

应用丰度生物量比较法监测海洋污染 对底栖生物群落的影响

李荣冠 江锦祥

(国家海洋局第三海洋研究所, 厦门)

摘 要

应用生物丰度生物量比较法, 分析了厦门西部港水域底栖生物群落结构的变化, 且将该方法与种内个体对数正态分布做了比较。结果表明, 该水域已受到不同程度的污染, 底栖生物群落结构受到一定的扰动。在筲箕湖排污口和宝珠屿一带水域, 底栖生物群落的丰度生物量复合 K 优势度曲线相互交叉、相互重叠, 所反应的情形与种内个体对数正态分布极为吻合。该水域底栖生物群落不稳定的根本原因在于人为的污染, 即填海筑堤造成的海洋生境的扰动和工业污水废物倾倒排放所产生的有机质压力。

在海洋底栖生物研究中, 描述群落结构的几个主要参数(种类多样性、种类丰度、种类均匀度和种类优势度)和多种的相似性指数已获得广泛的应用, Connell的中度扰动假设和Huston的种类多样性假设已被普遍接受, 作为解释污染引起底栖生物和其他生物群落扰动的基本理论。本文试图应用丰度生物量比较(abundance biomass comparison)法分析污染(扰动与压力)对厦门西部水域底栖生物群落的效应, 促使人们对合理开发、利用海洋、治理“三废”、保护海洋生态环境和海洋资源的重视。

一、材料与方 法

1980年8月—1981年10月, 国家海洋局第三海洋研究所在厦门西部水域进行了多学科的综合调查, 本文系根据1980年11月该水域10个测站的底栖生物调查资料整理而成。其中站25、27、34和40位于宝珠屿一带水域, 站51、57、59和63位于筲箕湖排污口附近水域, 站76和77位于嵩鼓水道(图1)。

采泥使用 0.1 m^2 HNM型采泥器, 每站连续取样2次。泥样经孔目上层为 1 mm , 下层为 0.5 mm 的套筛冲洗, 再以简易淘洗法分离挑选出余渣中的标本, 标本按《海洋调查规范》生物分册处理。

应用丰度生物量比较法(以下简称ABC法)分析了厦门西部水域底栖生物群落结构的变化^[1, 2]。ABC法根据在稳定的海洋环境中, 底栖生物群落结构近似平衡, 群落的

生物量由 1 个或几个大型的种占优势,且每个种有几个个体。当群落失去平衡时,在数量上占优势的种是随机的较小的种。在此情况下,种内丰度的分布比生物量分布更显优势,可进行每个种生物量和丰度对应点的比较。ABC 法采用了 K-优势度曲线(K-dominance curve)^[3],在此曲线中,不同种按丰度的大小等级在 x 轴上由左至右(转换为对数尺度)排列,百分优势度累积尺度标在 y 轴上。

对于未污染的群落,所期望的是整条生物量曲线位于丰度曲线上方,说明丰度比生物量具更高的多样性;中度污染时,大个体的竞争优势种消失且丰度与生物量优势度间不平衡降低,生物量和丰度曲线间的差异不存在,或相互交叉,或重叠在一起;当严重污染时,底栖生物群落的个体数由 1 个或几个个体非常小的种(通常是环节动物的小头虫或寡毛类)占优势(尽管生物量以几个大型的种占较大的比例),丰度曲线整条位于生物量上方,生物量比丰度具有更高的多样性^[1, 2, 4, 5]。

用上述资料将 ABC 法与种内个体对数正态分布进行比较,其共同的优点是在时间和空间上不依赖对照样品,避免了复杂烦琐的统计和计算^[6-8]。

二、结 果

(一) 筲箕湖排污口群落

该水域群落由特征种尖喙小囊蛤(*Saccella cuspidata*) 锥虫(*Haplopscoloso* sp.)-胶州湾角贝(*Dentalium kiaochowwanence*)构成,其重要的特点是尖喙小囊蛤在栖息密度上占绝对优势,种类比率多毛类占 45% 以上^[9]。

图 2 显示出,该水域站 57、59 和 62 种的丰度和生物量的复合 K-优势度曲线,其共同点是两条曲线均相互交叉、相互重叠。站 59 丰度与生物量曲线二次交叉且近乎重叠;站 63 两曲线也两次交叉;站 57 三次交叉且部分线段重叠。以上 3 个测站所显示的这种曲线图形与 ABC 法所描述的第 2 种图像比较,极为相似。这表明底栖生物群落结构已发生了一定的扰动,生物生境有一定的压力,水域已受到中度的污染。

筲箕湖原是一个半封闭的天然小海湾,自 1964 年填海筑堤后,成了一个近乎封闭的湖泊。市区的生活污水和附近工业的废物不断倾倒注入该湖,使之成为市区的主要纳污坑。随潮汐的涨落,该湖排出的污染物向附近水域释放扩散,使之成为西港水域主要的污染源之一。根据同期调查的氧化-还原沉积环境的划分,筲箕湖排污口附近水域属弱还原

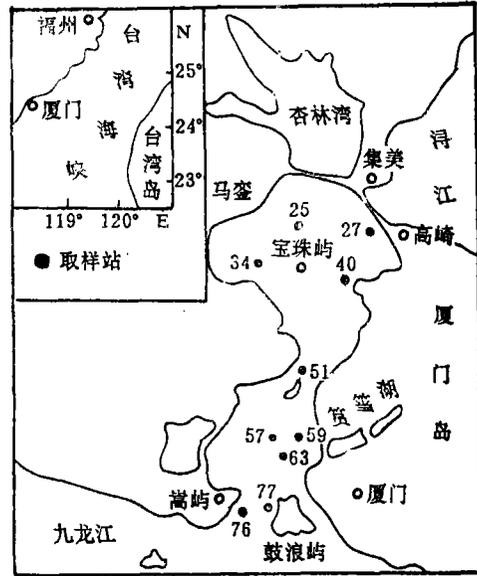


图1 厦门西部水域底栖生物取样站部水域

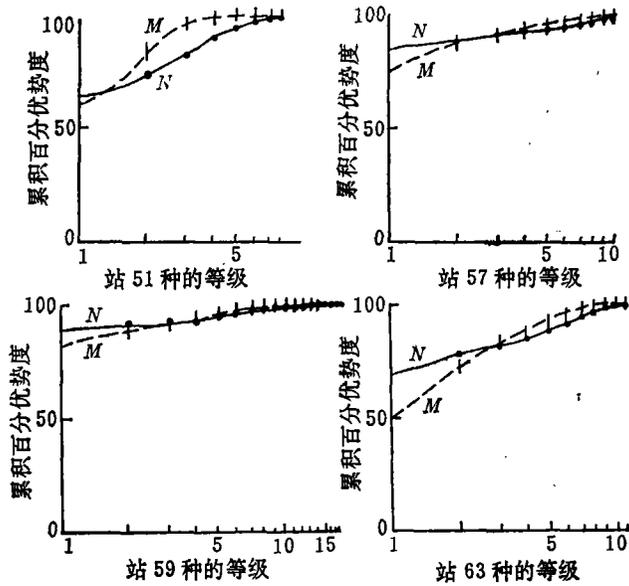


图2 筲筴湖排污口底栖生物群落种类丰度(N)和生物量(M)复合K-优势度曲线

区, 有机质含量较高, 表层沉积物中的含量达 1.5% 左右. 流场模拟分析, 自建筑筲筴湖海堤后, 沿厦鼓海峡厦门岛一侧至筲筴湖南, 平均每秒流速减小 15 cm 以上, 厦鼓海峡中部及筲筴湖口至嵩鼓海峡鼓浪屿一侧的大片海域, 每秒也减少 10 cm 以上, 由此减慢了污染物的扩散, 加剧了泥沙和沉性污染物的淤积. 虽然, 随着离排污口距离的增加, 污染浓度梯度逐渐减小, 但对附近的海域仍有影响. 离排污口水域较近的测站 51, 丰度生物量的

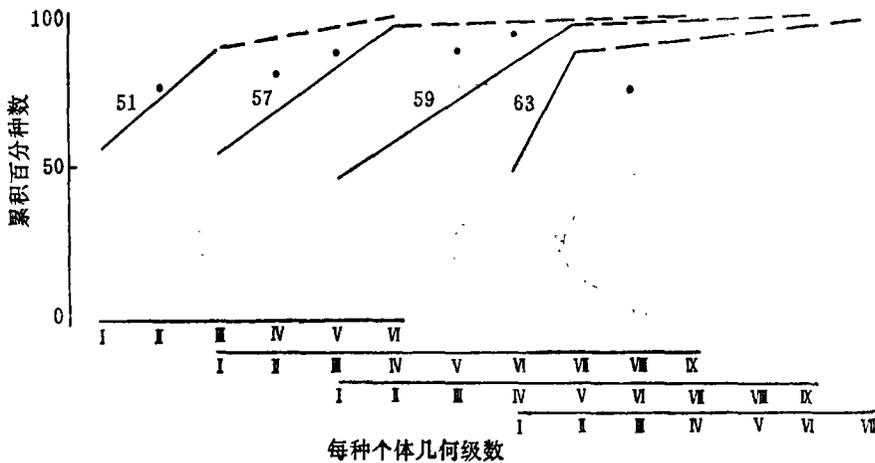


图3 筲筴湖排污口种内个体对数正态分布

复合K-优势度曲线也相互交叉, 两曲线间的差异消失, 证明底栖生物群落结构受到中度的扰动.

该群落中, 一些食沉性和滤食有机碎屑的小型底内种类大量繁殖, 发展成为主要的优势种, 如特征种尖喙小囊蛤, 在站 57 和 59 分别占总密度的 85.4% 和 89.2%, 在站 63

占总密度的 69.5%，而该种在 1962 年调查时未出现。

ABC 法与种内个体对数正态分布所获得结果是一致的。在站 57、59 和 63，种内个体对数正态分布的曲线明显折断，个体几何级数高达 VII—IX 级，跨度大斜率小；离排污口水域较近的站 51，线条也折断，所不同的是级数跨度略小些（图 3）。因此可认为，筲箕湖排污口附近水域受到中度的污染，底栖生物群落结构受到一定的扰动。

（二）宝珠屿水域群落

该群落以特征种拟特须沙蚕 (*Paralacydonia paradora*) - 亚热带杂毛虫 (*Poecilochaetus paratropicus*) - 锥虫为代表构成。其特点是多毛类种类比率高达 50%，多毛类栖息密度占总密度的 51% 以上。

站 34、25、40 和 27 位于西港顶部宝珠屿一带水域。由图 4 可看出，站 34 和 25 丰度和生物量曲线分别在尾部交叉；站 40 丰度和生物量曲线两次交叉（图 4）。这说明以上 3 个测站水域遭到中度污染，底栖生物群落结构失去平衡。尽管站 25 与站 34、40 的底质类型有所不同，前者沙质泥后者粉沙质泥，但 ABC 法对不同的沉积物类型（砂、粘土和泥沙等）及不同深度生境中底栖生物变化的反应同样是敏感的。

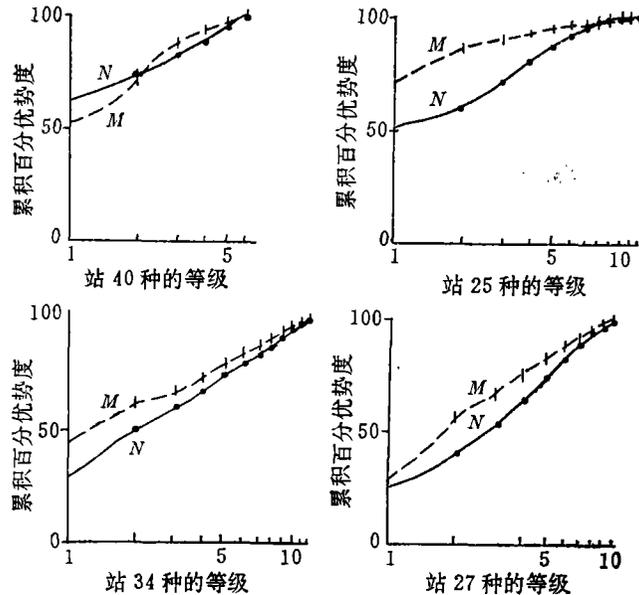


图4 宝珠屿水域底栖生物群落种类丰度 (N) 和生物量 (M) 复合K-优势度曲线

种内个体对数正态分布图形中，站 34、25 和 40 的个体几何级数 V—VI，线条均折断，且斜率小。这种情形与 ABC 法所反映的结果同样一致（图 5）。

站 34 位于宝珠屿西侧，马銮海堤外；站 25 位于宝珠屿北侧，杏林工业区附近；站 40 则位于宝珠屿东侧。由于高集海堤的筑建，杏林、马銮湾及筲箕湖大面积的围垦，使西港的纳潮量减少了约 $1.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，导致落潮流速减慢，该水域最大的涨落潮流速仅

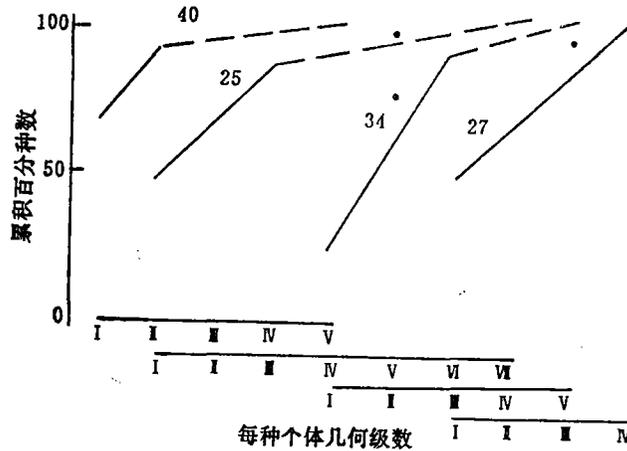


图5 宝珠岛水域种内个体对数正态分布

0.1—0.2m/s。同时，一般逆时针的余流绕宝珠岛旋转，加上南口底层余流不断流入，使沿岸大量来沙包括植被破坏由水土流失带来的泥沙不断淤积；由马寮、杏林工业区排出的污水污物，特别是沉性污染物在这种低能高速沉积环境中不易外泄，加剧了有害物质的积累。

该水域表层沉积物有机质含量为西港的最高区，有的测站高达1.95%。这种生境有利于某些以沉积物或有机碎屑为食的种类繁生。如拟特须沙蚕可达总密度的51%；在站34亚热带杂毛虫、拟特须沙蚕、锥虫和多鳃齿吻沙蚕 (*Nephtys polybranchia*) 占总密度的64.9%；在站25拟特须沙蚕、多鳃齿吻沙蚕和锥虫占了总密度的69.5%。而一些个体大、生命周期长的种几乎消失。

站27位于宝珠岛东侧，由于该站靠近海堤桥孔处，退潮时有一股“舌状流”伸入泻江，加强了水体交换，减轻了有害物质对生物的毒害。该站丰度生物量曲线交叉不明显。

因此可以认为，水动力条件的扰动和污染物压力的叠加作用是引起该水域生物群落变化的主要原因。

(三) 嵩鼓通道群落

该群落以尖喙小囊蛤 *Allopeas pyrgula* 为代表构成，主要种类还有双鳃内卷齿蚕 (*Aglaophanus dibranchis*)、纵带织纹螺 (*Nassarius variciferus*) 等。群落的重要特点是种内个体分布均匀，食沉性的底内动物多毛类比率低。

站76、77位于嵩屿与鼓浪屿之间水道，远离筲箕湖排污口。该处为西港潮流进出的主要通道，水体交换活跃。自筲箕湖海堤筑建后，这里底层余流向内不向外，加上九龙江水的抑制作用，沉性污染物难以至此并排出外海。

图6显示出，站76、77的丰度生物量曲线既不相交叉也不重叠，且生物量曲线一直位

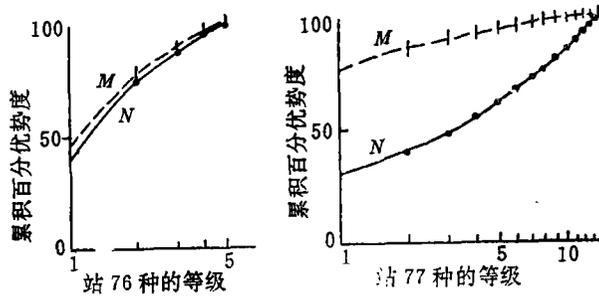


图6 嵩鼓水道底栖生物群落种类丰度(N)和生物量(M)复合K-优势度曲线

于丰度曲线的上方。这说明该处底质和水体相对健康，生物的生境较为稳定。种内个体对数正态分布图像显现出，两站的个体几何级数少(IV)，跨度小斜率大，线条不折断(图7)。群落中种类个体分布较均匀，其中栖息密度最大的尖喙小囊蛤和(*Allopeas pyrgula*)分别仅每平方米14和15个。

三、结 论

应用丰度生物量比较法结合对照种内个体对数正态分布分析表明，厦门西部水域筲筴湖排污口及宝珠屿一带水域受到中度的污染(扰动和压力)，底栖生物群落结构失去平衡。种类丰度生物量复合K-优势度曲线相互交叉且重叠，丰度与生物量优势度间不平衡降低，两曲线间的差异不存在；种内个体对数正态分布线条折断，个体几何级数跨度大，曲线斜率小。这反映了底栖生物群落的种类组成不稳定，大个体优势种消失，小个体生活周期短的沉积食性和有机碎屑食性的种类在种数和个体数占绝对的优势。多毛类的拟特须沙蚕、亚热带杂毛虫、多鳃齿吻沙蚕、锥虫在宝珠屿一带大多水域高达总密度的64.9%—69.5%；尖喙小囊蛤、锥虫和双鳃内卷齿蚕在筲筴湖排污口水域为主要优势种，其中尖喙小囊蛤占总密度的69.5%—89.2%。

厦门西部水域底栖生物群落变化的根本原因在于人为的污染，即扰动和压力。自高集海堤、马銮湾、杏林湾及筲筴湖海堤建成后，西港的纳潮量减少了近 $1.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 使落潮流速减慢，现宝珠屿一带水域最大落潮流速仅0.1—0.2 m/s。据估计宝珠屿一带水域，年平均淤积速率达15.8 cm，浅滩负5 m等深线每年向南推移大约10 m，高集水道宽度已减少100 m，深度减少5—6 m。筲筴湖排污口水域，流场虽未改变而流速减小了15 cm/s以上。筲筴湖海堤还改变了嵩鼓海峡底层余流的方向，使原向湾外的底层余流转向湾内，阻止湾内泥沙和沉性污染物向外搬运，加剧了湾内污染物的累积。位于嵩鼓海峡的站76、77，因较远离污染源，该处水体交换活跃，底物栖生物群落结构未表现出明显的扰动。站27由于

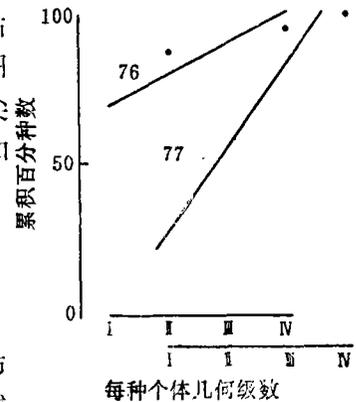


图7 嵩鼓水道种内个体对数正态分布

靠近高集海堤,海堤桥孔下有一股余流自西港涌向浔江,被污染的海水经桥孔以一明显的“舌状”伸入浔江,所以减轻了该处环境的压力,生物群落结构也未呈明显的变化。因此,填海筑堤所引起的海洋生境的扰动是西港水域底栖生物群落变化的一个潜在因素。

生物群落变化的另一原因,可认为是有机污染所造成的压力。马銮、杏林工业区排放的污水污物,在宝珠屿一带低能高速率沉积的环境中不易外泄和稀释,且有一股逆时针的余流环绕宝珠屿旋转,加剧了有害物质的累积,使该水域表层沉积物有机质含量为西港最高区,个别测站有机质含量高达1.95%。属弱还原区。筲箕湖是厦门市区的纳污坑,也是排污口水域主要污染源。市区10多个重要工厂排放的Cu、Zn、Pb等重金属元素含量和污水等有机污染物也倾倒流注于此。排污口的污物随潮流稀释扩散,且因排污口正面鳃尾礁附近有一逆时针的环余流,污物可作较长时间的滞留沉积,故该处表层沉积物有机质含量也高达1.5%,同样属弱还原区。这种生境自然有利于食沉性及滤食有机碎屑种类的大量繁生,而一些个体大、寿命长的优势种几乎消失。

以上结果分析表明,ABC法能较客观地反映出海洋环境污染对底栖生物群落结构的影响,与种内个体对数正态分布所获得结果较吻合。当然,ABC法的意义仍需在实践中不断加以检验。

参 考 文 献

- [1] Warwick, R.M., A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities, *Mar. Biol.*, 92 (1986), 557—562.
- [2] Warwick, R.M., T.H. Pearson and Roswahyumi, Detection of pollution effects on marine macrobenthos: further evaluation of the species abundance biomass method, *Mar. Biol.*, 95 (1987), 193—200.
- [3] Lamshead, P.J.D., H.M. Platt and K.M. Shaw, The detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity, *J. Nat. Hist.*, 17 (1983), 859—874.
- [4] Lamshead, P.J.D., Sub-catastrophic sewage and industrial waste contamination as revealed by marine nematode faunal analysis, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 29 (1986), 247—260.
- [5] Warwick, R.M., The level of Taxonomic discrimination required to detect pollution effects on marine benthic communities, *Mar. Poll. Bull.*, 19 (1988), 6:259—268.
- [6] Gray, J.S. & F.B. Mirza, A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities, *Mar. Poll. Bull.*, 10 (1979), 142—146.
- [7] Gray, J. S., Detecting pollution-induced changes in communities using the log-normal distribution of individuals among species, *Mar. Poll. Bull.*, 12 (1981), 173—176.
- [8] Bondorff E. and V. Koivisto, The use of the log-normal distribution of individuals among species in monitoring zoobenthos in the Northern Baltic Archipelago, *Mar. Poll. Bull.*, 13 (1982), 9:324—327.
- [9] 李荣冠, 江锦祥, 厦门西部海域大型底栖生物群落变化, 台湾海峡, 9 (1989), 2:144—149.