

长江河口水环境的生物监测

Biological Monitor of Water Environment at the Mouth of the Changjiang River

郭沛涌 沈焕庭

(华东师范大学河口海岸国家重点实验室

上海 200062)

河口是河流与海洋相互作用的区域,根据河流与海洋情势的相对优势,一般将河口区分成近口段、河口段和口外海滨3个区段。河口区对环境因子的变化的反应与河流和海洋均有差异,具有自己的特殊性。另一方面,河口在人类生存与发展过程中起着非常重要的作用,河口区往往是人口密集、经济发达地区,因此,对河口区水环境的关注具有十分重要的意义。

长江河口是世界大河口之一,我国最大的工业城市上海处于长江河口区,频繁的人为活动对长江河口水环境有深刻的影响。因此,探讨人为因子对长江河口水体的影响,并将污染物、水质和生物诸因素综合考虑,特别注意水生生物本身对水环境变化的反应,为水环境保护与管理提供更科学有效的信息,是长江河口区经济可持续发展的重要课题。

一、长江河口的自然概况

长江河口是一个丰水、多沙、中潮、有规律分叉的三角洲河口。上自安徽大通下至水下三角洲前缘为长达700km的河口区。根据动力条件和河槽演变特性的差异,长江河口区可分成3个区段:大通至江阴,长约400km,为近口段;江阴至口门,长约220km,为河口段;自口门向外至30~50km等深线附近,为口外海滨。长江河口三级分叉、四口入海,江面宽阔。长江河口水量丰沛,最大流量为 $92\ 600\text{m}^3/\text{s}$,最小流量为 $4\ 620\text{m}^3/\text{s}$,年平均流量为 $29\ 300\text{m}^3/\text{s}$,年径流总量为 $9.21\times 10^{11}\text{m}^3$ 。径流量有明显的季节变化,5~10月为洪季,占全年的71.7%;11~4月为枯季,占全年的28.3%。长江河口是中等强度的潮汐河口,河口浅海段受非正规半日潮的影响,进潮量巨大,在径流和潮流的作用下,致使沙岛涨坍分合剧烈,河势演变复杂。长江河口北支盐水入侵距离比南支远,盐水入侵枯季一般可达北支上段和南支中段;洪季一般可达北支中段,南支在拦门沙附近。在长江河口河水与海水经常交汇、径流与潮流相互抗衡的地带发育成最大浑浊带。最大浑浊带对河口泥沙特别是细颗粒泥沙的聚集和沉降起着十分重要的作用,它在河口“过滤器”效应中扮演重要角色。

二、若干人为因子对长江河口水质的影响

长江河口区是我国工业最发达的地区之一,每天都有大量工业和生活污水排入河口沿岸水域,造成局部江段水体污染。除营养盐、悬浮物和一些化学组分在排污口附近出现异常值外,总体来讲,长江河口多数水质指标尚属正常。这是因为长江河口水面宽阔、夏季径流强、污染物稀释快,该水域具有较大的环境容纳量。但随着工农业的发展,排入长江河口的污染物总量也不断增加,一旦超过水体的自净能力,即超过水体对污染物的环境容纳量,必将对水生生物和河口区人民身体健康产生危害。因此,必须加强排污口附近水域的水质监测,尽量减少河口区排污量,排污前必须经过适当的水质处理。由于河口最大浑浊带的絮凝体对污染物具有较强的吸附作用,其生化过程活跃、水体自净能力强,对污染物的环境容纳量相对较大,因此,污水应尽量排放于长江河口的最大浑浊带。

长江河口航道自1975年起先后对南、北槽航道进行疏浚维护,并在长江河口选划出5个倾倒区。据对倾倒区水质调查发现,DO、PH、COD均没有超标。但是油类有个别站位超标,最高值达 $0.859\text{mg}/\text{dm}^3$ 。营养盐是调查水域的主要污染物,各区水质均达到富营养或超营养状态。各区沉积物的有机质和重金属浓度大多数有超标现象。比较倾倒区使用前、后环境状况,尽管水质中DO、PH、COD、油类和Cu值无明显变化,但营养盐超标会使水质恶化,影响渔业生产,危害人体健康。而各区沉积物重金属浓度超标现象则反映有害物质在沉积中的累积,并有可能通过底栖动物进入食物链,最终对人类造成危害。以Hg为例,Hg由消化道进入人体后迅速被吸收并随血液转移到全身各个器官和组织中去,引起动作失调、精神混乱,直至死亡。因此,对重金属污染的控制是疏浚过程中值得注意的问题。

随着工业、农业的发展,化工原料多氯联苯(PCBs)和有机氯农药(BHC、DDT)得到广泛应用,其优良的热稳定性和难分解性使其成为重要环境污染物,通过雨水随江河流入海洋。冬季长江河口水体的PCBs含量为 $1.08\sim 8.22\text{mg}/\text{dm}^3$,在一个潮周期里,低潮期和中间潮PCBs、BHC和DDT含量大于

高潮期。从长江河口向南水体中 PCBs 含量逐渐降低,这表明有机污染受到长江中淡水的影响。在夏季长江河口水体中 PCBs、BGC 和 DDT 表层含量稍高于次表层。长江河口区水体中 BHC 和 DDT 主要来自陆地农田。一般来说,很多有机物可通过生物降解,最终分解为 CO₂ 和水,但上述有机污染物很难被生物降解,例如 DDT,它具有很强的亲脂性,通过食物链的逐级放大作用在各级消费者体内富集,在人体内可引起性激素失衡。因此,尽管长江河口水体多氯联苯等有机污染物含量尚不高,但其潜在的危害不容忽视。

近年来,由于长江流域农田施肥、城市生活污水和工业废水的增加,使长江河口营养盐含量大量增加。营养盐主要指氮、磷、钾等的化合物,它们是植物、微生物生长的重要营养物质。营养盐输入河口区,可使该区的初级生产力增加,进而提高渔业产量。但营养盐含量过高,往往会改变水体的运行机制,使溶解氧在水体上层处于饱和状态,下层处于缺氧状态,藻类大量繁殖,鱼类大批死亡。在营养盐中,含氮盐是非常重要的一类。上海市混合排海污水中溶解态氮合计每年约达 47 700 吨,约占长江年平均输入海的溶解态氮总量的 16%。上海南区排污工程扩建后使氮的排海量每年达 57 900 吨,约为每年长江溶解态氮入海量的 19%。排污、疏浚等均可使水体无机盐含量大量增加,而无机盐的大量增加是长江河口赤潮发生的重要原因。目前,大多数学者已达成共识,营养盐过量进入河口区的弊大于利。在河口区水污染中,营养盐污染已日益受到重视,如何有效控制河口区营养盐总量,并应用科学技术方法以及环境经济方法评价其价值是河口水资源可持续利用需解决的问题。

三、长江河口水环境的生物监测

人为因子在一定程度上使长江河口水环境受到影响,并使水质状况发生改变。长期以来,对于长江河口水质状况的监测更多地强调物理与化学监测,但理化监测方法再先进、仪器再精密,也只能测出有毒物质浓度,而无法测出毒性强度,后者只能通过生物监测获得。由此可见,生物监测是长江河口水环境监测必不可少的重要方面。

1. 细菌对长江河口水质污染的指示作用

长江河口区是渔业生产的重要基地。养殖生物常被许多致病细菌、微生物感染,而人食用后会引发中毒,并可造成大范围的疾病流行。因此,对长江河口区水体菌群进行调查研究具有重要的现实意义。在细菌监测中,大肠菌群用作水质粪便污染的指示菌,已有 80 多年的历史,目前世界各国仍在继续应用,河口水体中大肠菌群是水质污染的重要指标之一。国内外对河口、港湾、沿岸水域和某些经济性养殖场等水域大肠菌群的调查研究,一直受到普遍重视。胡锡钢等通过对长江河口区(北纬 31°~31°28',东经 124°以西)大肠菌群的调查研究,发现不同站位的表层海水中粪大肠菌群数变动较大,每升海水中其密度波动在几个至数百个之间。而在沿岸水系和外海水的交汇处,通过海流和海浪的混合作

用,易把底层营养物质和细菌带到上层水体中,造成粪大肠菌群和异养细菌数量增多。近年来,水体细菌检测技术也在不断更新,特别是流式细胞术的应用,不仅为深入研究水环境微食物网提供了条件,也为深入研究河口区细菌与环境的关系提供了必要的手段。流式细胞仪主要由液流系统、光学检测系统和信号处理系统组成。水体中的泥沙、有机碎屑、细菌等其表面及内部结构、理化性质均不同,在激光激发下,会产生不同波长和强度的散射光与荧光,而光强度又与其相应的生化物质含量成正比,这是流式细胞术获取特定信息的基本原理。流式细胞术集中了现代流体力学、激光光学、精密机械电子及计算机等各种先进技术,可以对各种细胞群体进行快速、实时及多参数测定。20 世纪 80 年代中期以来,国际上开始把流式细胞术应用于海洋浮游生物的研究,但这种技术的应用尚处于起步阶段,尤其是在河口微型浮游生物生态研究中更是空白。目前,我们对流式细胞术进行了初步探索,以期能尽快将该技术应用于河口超微型生物与环境的研究中,从而推动有关研究领域的发展。

2. 浮游动物对长江河口水质污染的指示作用

浮游动物中的许多类群例如轮虫,虽然大多数是世界广分布种,但对水质很敏感,特别是对有机物的含量和 PH 值的大小,因而它可做水质的指示生物。调查发现,长江河口区记录轮虫 13 种,这 13 种在淡水区都有,仅有 3 种在咸淡水区,盐度高于 18 的水域未发现轮虫。除微凸镜轮虫在内陆水域是营底栖生活外,其他 12 种几乎都是营浮游生活。在这 13 种轮虫中,对盐度适应性强的种类,即可分布到咸淡水区,但没有发现真正的海洋轮虫。应该指出,关于通过浮游动物对长江河口水质污染的监测研究,目前尚处于基础资料积累阶段,许多重要浮游动物如枝角类、桡足类等许多种类对水质变化敏感,但长江河口这些生物与水质相关性研究至今尚属空白。因此,将浮游动物与水质直接相联系进行调查分析,是以后工作的一个重要方面。在通过浮游动物对水质监测方面,应强调较高分类单元即种群、群落水平。而监测生物没有必要都鉴定到种,因为一方面鉴定易产生误差;另一方面费时、费力、费资金。在种的水平上,应更强调优势种,因为优势种决定群落结构的主要特征,浮游动物群落结构和功能的时空变化客观反映了水体水质的时空变化。因此,优势种作为稳定的指示生物在水质监测中具有合理性。在河口区,由于环境因子在物理、化学、水文上作为时间和空间的函数而急剧变化,环境条件严酷,生物种类和数量都较少。因此对河口区特殊生态系具有指示作用的优势种就具有重要意义。

3. 生物富集的监测对长江河口水质污染的指示作用

生物富集是指生物从食物、水、沉积物以及其他途径中摄取并保留化学污染物过程的综合。通常水质化学分析所测的浓度只能代表监测污染物排放时的污染状况。而生物体内污染物的残留含量,说明本水域受污染的时间尺度上的变化过程。因为生物积累需要一段时间,鱼类残毒分析结果能反映较大面积水质和底质的污染状况。长江河口生物体内的污染物残留量各有高低,在体内积累水平

(mg/kg 鲜鱼) 比较, 得出下列顺序: $Zn > Cu > Pb > DDT > Cr > \text{六六六} > Hg$ 。3 种毒害较大的元素积累水平: $Pb > Cr > Hg$, 其中 Pb 的污染最严重, 它的积累最高平均值大大超过食品卫生法所规定的限制值。 Cr 、 Hg 污染的水平虽没有超标, 但已处于临界数量级。 DDT 的污染比六六六严重, 污染水平较高。生物残毒监测结果反映了被调查水域的生态环境污染状况, 包括水质、生物体、底质已长期受 7 项污染物包括有机氯农药、 DDT 、六六六和重金属 Cu 、 Pb 、 Zn 、 Cr 、 Hg 的普遍污染。实用贻贝和牡蛎在长江河口区分布广泛, 对重金属等污染物的积累能力强, 适宜作为指示生物监测水质。经过对这两种经济贝类的重金属等污染物含量进行调查研究, 结果发现: 长江河口及以南沿岸海域贝类中 Hg 、 Cu 、 Pb 、 Zn 、 Cd 、 Cr 、 As 的积累量相差悬殊, Zn 含量最高, 其次为 Cu , 最低为 Hg , 比锌含量约低 4 个数量级。不同生物种类的各种重金属元素含量次序略有变化, 但 Zn 的含量总是最高的、 Hg 的含量总是最低的。这与上述调查结论是一致的, 从而进一步证实了生物残毒分析法在长江河口重金属监测中的有效性, 同时, 为有关污染防治指明了方向。应该注意的是生物富集因种不同而有相当大的选择性, 因此, 生物富集研究应多考虑几个品种, 应特别考虑对特定污染物的感受性强、积累速度特别大的生物; 而对食物链各级生物的监测, 则可以了解污染物向高级营养水平的传递过程。

4. 赤潮生物与环境因子的变化

近年来, 东海海域的赤潮频繁发生, 给该海域的渔业生产等造成巨大损失。赤潮发生时浮游动物、鱼类饵料明显减少, 从而造成养殖鱼类大量死亡。一些赤潮生物还能产生毒素, 随着食物链在鱼、贝体内积累, 当人食用含有毒素食物后, 就会中毒甚至死亡。对赤潮发生现象及机理的研究, 已成为该海域水生态及环境研究的重要内容。据统计, 长江河口及其附近海域引发赤潮发生的生物主要有: 束毛藻、角藻、菱形裸甲藻、筒裸甲藻、夜光藻、海洋原甲藻、菱形藻、中肋骨条藻, 其中以夜光藻和中肋骨条藻引发的赤潮最为常见。研究发现, 赤潮发生时表层水体的平均水温、 DO 、和 PH 值分别增加, 而盐度下降; 营养盐都呈下降趋势, 降幅最大的是磷酸盐, N/P 值急剧上升; 随着赤潮消亡, 营养盐浓度大都很快恢复正常。一般认为, 高温低盐水体有利于赤潮的发生。 DO 和 PH 的异常波动同浮游植物活动特点有关, 浮游植物快速繁殖时, 吸收大量的 CO_2 并相应放出 O_2 , 致使海水的 DO 和 PH 同时增大。因此, 观察正常水域 DO 和 PH 变化有助于判断浮游植物赤潮的发生消亡。赤潮的发生是多种因子综合作用的结果, 既包括水温、光照、营养盐等物化因素, 又包括生物捕食与被捕食生物活性物质的产出与数量等生物因素。赤潮的发生有其内在复杂的机理, 并具有特定的时间性和区域性。长江河口气象、海况复杂, 人为因子影响大, 这更增加了赤潮发生的不确定性。因此, 对长江河口赤潮生物与环境因子的关系的研究还有待进一步加强, 如赤潮生物对微量元素、维生素的要求, 细菌对赤潮形成的作用等。

四、长江河口水环境生物监测应注意的几个问题

1. 一定时期以来, 由于受人为与自然因素的影响, 长江河口生态系统组成成分及群落结构发生了很大变化。根据短期内的生物调查资料监测评价水质, 仅能反映当时水环境状况, 而水质的长期变化趋势还需要动态研究才能得出正确结论。通过对长江河口数十年生物群落结构、种类组成等的动态比较研究, 可发现水环境演化规律, 揭示生物与水环境的密切关系, 从而对水质状况有更清晰、正确的认识。近年来, 数学分析在水环境监测中日益受到重视, 随着计算机技术的进步以及生物监测理论与实践的发展, 选择生物群落结构与功能的适宜参数建立数学模型, 是进一步提高生物监测水平的一个方面。

2. 许多环境因子如温度、光、盐度等也可引起生物群落的变化, 但生物群落正常的昼夜与季节变化与人类活动引起的污染效果是不同的, 如何区分长江河口生物群落、季节、日周期变化与人为污染造成的效应是需要解决的一个难题。

3. 长江河口生物监测之所以研究尚少, 一方面因为生物监测费时、费力, 另一方面生物种类鉴定上要求具备一定的生物学知识与训练, 这限制了它在常规监测中的应用。因此, 常规监测亦可只要求鉴定以形态差异为主的分类学上的种, 有些也可用属、科或类群代替。

综上所述, 从有关化学指标来看, 人为因子对长江河口水质的影响尚限于局部。但值得注意的是在水环境中, 许多化合物和潜在的污染物质所产生的有害生物效应浓度往往是现有的分析手段无法测出的。它们常以混合状态存在于水体中, 且相互作用产生综合污染。当不同污染因子同时作用于生物时, 又可产生相加、相乘或拮抗作用, 使生物受害程度较单因子作用加重或减轻。因此, 必须将污染物、水质、生物诸因素综合在一起, 才能提供有效的水环境管理信息。从生态学观点出发, 生物与环境的统一, 是生物与环境相互作用的结果。水环境决定了生物种群或群落结构特征; 反之, 生物的个体、种群或群落的变化, 可以客观反映出水体质量的变化规律。据上述原理, 长江河口水环境的生物监测是有效的、科学的, 且具有化学监测不可替代的作用。长期以来, 对长江河口水环境的关注更多集中于化学指标, 对生物在水环境中的监测作用研究尚显不足。而在淡水、海水生物与水质关系研究中, 我国学者已进行了一些理论与方法上的探索, 取得了一些成果。河口区有关方面的工作, 可借鉴已有的经验并结合自身特点开展研究。长江河口区是我国重要的工业、渔业基地, 在我国国民经济中占有举足轻重的地位, 只有保证长江河口水域水质良好稳定, 才能保证该地区经济的可持续发展。因此, 加强长江河口水质监测, 特别是生物监测, 就具有十分重要的意义。

(删去中文参考文献 31 篇、外文参考文献 7 篇)

(责任编辑 肖庆山)