THE STUDY ON THE FOURIER MORPHOLOGIC ANALYSIS OF PLANKTONIC FORAMINIFERA IN RELATION TO ENVIRONMENT

李铁钢 薛胜吉

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

自本世纪 70 年代以来,古海洋学在短短的二十几年的时间里已成为海洋地质学的前沿学科和发展方向之一。学科的建立与发展都与地球上实验技术与理论的重大突破密切相关。做为古海洋学本身主要是以大洋沉积物作为研究依据,研究大洋体系中水团和相关的生物圈、岩石圈的历史。这就必然涉及到有机物质的生物化石和无机物质的矿物沉积两方面。但沉积物中记录的古海洋学信息很多,而解释这些信息的手段又是各有所长,其中微体古生物的化石形态学分析是古海洋学研究的一个重要分支。微古专家以此做为确定微体古生物的系统发育和分类的依据。在大洋中,微体生物的生态表型主要受到环境条件的制约,具有较强的环境指示意义。这主要包括壳体的形态、壳径、壳面孔隙率、壳体旋向、壳口大小等形态结构参数。但这些参量都是很直观的,只能与环境参量存在着一种笼统的对应关系。随着我们对现代种类形态受环境影响因素认识的深入,加上计算机的应用、数学和数理统计技术广泛应用,使我们有可能把微体化石形态的一些变量与主要的环境参量之间建立一个函数模式。

Fourier 形态分析是通过一系列谐波来描述物体外部形态的数学方法。其基本原理:因为有孔虫的外部轮廓是一条封闭的曲线,因此可以有孔虫的重心为极点做一个极坐标系,从极点到边界点的半径为 r ,这样半径与极轴之间的夹角便有如下关系:

$$r(\theta) = \bar{r} + \sum_{i=1}^{\infty} (a_i \cos_i \theta + b_i \sin_i \theta) \quad (1)$$

\bar{r} = 有孔虫的平均半径

显然这个方程式可以用来描述有孔虫的形态轮廓。

$$\text{设 } a_i = C_i \cos \varphi_i, \quad b_i = C_i \sin \varphi_i$$

φ_i —— 第 i 个谐波的相位角

C_i —— 第 i 个谐波的振幅

$$C_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2} \quad (2)$$

从(1)式右端的每一项均表示一个谐波,展开式说明一个内部复杂的周期函数, $r(\theta)$ 可以分解为一系列谐波的迭加,对有孔虫来说就是每个谐波的振幅都代表着有孔虫的一个特定的形态特征。这一系列谐波的迭加便构成一个精确的有孔虫外部轮廓。同时振幅 C_i 将一个周期函数 $r(\theta)$ 展开为它的 Fourier 函数,其展开式是唯一对应的,因此建立了函数 $f(\theta)$ 和数列 $\{a_i, b_i\}$ 的一一对应关系,这样给我们对有孔虫的形态描述提供了极大的方便和可能。然后用卡方分析法确定第 i 个能主要反映有孔虫特征的谐波,求出谐波的振幅,再利用因子分析和回归分析确定振幅与温度、盐度、动物群分布的相关关系。

利用 Fourier 函数进行微体化石的形态分析是古海洋学研究中的又一崭新的开发领域,开创性的工作是 1970 年由 Ehrlich, R 和 Weiberg, B 开始的,他们的结论是 Fourier 函数可以用来精确地描述任何二维形态的轮廓。随后用 Fourier 函数来描述化石形态的工作便开展起来。如 Ansteg 和 Delmet (1972, 1973), Prezbindo Wski 和 Ansteg (1978) 对苔藓虫形态的研究, kaesler 和 Waters (1972), Younker 和 Ehrlich (1977) 对介形虫的形态分析, Gevirtz (1976) 对双壳类的形态分析及 christophar 和 Wa-

* 本文得到苍树溪研究员指导,在此表示谢意。

ter(1979)对中新世孢子的形态分析等。这些工作都证明了 Fourier 形态分析具有很大的研究潜力和有效性。这期间对有孔虫的形态研究工作主要是由 Scott(1980)及 Healy-Williams 和 Williams(1981, 1983, 1985)完成的。Scott 的工作主要是用 Fourier 形态分析研究有孔虫的个体演化。而 Healy-Williams 和 Williams 则首次把浮游有孔虫的 Scott 形态分析与环境因素的变化联系起来,从而把这一新的研究手段推向了一个新的高度。然而他们的工作主要集中于对有孔虫动物群大区域的横向剖面的研究。到目前为止,利用 Fourier 函数研究有孔虫的形态变化古环境因素,如温度、盐度、深度变化的相关

性,尤其是在某些特定海区岩芯纵向剖面的有孔虫动物群的形态变化,在国际古海洋学领域尚属崭新的开发领域,这方面在我国尚未开展工作。

我们在冲绳海槽晚第四纪微体动物群研究中,利用 Fourier 函数可以精确地描述二维形态轮廓的原理,通过数理统计方法探索微体浮游有孔虫化石形态变化与环境变化的相关性,从而恢复晚更新世以来冲绳海槽的古环境,确定古黑潮演变的历史,以此方法对该区进行这方面研究还是首次,其意义在于使得对该海区的古海洋学方面的研究不论在理论解释上还是在研究方法上能有一个新的发展。