

# 研究古潮汐的一种新途径

汪品先

(同济大学)

**【内容提要】** 钱塘江口、长江口的现代沉积物中含有个体细小、分异度高的有孔虫群，这是河口潮流悬移搬运的产物。相似的小个体有孔虫群在西欧易北河等河口亦有发现。对比东亚、西欧、北美具不同潮汐幅度的河口，证明有孔虫群的属种分异度、壳体大小分选程度均与潮汐幅度相关。有孔虫群与潮汐的上述关系为识别古潮汐河口沉积、再造河口潮汐变化历史提供了一种新手段。

## 研究古潮汐的原有方法

潮汐是一种重要的地质营力。从全球的地质历史看，潮汐作用的开始与强弱变化，是地球与月球关系史的反映；从局部海区看，潮汐作用控制着陆架、河口及潮间带沉积的性质。因此对地质时期里古潮汐的研究，是再造海洋地质历史不可缺少的一个方面。

地球上潮汐的大小，首先由月球与地球的距离所决定。据估算，假如月球离地球比现代近一倍的话，潮汐幅度应比现在约大五倍 (Merifield and Lamar, 1970)。早在一百年前，就有人试图利用这个原理从古潮汐去推断月地关系的变化 (Hull, 1881; Ball, 1881)，不过那时推测古潮汐所采用的依据并不可靠。本世纪六十年代以来，科学家们主要用两个方面的地质记录来研究古潮汐。

### 1. 沉积学方面

既然潮汐作用控制着陆架海区、潮间带以及入海河口的水文与沉积特征，就可以按照沉积岩层的岩性、层理与产状等来判断古

潮汐作用的强弱。例如：潮间带沉积在地层中的广泛发育 (Jacka, 1965)，垂向厚度大、横向延伸广的砾岩 (Olson, 1966)，具有大规模交错层理的海相砂岩 (Merifield and Lamar, 1968) 等均曾被提出作为巨大潮汐作用的标志 (Hargraves, 1970)。此外，脉状层理也被认为是由潮汐作用所造成的。

### 2. 古生物学方面

陆架浅海，尤其是潮间带底栖生物的生长受潮汐作用的影响重大，因此相应的化石也带有潮汐作用的烙印。例如：Cloud (1968) 认为迭层石生长的高度能指示潮汐的幅度；Lamar and Merifield (1967) 认为寒武纪初硬壳生物的出现正是地球上强烈潮汐作用开始的反应。

上述方法，大多被用于寻求隐生宙时特大潮汐出现的证据，以期找出月球最接近地球的时期。然而，一个地区潮汐的大小不只是取决于月地关系，而且还受该地区的地貌等条件制约。至于在月地关系基本稳定的显生宙，古潮汐的变化更是区域性的现象，相应地要求用比较细致和连续的、而不是粗略和零星的方法研究古潮汐。比如说：在显生

本文1982年10月5日收到。

宙地层中广泛分布,反映水深、温度和盐度等古环境条件十分灵敏的微体化石群,是不是也能用来指示古潮汐作用呢?

## 长江口和杭州湾有孔虫 的启发

海洋沉积物中最重要的微体“化石”是有孔虫。在入海河口,泻湖等半咸水沉积中也含有有孔虫,不过由于半咸水的环境特殊,通常只有少数广盐性底栖属种才能生存。这类广盐性有孔虫中,有不少是具有胶结壳(“砂质壳”)的类型。东海底质中也同样含有大量有孔虫,但是东海西岸的河口沉积物中,却有着与众不同的有孔虫群。

长江口与钱塘江口(杭州湾),是东海最重要的两大河口。这些河口的沉积物中有孔虫含量(每克干样中不足20枚)比陆架海区(每克干样中数百至数千枚)为低,特别的是壳体十分细小,属种却相当多样。在有孔虫群中占优势的不仅有广盐性种凸背卷转虫 *Ammonia convexidorsa* Zheng, 也有窄盐性种奈良小上口虫 *Epistominella naraensis* (Kuwano) 等。在一个样品中一般含有20余种广盐与窄盐性底栖有孔虫,胶结壳类型罕见,而只能生活在正常盐度广海环境的浮游有孔虫也占有全群个体数的10%左右。所有这些有孔虫壳体都十分细小,平均壳径0.13~0.17毫米,其中有些种是本身个体小(如奈良小上口虫),有些种则只见幼体。这样一个特殊的有孔虫群,是怎么形成的呢?

为了回答这个问题,专门用虎红米对长江口内外的河口沉积物进行了活有孔虫染色分析。结果表明:长江口内的吴淞口以上的表层沉积中几乎完全不含有孔虫,吴淞口以下长江入海附近的有孔虫群中活个体也非常稀少,一般只占全群个数的1%左右。同时在钱塘江口的沉积物中,发现有孔虫的平均壳径由东海向河口以内逐渐减小。例如从杭

州湾外东海中陆架水深65米处,到杭州钱塘江大桥底下,有孔虫平均壳径从0.30毫米缩小到0.11毫米,浮游有孔虫最大壳径由0.60毫米下降到0.14毫米。人们自然会问:这样的有孔虫群,莫非是搬运作用的产物?

的确,这两个河口沉积中的有孔虫群既缺乏活个体,属种类型、壳体大小又和能在半咸水中生活的有孔虫生物群截然不同,长江口(平均潮差2.6米)和钱塘江口(平均潮差5.5米)又属于中潮型和强潮型河口,潮流溯河而上,将海区的有孔虫壳体向河口搬运是完全可以理解的。潮流的搬运作用只服从水动力的规律,将广盐、窄盐、底栖、浮游的有孔虫不加分辨地输入至河口,因而埋葬群的分异度当然增高;搬运的同时又发生分选作用,使有孔虫壳体大小与水动力相应,因而携入河口的壳体平均壳径必然细小,比重较大而又易于散裂的胶结质壳也自然难以运入至河口以内。其实,长江口、钱塘江口的其他微体“化石”门类也受到同样的分选作用:长江口沉积中海相介形虫只见幼体壳瓣,海胆刺等海相生物碎片也由海区向河口变小。总之,东海两个主要河口独特的小个体有孔虫埋葬群,显然是潮流搬运作用所造成的。那么潮流搬运和分选河口有孔虫壳体,是长江口、钱塘江口的特殊现象,还是一种普遍规律呢?这就需要和其它河口对比才能回答。

## 东亚、西欧、北美河 口的对比

现代河口有孔虫的研究,原来只限于西欧和北美。近年来,我国河口的研究却提出了一个有趣的课题,这就是河口潮汐幅度和有孔虫之间的关系。

我国的弱潮型河口如西江口(平均潮差0.86米)的表层沉积中,有孔虫群全由广盐性底栖类型所组成,每个样品中不到十种,而个体大小比较正常,平均壳径为0.26毫米。

至于非潮型河口如辽河口等，也都只含少量广盐性半咸水种，大小比较正常。显然，这些河口由于缺乏潮流的搬运作用，与中、强潮型河口的小个体有孔虫群形成鲜明的对照。我国河口有孔虫潮汐作用的这种关系，也适用于其他国家和其它海区吗？

带着这个问题，我们分析了西欧一些河口的有孔虫。有趣的是，类似的小个体有孔虫群，在易北河（Elbe）口也发现了。易北河是西德第二大河，注入北海，河口平均潮差为2米，属中潮型河口。河口沉积物以砂质为主，但在水流停滞的局部地段也有泥质为主的沉积物。这些细粒沉积物中所含的有孔虫群虽然以凹穴希望虫 *Elphidium excavatum* (Terquem) 等种为主，属种组合与东海的河口迥然相异，但共同的是壳体也十分细小，平均壳径不过0.14~0.19毫米。同时，在河口采集的浮游样中也发现有丰富的有孔虫群，而且属种组合、个体大小都和细粒沉积物中找到的相似。这就证明：易北河口沉积中的小个体有孔虫群也是潮流搬运作用所形成的埋葬群，并且主要是呈悬浮状态搬运的。当然，河底的推移搬运也应存在，但是这样搬运的结果必定使有孔虫壳磨损甚至破碎，与河口小个体有孔虫群良好的保存状况不符，可见悬浮搬运应当是主要的。由此推论，长江口、钱塘江口的小个体有孔虫群显然也是潮流悬浮搬运而来的。

然而，易北河口大多是砂质沉积。在这些比较粗粒的沉积物中，含有以毕克卷转虫（广义）*Ammonia beccarii* (L.) S.L. 与德国先希望虫 *Protelphidium germanicum* (Ehrenberg) 为优势种的有孔虫群、壳体大小比较正常，平均壳径在0.22~0.28毫米左右，与泥质沉积中完全不同。可是，其中的活个体却几乎全属于凹穴希望虫，壳体较大的毕克卷转虫、德国先希望虫等优势种却在活个体中是绝无仅有的。黄色与褐色的残留壳十分常见，说明这些较大的壳体并非现代的产物，而是以前海侵残留下来的。

易北河口粗粒沉积物中有孔虫壳体大，细粒沉积物中壳体小，这是潮流与河流径流的一种分选作用。除易北河口外，西德的Eider河口、荷德之间的艾姆斯（Ems）河口，也可以在表层沉积物中发现有孔虫平均壳径随沉积物粒径发生分选的现象（Freydanck, 1955; Van Voorthuysen, 1960与Wiggers, 1960）。换言之，北海东岸的中、强潮型河口，凡同时有沉积粒度和有孔虫壳径统计资料者，都能看到这种分选作用。英国南部的一些河口如Dovey（Haynes and Dobson, 1969），Severn（Murray and Hawkins, 1976），Exe（Murray, 1980）等中、强潮型河口，也都常见到小个体有孔虫（包括浮游有孔虫在内）壳体随潮流而搬运，致使有孔虫埋葬群分异度增高的现象。相反，西欧、北美的弱潮、无潮型河口，如英国的Christchurch河口（Murray, 1966），美国墨西哥湾的密西西比河（Lankford, 1959）等河口，有孔虫群并没有随粒度的大小而分选，属种分异度也比较低。

总之，东亚、西欧、北美的实例对比，说明河口沉积物中有孔虫埋葬群的性质受潮差和由潮流造成的搬运、分选作用控制。有孔虫与潮汐作用的关系，可以归纳成表（见表）。

可见，在我国河口发现的有孔虫与潮汐之间的关系，同样适用于世界其他地区。但是，这种关系有什么地质意义呢？

## 古潮汐的新标志

既然有孔虫与潮汐有关，而其壳体在地层中又不难保存，河口的潮汐类型就可以通过有孔虫化石群记录在地层中。我国第四纪地层的研究表明：钱塘江口、长江口类型的小个体有孔虫群特征最为清晰，在地层中最容易辨认。比如，上海东部地区的大量钻孔中，以吴淞零点以下14米为界，其下的地层

含正常浅海相有孔虫群，其上的地层中含河口相的小个体有孔虫群，从而揭示了长江口全新世的变迁史。苏南丹阳地下埋深2米处发现的河口相小个体有孔虫群，指示出当时长江口的位置。同样，东海陆架外部的沉积柱状样中，也发现在埋深2~3米处有含小

个体有孔虫的细砂层，是更新世末古河口位置的证据。在西德附近的北海海底沉积柱状样中也发现含小个体有孔虫群的砂层，属于古易北河口的沉积。可见，潮汐搬运作用造成的特征性有孔虫群，为古潮汐河口沉积物的辨认提供了可靠的化石依据。

河口有孔虫埋葬群与潮汐的关系表

河 口 潮 汐			有 孔 虫 埋 葬 群				
类 型	潮 差	实 例	类 型	大小分选	分 异 度	属 种 类 型	
强 潮 型	> 4 m	钱塘江、Severn河等	异地埋葬	有	较高	广盐性与窄盐性 (外来、小个体)	
中 潮 型	2 ~ 4 m	长江、易北河等					
弱 潮 型	< 2 m	西江、密西西比河等	原地埋葬	无	较低	广盐性	

其次，既然强、中潮型与弱、无潮型河口具有不同特征的有孔虫埋葬群，古河口潮汐作用的变化也应当反映为有孔虫化石群性质的变化。加拿大 Miramichi 河口从1966年到1977年潮汐作用的减弱造成有孔虫群的重新分布 (Scott et al, 1977) 便是一个现代的例子。相信只要在第四纪地层中选择适当的河口沉积连续剖面，采用加密采样的分析方法，应能通过有孔虫化石群来再造河口的潮汐幅度变化历史。

从理论上讲，上述方法也应适用于第四纪以前含有孔虫，甚至不含有孔虫而有其它海相微体化石的地层中。因为潮汐和有孔虫

群的关系纯属水动力作用的效应，与生物因素并无直接关系，所以不应受化石门类的限制。现代河口沉积物中，介形虫幼壳、海胆刺等棘皮动物骨骼碎片和有孔虫一样受到潮流的搬运；在地质时期里，许多海相微体化石或者大化石的微小碎片，也应当在古入海河口受到搬运，成为古潮汐的一种潜在标志。

运用微体化石研究古潮汐，是一个刚刚提出的新问题，尽管摆在面前的有大量的工作和种种困难，却是一种很有希望的新途径。

### 参 考 文 献

- (1) 汪品先、闵秋宝、卞云华、华棣，海洋微体古生物论文集，海洋出版社，1980，101~111。
- (2) Merifield, P.M. and Lamar, D.L., Paleotides and the geological record, Palaeogeophysics (S.K. Runcorn, ed.), Academic Press, 31~40, 1970.