

综述

我国沿海水域的主要污染问题及其对 海水增养殖的影响

THE EFFECTS OF MAJOR POLLUTIONS ON MARICULTURE AND FISHERY RESOURCE ENHANCEMENT ALONG THE COASTAL WATERS OF CHINA

贾晓平 蔡文贵 林 钦

(中国水产科学研究院南海水产研究所, 广州 510300)

Jia Xiaoping Cai Wengui Lin Qin

(South China Sea Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300)

关键词 水域污染, 海水增养殖

KEY WORDS Water Pollution, Mariculture and fishery resource enhancement

我国大陆海岸线长 180 00 多公里, 沿岸 10 米等深线以内浅海和滩涂面积 980 多万公顷(未包括台湾省), 可供海水养殖的浅海滩涂面积 130 多万公顷。近 10 多年来, 我国海水养殖业发展十分迅速, 1984 年海水养殖面积 24.2 万公顷, 产量 63.8 万吨; 1995 年海水养殖面积达 71.58 万公顷, 产量 412.29 万吨, 传统的水产养殖业正由小规模、分散经营向规模化、集约化和高档化发展。我国沿海重要的海水养殖区大多分布于沿海港湾和河口附近水域, 这些水域也是沿海陆源污染物和海上排污的主要接纳场所。随着沿海经济的迅速发展, 大量工业废水和生活污水排入海, 据统计, 直接排入海的废水量达 80 亿吨以上^[1], 另外, 富含营养物质的农业污水也随地表径流进入沿海水体, 致使局部海域水质恶化, 生态平衡受破坏, 水产增养殖受到影响。

1 沿海增养殖水域的主要污染问题

近 10 年来的调查和监测表明, 就总体而言, 我国沿海水域的环境质量良好, 但局部水域已受到一定程度的污染, 其中, 一些河口、海湾以及毗邻大中城市和重要工业区的增养殖水域污染比较严重。根据“全国海洋环境监测网”和“农业部渔业环境监测网”对我国沿海环境质量 10 年监测的结果^[2], 沿海水域的主要污染问题是石油污染、重金属污染、有机污染和富营养化(氮、磷等营养盐)。

1.1 石油污染 石油污染一直是我国沿海最严重的污染问题之一, 1985 年以来的监测数据表明^[2], 南海沿海水域的污染较严重, 历年浓度均值都接近甚至超过渔业水质标准($0.05\text{mg}/\text{dm}^3$), 东海和黄海次之, 渤海较轻。石油污染较重的水域是长江口、珠江口、大连湾、胶州湾、北部湾东部、海南岛东侧和西侧沿岸。

1.2 营养盐(氮、磷) 无机氮是我国沿海近年来污染趋势明显加重的一类污染物^[2]。1985 年只有东海近海水体中无机氮平均浓度超过一类海水水质标准($0.1\text{mg}/\text{dm}^3$), 1989 年南海近海的平均浓度也超标, 而 1991 年渤海、黄海、东海和南海水域的无机氮平均浓度全部超标, 大面积海域受到污染。其中, 尤以长江

收稿日期: 1996-06-24。

口、珠江口、大连湾、胶州湾、辽东湾北部、渤海湾西部水域最为严重,浓度接近或超过三类海水水质标准($0.3\text{mg}/\text{dm}^3$)。

我国沿海活性磷酸盐含量也呈上升趋势^[2],东海污染比较明显。1985年以来除个别年份外,活性磷酸盐平均浓度均超过一类海水水质标准($0.015\text{mg}/\text{dm}^3$),而其余海区历年的平均浓度一般不超标,但有10~20%的测站超标。污染比较明显的是长江口、杭州湾、珠江口、辽东湾北部、渤海湾西部等水域。

1.3 有机污染 除沿海主要排污口附近海域外,我国沿海大部分水域有机污染目前尚不严重(以COD为表征),但各海区COD平均含量均呈上升趋势^[2],大多已接近甚至略超过 $1\text{mg}/\text{dm}^3$ (渔业水质标准为 $3\text{mg}/\text{dm}^3$)。大连湾、胶州湾、长江口、杭州湾、珠江口是有机污染比较明显的水域^[2]。

1.4 重金属污染 我国沿海水域受重金属污染的范围,目前主要限于沿岸局部海区,以排污口附近污染比较严重,表现为重金属在底质中的积累,例如锦州湾底质中汞、铜、锌、铅和镉,胶州湾的铬、铅和镉,长江口的铜和铅,珠江口的铜、铅和镉,大连湾的砷和锌均已不同程度地超过环境标准允许的含量^[2]。

2 沿海水质污染对海水增养殖的影响

2.1 石油污染的影响 石油污染对沿海水产增养殖的影响主要有:引起增养殖生物急性中毒死亡、延缓生物的生长发育、生物体内石油烃积累、水产品沾染异味。沿海增养殖生物和海洋生物资源急性中毒死亡主要由海上事故性溢油、滨海浅海油田排污和沿岸高浓度含油废水排放引起。海洋生物早期生命发育阶段是其生命周期中对石油污染最为敏感的阶段。80年代中期以来,我国学者对主要海水增养殖种类的石油急性毒性效应进行了一系列研究^[3-7]。其中,贾晓平等^[6,7]系统地测定了南海原油、20号柴油和0号柴油对海洋鱼、虾、贝类的急性毒性,3种油类对4种仔鱼的96h LC_{50} 值范围分别为 $5.89\sim 9.12\text{mg}/\text{dm}^3$, $3.16\sim 8.51\text{mg}/\text{dm}^3$ 和 $0.28\sim 3.47\text{mg}/\text{dm}^3$;对4种仔虾的96h LC_{50} 值范围分别为 $2.40\sim 4.09\text{mg}/\text{dm}^3$, $0.72\sim 3.02\text{mg}/\text{dm}^3$ 和 $0.17\sim 0.95\text{mg}/\text{dm}^3$;而南海原油和0号柴油对3种海洋经济贝类的96h LC_{50} 值范围分别为 $4.17\sim 10.2\text{mg}/\text{dm}^3$ 和 $1.41\sim 6.46\text{mg}/\text{dm}^3$ 。自70年代初,我国沿海发生100吨级以上溢油事故100多起,入海原油和燃料油达2万吨以上^[2],对海洋生物资源和沿海增养殖业造成了巨大损害。例如,1985年5月11日巴拿马籍“海利”号货轮在温州海域海损事故中沉没,溢油250吨,油污染面积约3500平方公里,导致沿海养殖的鲍鱼、贻贝、海参、海带、紫菜等大量死亡,直接经济损失数千万元^[3],其影响周期持续数月甚至数年。

石油污染对增养殖种类生长发育影响效应的研究,近10年来在我国受到高度重视,取得良好进展:吴彰宽等^[8]报道,胜利原油对中国对虾受精卵及幼体的毒性影响次序为蚤状幼体>糠虾幼体>无节幼体>受精卵,其对上述各发育阶段幼体影响的最低浓度分别为0.1、1.8、3.2和 $5.6\text{mg}/\text{dm}^3$ 。当油浓度为 $0.07\sim 0.12\text{mg}/\text{dm}^3$ 时,蚤状幼体的变态率为50%,而当油浓度为 $0.32\text{mg}/\text{dm}^3$ 时,变态率几乎为0。贾晓平等^{**}对南海原油、0号柴油和20号柴油对斑节对虾受精卵和幼体发育影响效应的研究结果与上述结果相似,所不同的是,这几种油类在更低的浓度时即抑制蚤状幼体变态并导致死亡。当胜利原油浓度为 $3.2\text{mg}/\text{dm}^3$ 时,真鲷仔鱼的孵化率下降,初孵仔鱼的畸形率和死亡率明显增加,而浓度为 $5.6\text{mg}/\text{dm}^3$ 时,牙鲆初孵仔鱼的畸形率和死亡率明显增加,并且,这两种存活仔鱼的健康状况很差^[5]。吴贤钧等^[3]指出,海水中20号柴油浓度高于 $0.032\text{mg}/\text{dm}^3$ 对黑鲷仔幼体的生长速度有明显抑制。对于海湾扇贝幼体,海水中油浓度达到 $1.0\text{mg}/\text{dm}^3$ 可显著地抑制其生长,只有少数幼体发育到壳顶期,大多数停留在直线交合期而不能正常生长发育、变态^{***}。

局部海区水域石油污染不可避免地污染栖息于其间的海洋生物和增养殖生物,其体中石油烃含量将不断积累,当石油烃积累到一定含量时,可使生物体带有异味,即为“油味生物”。文献中曾经报道^[26-28],

* 贾晓平等,1997。南海原油和燃料油对仔虾和仔鱼的急性毒性试验。热带海洋(待刊)。

** 贾晓平等,1995。原油和燃料油对对虾受精卵及幼体发育的影响,中国海洋湖沼化学学会学术研讨会论文,(西宁)。

*** 林庆礼等,1991。浅海滩涂石油勘探开发对渔业影响的评价,黄海水产研究所研究报告。

海水中石油浓度达到 $0.01\text{mg}/\text{dm}^3$ 时在较短时间内能使鱼贝致嗅。我国学者近几年的研究表明^[3,9], 20 号柴油对中国对虾和文蛤的致嗅阈限浓度分别为 $3.6\mu\text{g}/\text{dm}^3$ (5d) 和 $3.9\mu\text{g}/\text{dm}^3$ (7d); 胜利原油对中国对虾、鲈鱼、毛蚶、文蛤的阈限值分别为 $9.4\mu\text{g}/\text{dm}^3$ (9d)、 $9.2\mu\text{g}/\text{dm}^3$ (8d)、 $8.9\mu\text{g}/\text{dm}^3$ (10d) 和 $30.0\mu\text{g}/\text{dm}^3$ (9d)。1989~1993 年对南海北部水域 58 个测站的水生经济种类石油烃含量调查结果表明****, 所有样品均检出石油烃, 其中鱼类的含量范围和平均值分别为 $0.06\sim 3.0\text{mg}/\text{kg}$ 和 $0.98\text{mg}/\text{kg}$ (湿重, 下同), 甲壳类 $0.11\sim 6.03\text{mg}/\text{kg}$ 和 $1.46\text{mg}/\text{kg}$, 头足类 $0.28\sim 4.52\text{mg}/\text{kg}$ 和 $1.83\text{mg}/\text{kg}$, 贝类 $1.55\sim 19.0\text{mg}/\text{kg}$ 和 $8.54\text{mg}/\text{kg}$ 。而渤海湾 33 个测站的调查结果显示^[10], 鱼类石油烃含量的范围和平均值分别为 $1.9\sim 20.2\text{mg}/\text{kg}$ 和 $4.55\text{mg}/\text{kg}$, 甲壳类 $2.64\sim 13.41\text{mg}/\text{kg}$ 和 $7.31\text{mg}/\text{kg}$, 头足类 $4.50\sim 8.90\text{mg}/\text{kg}$ 和 $6.45\text{mg}/\text{kg}$, 贝类 $4.12\sim 11.12\text{mg}/\text{kg}$ 和 $8.45\text{mg}/\text{kg}$ 。上述数据表明, 我国沿海海洋生物和增殖种类绝大部分样品的石油烃含量在文献^[20]报道的正常含量水平, 但有部分采自河口、港湾和毗邻城市水域的样品石油烃含量偏高, 其中以南海北部沿海滩涂和浅海养殖牡蛎的石油烃含量相对较高, 且有逐年升高的趋势。大连湾、胶州湾、长江口、厦门港、珠江口、镇海湾和湛江港水域均有油味生物出现, 在一段时间内局部水域水产品质量严重下降, 甚至某些水产品完全丧失经济价值。

2.2 重金属污染的影响 我国沿海重金属污染虽然仅限于毗邻工业集中和发达区域的小范围水域, 但陆源重金属污染物已对某些重要增殖水域和增殖生产造成严重危害, 其中, 对鱼虾人工育苗、放流增殖幼苗的生长发育及水产品质量的影响是比较突出的。

海水中重金属浓度达到一定范围时, 对对虾各期幼体有不同程度的影响。袁有宪等^[11,12]指出, 痕量水平的离子态铜 ($10^{-10.50}\sim 10^{-8.50}\text{mol}/\text{dm}^3$) 对对虾卵子发育及无节幼体生长是必需的, 但浓度大于 $10^{-7.5}\text{mol}/\text{dm}^3$ 时产生毒性; 中国对虾各期幼体对铜、锌、铅、镉离子的综合影响的敏感顺序为无节幼体 > 溞状幼体 > 糠虾幼体 > 仔虾, 当海水中上述 4 种重金属离子浓度各为 $15\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 时, 对无节幼体到溞状幼体和溞状幼体到糠虾幼体的变态有抑制作用; 而各离子浓度达 $60\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 时, 对各期幼体都有明显危害。吴影宽等^[4]的试验显示, 海水中汞、铜和锌的浓度分别为 0.01 、 0.10 和 $0.1\text{mg}/\text{dm}^3$ 即显著地影响中国对虾受精卵的发育和无节幼体的成活率, 仔虾对上述 3 种重金属的 96hLC_{50} 值分别为 0.018 、 0.17 和 $0.3\text{mg}/\text{dm}^3$ 。陈碧鹏等^[13]和王安利等^[14]也报道了大体相似的结果。我国南方沿海养殖对虾总产量最大的种类为斑节对虾, 重金属铜、锌、镉、汞和铬对其急性毒性 (96hLC_{50} 值) 分别为 0.5170 、 1.3630 、 0.0197 和 $4.782\text{mg}/\text{dm}^3$ ^[15]。孙跃等^[16,17]对重要海水增殖鱼类黑鲷的重金属毒性效应研究结果表明, 黑鲷受精卵和前期仔鱼对重金属的敏感顺序为汞 > 铜 > 锌 > 铅, 初期仔鱼和脊椎形成前的卵对汞、铜、锌和铅都很敏感, 尤以对铜和汞为甚。铜对黑鲷受精卵、前、后期仔鱼和幼鱼的 48hLC_{50} 值分别为 0.098 、 0.13 、 0.57 和 $0.57\text{mg}/\text{dm}^3$ ^[16]。王小奉等^[18]指出, 海水中铜、镉浓度高于 $0.032\text{mg}/\text{dm}^3$ 时对黑鲷的孵化率、畸形率和活动能力有明显影响, 铜离子和镉离子对黑鲷鱼卵的 48hLC_{50} 值分别是 0.066 和 $0.86\text{mg}/\text{dm}^3$; 铜离子和汞离子对黑鲷仔鱼的 96hLC_{50} 值分别为 0.75 和 $0.062\text{mg}/\text{dm}^3$ 。海水中铜、锌、镉、铅浓度分别为 0.2 、 2.0 、 2.0 和 $1.0\text{mg}/\text{dm}^3$ 时, 即对牙鲆受精卵有延缓影响, 并导致孵化率降低和畸形率升高^[19]。铜、锌和镉对牙鲆胚胎和仔鱼的 48hLC_{50} 值分别为 0.48 和 $0.36\text{mg}/\text{dm}^3$, 6.55 和 $6.70\text{mg}/\text{dm}^3$, 9.01 和 $2.0\text{mg}/\text{dm}^3$ ^[19]。而汞、铜、镉和锌对真鲷仔鱼的 96hLC_{50} 值则分别为 0.004 、 0.07 、 0.27 和 $0.44\text{mg}/\text{dm}^3$ ^[20]。

我国近海海洋经济鱼类和海水养殖鱼类重金属残留量的多次调查结果表明^[21-23], 除某些河口、港湾和毗邻工业排污水域的少数底栖鱼类样品的某些重金属含量超标外, 其余均属正常水平。然而, 一些水域的滩涂养殖贝类或护养增殖贝类则受到重金属的明显污染。例如, 珠江口香洲湾牡蛎的铜和锦州湾毛蚶的铬超标; 温州湾、闽江口、广澳湾、唐家湾和北部湾大坑水域养殖牡蛎的锌超标; 而辽河口、锦州湾、连云港、唐家湾一带的毛蚶或养殖牡蛎的镉含量超标^[2]。1989~1993 年对南海北部沿海 14 个重要贝类养殖区的牡蛎或贻贝的连续监测结果显示, 生物体中汞、砷、铬、镍和铅的残留量呈下降趋势, 而镉和铜的含量则

**** 贾晓平等, 1993。南海北部重要渔业水域经济水产种类石油污染现状的监测与评价, 农业部渔业环境监测中心南海区监测站监测报告。

呈上升趋势,一些著名的牡蛎养殖场和育肥场已受到污染,牡蛎的生长、育肥受到影响,产品质量下降,产量和产值下滑。

2.3 有机污染和富营养化影响 近几年,由于沿海工业废水和生活污水大量排入海以及沿海大量富含营养物质的农业和水产养殖业污水的输入,导致我国沿海富营养化水域的范围和富营养化程度呈扩大和加重的趋势,某些海域的有机污染和富营养化相当严重,赤潮频繁发生,对海水增养殖、渔业生产和海洋生态环境带来严重影响。

赤潮是某些浮游生物在适宜的环境条件下爆发性增殖,从而引起海水颜色改变的一种生态异常现象,海水的有机污染和富营养化是赤潮发生的基础条件和关键因素。除赤潮生物外,反映赤潮的特征参数有:营养盐(尤其是氮、磷化合物)、叶绿素 a、铁、锰、维生素 B₁₂、促生素、盐度、水温、溶解氧、生化需氧量、pH、透明度等,赤潮发生还与气象和水文条件有密切关系^[24,25]。80 年代末以来,我国沿海赤潮发生呈上升趋势,由 1989 年的 12 起增至 1992 年的 50 起,此后赤潮发生次数开始减少,1994 年为 12 起。赤潮发生频率较高的区域为大连湾、胶州湾、长江口、杭州湾、象山港、舟山群岛、珠江口等水域,这与沿海有机污染和富营养化最严重水域的区域分布是相一致的^[1,2]。

赤潮对海洋渔业和增养殖业的主要危害是:(1)大量赤潮生物堵塞海洋生物呼吸器官,妨碍呼吸而窒息死亡;(2)赤潮生物尸体分解造成水体缺氧以及在贫氧状况下有机物分解释放的有害化合物引起海洋生物死亡;(3)某些赤潮生物分泌毒素使鱼贝类中毒死亡;(4)破坏海域生态平衡,恶化渔业水域环境,导致局部水域一段时间内海洋捕捞业和增养殖业衰退。尤其严重的是,一些赤潮毒素(如麻痹性贝毒、神经性贝毒、腹泻性贝毒、西加鱼毒)可在鱼贝类体内积累,如果不慎被消费者食用,轻则引起中毒,重则危及生命。

3 污染防治对策

3.1 综合规划、合理布局 沿海水域是当前经济开发的热点区域,这一区域的产业结构和布局正在发生重大的转变。这种转变对传统的渔业水域、渔业生产布局和渔业环境质量造成了日趋严重的影响。海洋渔业是我国海洋经济的支柱产业之一,海洋渔业的持续发展有赖于良好的渔业生态环境。因此,必须加强宏观调控,制定产业发展综合规划,区分海域使用功能,优化产业布局,协调渔业与其他产业发展的关系,从布局上尽可能避免其他产业对渔业水域的污染和影响,保证渔业水域环境质量和优良功能。

3.2 控制排污、加强治理 我国对污染物排放的控制已由浓度控制转向总量控制,工业废水和生活污水的处理率和达标排放率逐年提高。1992 年工业废水的处理率和达标率分别达到 68.6% 和 52.9%。然而,近年来的排污总量仍有增无减,并且在今后一段时间内污染物的排放量仍将呈上升趋势。另外,我国沿海的农业污水一直未能有效地控制,而沿海水产养殖污水则基本处于无处理状态。因此,必须强化沿海工业污染源和生活污染源总量控制,进一步提高污水处理率和达标率,降低农业和水产养殖业污染源的强度。

3.3 加强监测、适时预警 强化渔业环境监测网的建设,加强对渔业环境变化的监测,尤其对污染源、污染较严重的水域、重要的增殖水域和易出现污染灾害的敏感季节要加强监测、监视和预报预警,保护渔业生态环境,发展渔业生产,做到经济开发与环境保护并重,经济效益、社会效益和生态效益三者统一。

参 考 文 献

- [1] 中国海洋年鉴编纂委员会中国海洋年鉴编辑部编,1992。1987~1990 中国海洋年鉴,103-106。海洋出版社。
- [2] 国家海洋局监测服务公司编,1994。中国海洋环境监测十五年,23-31。海洋出版社。
- [3] 吴贤钧等,1990。“海利”轮海事对南麂渔场环境影响评价。渔洋渔业,12(1):19-26。
- [4] 吴彰宽等,1988。二十三种有害物质对对虾的急性毒性试验。海洋科学,(4):36-39。
- [5] 陈民山等,1991。胜利原油对海洋鱼类胚胎及仔鱼的毒性效应。海洋环境科学,10(2):1-5。
- [6] 贾晓平等,1995。原油和燃料油对 4 种海洋鱼类仔鱼的毒性。南海水产研究,(11):35-40。
- [7] 贾晓平等,1996。南海原油和 0 号柴油对贝类的急性毒性。南海水产研究,(12):42-46。
- [8] 吴彰宽等,1985。胜利原油对对虾受精卵及幼体发育的影响。海洋科学,9(2):35-39。

- [9] 马绍赛等, 1992. 胜利原油对渔业生物致油臭试验研究. 海洋水产研究, (13): 117 - 122.
- [10] 崔毅, 1994. 黄河口附近海域海洋生物体石油烃总量变化的研究. 中国水产科学, 1(2): 60 - 67.
- [11] 袁有宪等, 1993. 重金属离子对中国对虾幼体的影响及其消除方法的比较. 海洋学报, 15(3): 80 - 87.
- [12] 袁有宪等, 1995. 中国对虾卵子孵化及无节幼体变态对海水环境中铜的需要. 海洋学报, 17(1): 83 - 89.
- [13] 陈碧娟等, 1990. 汞、砷、铬、苯酚对东方对虾幼体急性致毒的实验研究. 海洋科学, (3): 51 - 53.
- [14] 王安利等, 1992. 铜、锌、锰和铬对中国对虾仔虾的急性致毒及相互关系的研究. 海洋学报, 14(4): 134 - 139.
- [15] 邹栋梁等, 1994. 铜、锌、镉和铬对斑节对虾仔虾急性毒性的研究. 海洋环境科学, 13(3): 13 - 18.
- [16] 孙跃等, 1987. 铜对黑鲷早期发育的影响. 海洋科学, (4): 45 - 51.
- [17] 孙跃等, 1988. 汞、锌、铅对黑鲷胚胎发育的影响. 海洋科学, (3): 11 - 13.
- [18] 王小事等, 1991. 重金属对黑鲷鱼卵仔鱼的毒性. 福建水产, (3): 35 - 36.
- [19] 吴玉霖等, 1990. 重金属对牙鲆胚胎和仔鱼的影响. 海洋与湖沼, 21(4): 386 - 392.
- [20] 蓝传光等, 1991. 汞、铜、镉、锌对真鲷仔鱼的急性毒性研究. 海洋科学, (5): 56 - 59.
- [21] 全国海岸带办公室《环境质量报告》编写组, 1989. 中国海岸带和海涂资源综合调查专业报告集, 环境质量调查报告. 137 - 141, 海洋出版社.
- [22] 陆超华, 1994. 南海北部海域经济鱼类的重金属含量与分布研究. 中国水产科学, 1(2): 68 - 77.
- [23] 阎雨平, 1993. 中国近海海域经济鱼类重金属污染及其评价. 海洋环境科学, 12(3-4): 99 - 103.
- [24] 许建平, 1992. 浙江沿岸的赤潮灾害及防治对策. 东海海洋, (3): 126 - 134.
- [25] 华泽爱, 1989. 中国海域的赤潮及对策. 海洋通报, (1): 1 - 6.
- [26] Persson, P. E., 1984. Uptake and release of environmentally occurring odorous compounds by fish, Water Research, 18 (1): 1263 - 1271.
- [27] Nelson - Smith, A., 1972. Oil Pollution and marine ecology, 87 - 88, Elek Science.
- [28] Nitta, T., 1972. Marine pollution in Japan, Marine pollution and sea life, Fishing News. Surrey.
- [29] NRC, 1985. Oil in the sea, National Academy Press, Washington, D. C..