

· 生态与发展 ·

我国水产养殖业对环境的影响及对策

江 敏^{1,2}, 顾国维¹, 李咏梅¹

(1. 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092; 2. 上海水产大学渔业学院, 上海 200090)

摘 要: 综述了我国水产养殖业的自身污染、对水环境和生态系统的影响及其对景观环境质量的影响等, 提出应在健全的法律法规指导下, 建立完善的水产养殖环境管理系统, 加强营养与饲料学研究, 提高水产养殖饲料质量和投饵水平, 同时强化环境工程技术在集约化水产养殖中的应用, 以减少污染排放, 使水产养殖走可持续发展的道路。

关键词: 水产养殖; 环境; 生态系统; 环境管理; 可持续发展

中图分类号: X171.4

文献标识码: A

文章编号: 1001-2141(2003)05-0011-04

随着人们生活水平的提高和生活方式的改变, 人们对于水产品的消费日益增加, 水产养殖业正成为我国农业结构调整的目标产业和农村经济新的增长点。2000年全国水产养殖面积达6521440hm², 总产量达2578.22万t, 为世界之最。许多科学家就环境污染、水质恶化对水产养殖的影响进行了大量的研究^[1,2], 但却忽视了作为一项传统农业产业的水产养殖对生态环境可能产生的影响以及由此带来的水产养殖可持续发展的问题, 使得一些因养殖本身引发的环境问题逐渐暴露出来。

1 水产养殖对环境的影响

1.1 水产养殖环境自身污染的加剧

随着人们对水产品需求的增加, 水产养殖正从传统的养殖模式向集约化、工厂化模式转变。在集约化的养殖模式中, 大量人工饲料的投喂、有机肥料的施加及生物排泄物和残骸构成了水中有有机物来源的主体。Alabaster对池塘养殖虹鳟鱼的残饵量进行了研究, 发现饲料类型的不同和投喂方式的不同, 其残余饲料量在1%~30%之间^[3]。而在养殖动物摄食饲料中未被消化的部分连同肠道内的粘液、脱落的细胞和细菌则作为粪便排出。如鲢鳙鱼养殖中总固体排泄量(忽略残饵)可占投饵量的40%~50%^[4]。残饵和粪便等所溶出的营养盐和有机质是影响养殖水环境营养水平以及造成虾池自身污染的重要因子。

这些有机物在水中分解转化将消耗大量的溶

解氧, 导致鱼虾贝类生长受抑、饵料系数降低甚至出现窒息死亡。有机物氨化作用产生的氨以及由氨转变成亚硝酸盐均是诱发水产动物疾病的环境因子。池水积累一定量的分子氨对鱼鳃表皮细胞会造成损伤而使鱼的免疫力降低; 亚硝酸盐达到一定浓度易引起鱼类中毒而使血液里高铁血红蛋白的含量升高, 载氧能力下降, 造成组织缺氧, 神经麻痹, 甚至窒息死亡^[5]。恶劣的水环境使水产动物的生长受到抑制, 却为病原菌的滋生创造了条件。

1.2 水产养殖对周边水环境和生态系统的影响

目前在我国很少有水产养殖场将养殖废水处理后再排放, 多为直接排放。如前所述, 养殖水体会产生大量的有机物和营养盐, 致使接纳水体出现富营养化和沉积物出现厌氧状态, 导致水体生物种群多样性的改变和水华。如天津于桥水库的网箱养鱼明显增加了水库水体中藻类密度、COD、总磷、总氮的含量, 并引起水温上升, 溶解氧减少, 促进了水库富营养化进程, 是水质恶化的重要原因之一^[6](目前该水库已禁止网箱养鱼)。而四川黑龙滩水库网箱养鱼亦直接导致水体溶解氧减少、缺氧层增厚^[7]。养殖废水不经循环利用而直接排放, 又在一定程度上导致了水资源和能源的极大浪费。Phillips等报道, 在台湾养殖尼罗罗非鱼, 每生产1Kg鱼消耗水0.3~2.1万L^[8]; 鲍鱼苗种培育和成鲍室内越冬养殖(养殖水温为20℃左右), 流量为饲育水体的6~8倍^[4]。由此可见, 大的换水量不但浪费水资源而且浪费大量能源。

我国的湖泊多属浅水性湖泊, 气候温和, 具有多种多样的生物资源和很高的生物生产力。湖泊是目前我国淡水水产养殖业发展的主要场所。然而, 人们为了尽可能地增加单位水面的渔业产量, 忽略了水产动物所依赖的水体生态系统的整体性, 仅局部强化个别种群

收稿日期: 2003-01-24

作者简介: 江敏(1972-), 女, 汉族, 江苏海门人, 华东师范大学硕士, 上海水产大学, 副教授, 同济大学环境科学与工程学院在读博士, 研究方向为水域环境保护。

基金项目: 上海市重点学科资助

动态及其生物量的增长,而忽略了生态系统的动态平衡。鱼类是鱼塘生态系统中食物链的顶级消费者,饲养大量不同食性的鱼类,势必对系统中其他生物群落产生影响。如我国的一些草型湖泊,由于过量放流或网围草食性鱼类,导致水草灭绝、草型湖变成藻型湖,湖水恶化,水中生物大多消亡,物种多样性大为降低,水域生态环境退化甚至崩溃^[9];而滤食性鱼类则抑制枝角类和大型浮游植物,促进桡足类和小型藻类种群增长^[10]。

近 30 年海水养殖的加速发展而导致的沿海生态环境的变化已是不争的事实。在一些地区,养虾场所排出的污染物已超过了附近海滨水体的接受能力。虾类养殖业的自身污染还在很大程度上促成了赤潮的发生,并可能引发大规模的传染性虾病。历史上,山东沿海很少发生赤潮,但近 10 年来,海产养殖区及邻近水域赤潮时有发生,如 1989 年莱州湾发生特大面积的赤潮,损失超亿元,该地区大规模的对虾养殖废水入海是促成该赤潮发生的重要原因之一^[11]。1995 年龙口至莱州市金城镇近海扇贝养殖区也发生绵延数 10km 的大规模赤潮^[11]。这些现象说明,海产养殖海域水环境的变化已经成为暴发赤潮的一个重要原因。目前我国对养殖污染物的排放,尚无相应的政策法规,但养殖污水对环境造成的危害已引起了有关方面的重视。

欧美国家针对水产品进口制订了非常严格的标准,特别关注水产品中的药物残留问题,一旦发现进口水产品药残超标,就会拒绝该国水产品进口。而我国水产养殖中一个严重的问题是药物的使用。由于水质的恶化,为了获得高产,人们在水产养殖中使用了大量的药物,其药物使用的种类和数量极为可观,有用于消毒灭菌的高锰酸钾、孔雀石绿、抗病的磺胺类药物等,甚至剧毒的已被禁用的甲胺磷都有农民在偷偷使用^[12],这些药物蓄积在水产品体内,直接影响了我国水产品在国际市场的声誉。而含有大量化学药物的养殖废水未经处理直接排放,药物随食物链的传递最终必将对人类产生潜在的长期的影响。

1.3 水产养殖对景观环境质量的影响

西方发达国家十分重视水体的景观质量,北美和西欧国家的许多湖泊功能主要用于储水、垂钓和运动娱乐,很少涉及水产养殖。而我国尚处于发展中国家,与西方国家存在着很大差异,但是随着人们生活水平的提高,人们对于景观环境质量的要求将越来越高,而养殖设施的粗糙与零乱、养殖导致的水体变色与异味、残饵、飘浮腐烂的生物残体等必将对人们的感官产生不良的影响。

2 减少水产养殖对环境影响的对策

水产养殖业的发展与环境保护是对立统一的关系。一方面,水环境污染制约着水产养殖业的发展,而同时水产养殖又以多种形式产生了自身污染,不仅影响养殖业本身,而且对周边水域环境和生态系统也构成越来越大的威胁,最终又危及到自身进一步的发展。因此,必须尽力控制和减少自身污染的产生,寻求一条发展水产养殖和环境保护并存的可持续发展的途径。

2.1 加强法制法规的建设,建立水产养殖环境管理系统

2.1.1 建立和健全水产养殖法规和许可证制度

应借鉴先进国家的管理经验,并结合我国的实际情况,制订和完善相关法规,并加强执法力度,以达到宏观调控的目的。可从这几个方面入手。一是对养殖区域全面规划,进行环境影响评估,确定环境容纳量或养殖容量。近 20 年来,有关内陆水域和海水养殖容量的研究逐渐引起了人们的关注。张永良认为水环境容量可定义为“水体环境在规定的目标下所能容纳的污染量”^[13],那么水产养殖环境容量则可理解为“水域在它的功能规划和用途确定的水质指标及水动力条件下所能承受的水产最大养殖纳污量”。在实际生产中,在尚未搞清楚养殖容量和环境容量时,盲目和超负荷地发展水产养殖,必将对环境产生极大的影响。

二是制定渔业用水排放标准或选用与之相当的标准,要求养殖场对废水排放进行控制,对超标排放者进行处罚。如英国政府要求各养殖场的废水排放应符合河流净化局(RPA)或国家河流局(NRA)允许的排放标准^[14];丹麦现行法规规定了渔场污染物的排放标准,对有机物、悬浮物、磷、氨和总氮等的排放量进行了严格的规定^[15]。我国也先后制定和颁布了一系列与渔业有关的法律、法规,如《中华人民共和国渔业法》等,但却无相应的渔业用水排放标准。随着水产养殖向大规模、集约化的方向发展,其工业化的特点愈加明显,制定相应的排放标准更为重要。

许多国家对药物的使用都有明确规定,1997 年 GESAMP (Joint Group of Experts on the scientific Aspects of Marine Environmental Protection 海洋环境保护联合专家组)召开国际专家会议,对目前化学药物在水产养殖中应用的现状和问题进行了回顾和探讨,强烈呼吁各国加强药物使用的科学性和法制管理^[16]。因此,制定相应的水产养殖药物使用标准,对化学药物的种类和使用量加以严格控制已势在必行。

三是引入许可证制度,对养殖场规模和养殖许可

证发放数量加以限制。许可证制度在美国、挪威等国早已实施多年^[17,18]。在派发许可证时,应对养殖场进行全面的评估,包括养殖是否会影响环境质量、养殖场的选址是否会干扰人们的其他社会经济生活等等。水产养殖的环境评估可借鉴工业环境评估的方法,尽管其操作起来可能会很昂贵和费时,但它将为养殖业的长期发展提供活力。

2.1.2 建立和加强水产养殖环境管理系统

我国水产养殖长期以来属于农业部 and 各地区水产系统管辖。环境部门较少介入,这与我国的人口压力、生产方式和经济、财政实力等有关。而在一些西方国家,水产养殖业通常由多部门进行协同管理。如挪威水产养殖业由渔业部、环境部、农业部、地方政府与劳工部颁布实施的一系列法规、条例直接控制^[18]。美国联邦政府管理渔业的职能部门是农业部,而各州的职能部门有所不同,有的是环境管理局,有的是自然资源保护局^[17]。在我国建立一套水产养殖环境管理系统,则需要有环境影响评价、环境法、水产养殖技术等相关机构的介入。

2.1.3 加强水产养殖从业人员的环境意识和综合素质

在目前渔业环境法规尚不健全的情况下,水产养殖从业人员的环境意识和综合素质亟待提高。长期以来,我国从事水产养殖的人员总体受教育程度较低,目前又有大批原来从事捕捞的渔民转而从事养殖,他们需要加强的不仅仅是纯粹的养殖技术,还应具备一定的环境和法律意识。我们的水产院校可与地方政府开办相关的培训班,或定期到农民中去举办讲座,把最新的养殖技术和环境政策带给他们。

2.2 加强营养与饲料学研究,提高饲料质量和投饵水平

残余饵料的生成是构成养殖水体自身污染的重要原因之一,而人工配合饵料是水产养殖最大的有机污染源。传统的人工配合饵料研制均以追求最大增重或增长速度为目标,且多为超量投喂,这样的饵料和投喂方式往往造成水质败坏乃至危及水生生物的生存。为了减少残饵和排泄物对养殖生态环境的污染,必须加强对水产动物基础营养学的研究。充分了解水产动物对不同营养成分的需要水平及利用情况,根据不同品种、不同发育阶段、不同生理状态下的营养需求配制和供给饵料。

在饲料生产中,应大力开发低蛋白高能量且蛋白质可高消化、磷可被高利用的新型饲料,以减少氮、磷的排放;注重优化新型饵料配方和新型饲料添加剂配

方;同时改进饵料加工工艺,提高饲料质量,如提高饲料的颗粒料粘合度、水稳定性、转化率、在饲料中添加新型酶制剂等,这样才能达到降低饵料系数,减少对养殖生态环境的污染,提高生产效率的目的。

要结合营养学和养殖生态学的研究,针对不同种和不同发育阶段的水产动物制定一套投喂管理的措施,如不同发育阶段选用不同饵料等。还应加强水产动物摄食节律的研究,根据其生理特点确定每天的投喂时间和投喂量等。

2.3 强化环境工程技术在集约化水产养殖中的应用

世界各国都在采用封闭式循环水养殖方式以应对日益恶化的水环境。一个设计完善、管理有序的封闭式循环水养殖系统能最大限度地降低养殖水体的自身污染,减少排放水中污染物的含量,降低污水排放量并减少由于换水而增加的加热、增氧所构成的成本和减少由于换入不洁水而导致的疾病爆发。不同的养殖场所选用的封闭式循环养殖方式均有所不同,但基本上都包括过滤、臭氧消毒、鱼菜共生、泡沫分离、微生物处理等水处理技术。

简单的砂滤是几十年来许多养殖场一直采用的一种水处理方式,现在人们已经开始注意将过滤与微生物处理相结合,并对此进行了大量的研究。如江敏等将光合细菌、EM 菌与循环过滤装置联合处理罗氏沼虾亲虾越冬水,发现水体 COD 显著降低,过滤装置的硝化作用有所增强^[14]。在这两种技术的配合使用中,滤料的选择、滤器的构造、微生物制剂的种类和使用剂量则是至关重要的,需要在实践中摸索。

近年来许多科学家就臭氧对养殖水体的消毒净化作用开展了研究,如臧维玲在罗氏沼虾的育苗中引入了臭氧技术,结果发现,经臭氧处理的罗氏沼虾育苗水,其亚硝氮、氨氮、COD 分别较对照池下降了 18.2%~91.7、25.0%~39.3%和 16.5%~50.5%,取得了良好的育苗效果^[20]。但是臭氧处理仍存在着诸多问题,如臭氧发生器的质量与效率、残余臭氧的处理、使用臭氧对操作人员的安全性以及操作人员的水平等。

美国、丹麦、日本等国家,均发展了鱼菜共生、鱼藻共生系统,利用养殖肥水培育蔬菜、花卉、水果、藻类,既能最大限度地提高水产品和蔬菜等的产量,又能净化水质,把污染降至最低程度,从而形成小环境生态系统良性循环。上海市青浦区沈巷特种水产养殖中心采用上海水产大学研制的闭合循环水产养殖与蔬菜水栽培系统进行东方鲀养殖,水处理部分主要由固液分离装置、生化反应装置、泡沫分离—臭氧消毒装置和蔬菜水培渠等单元组成,系统中水循环使用。结果发现,水

栽培蔬菜对氨氮、亚硝氮、总氮、磷酸盐和 COD 的最大去除率分别为 57.46%、51.72%、3.7%、10.67%、9.72% 和 21.78%，而系统中养殖废水提供的营养源能充分地满足水培蔬菜的需要，蔬菜生长状况良好^[21]。

目前在水产养殖用水的处理中，人们已不再满足于暗沉淀、过滤，或是某个单一的处理技术，而是要将多种水处理技术有机地连接，有效地降低各种环境胁迫因子的含量，以达到高密度、高产值、低排放甚至零排放的目标。

3 结语

随着我国进入 WTO，作为我国农业经济支柱之一的水产养殖业，应正视水产养殖与环境之间密不可分的关系，加强渔业法规的建设和实施，在法律的指导下，克服只注重利用，忽视环境保护的短期行为，加强水产养殖的环境管理，重视营养与饲料的研究，加大力度进行水产养殖环境工程技术的研究与开发，为水产养殖业的可持续发展提供必要的保证。

4 参考文献

- 1 FAO/NACA. Regional study and workshop on the environmental assessment and management of aquaculture development. NACA environment and aquaculture development series No. 1. Bangkok, NACA. 1995, 492.
- 2 Rosenthal, H. Environmental issues and the interaction of aquaculture with other competing resource users. AAC Special publication No. 2.. St. Andrews, Aquaculture association of Canada. 1997, 1~13.
- 3 Alabaster J S. Report of the EIFAC workshop of fish-farm effluents. Rome, FAO. 1982, 54~57.
- 4 李秀辰, 崔衍安, 雷衍之. 水产养殖环境工程技术的研究展望[J]. 中国农业大学学报, 1998, 3(4): 59~62.

- 5 余瑞兰, 聂湘平, 魏泰莉等. 分子氮和亚硝酸盐对鱼类的危害及其对策[J]. 中国水产科学, 1999, 6(3): 73~77.
- 6 李万庆, 李金中, 吴雷等. 于桥水库网箱鱼对水质影响分析[J]. 城市环境与城市生态, 1999, 12(4): 33~35.
- 7 林永泰, 张庆, 杨汉运等. 黑龙江水库网箱养鱼对水环境的影响[J]. 水利渔业, 1995, (6): 6~10.
- 8 Philips M J, Beveridge M C M, Clarke R M. Impact of aquaculture on water resources. World aquaculture society, Advances in aquaculture, 1991, (3): 568~591.
- 9 苏胜齐, 姚维志. 水产养殖的环境问题与水产养殖环境工程技术的发展[J]. 贵州环保科技, 2001, 7(1): 32~37, 41.
- 10 谷孝鸿, 刘桂英. 滤食性鲢鳙对池塘浮游生物的影响[J]. 农村生态环境, 1996, 12(1): 6~10, 41.
- 11 吴玉霖, 周成旭, 张永山等. 烟台四十里湾海域红色裸甲藻赤潮发展过程及其成因[J]. 海洋与湖沼, 2001, 32(2): 159~167.
- 12 王春, 罗月媚. 鳊鱼养殖中不应滥药物[J]. 中国水产, 1995, (11): 24~25.
- 13 张永良. 水环境容量基本概念的发展[J]. 环境科学研究, 1992, 5(3): 59~61.
- 14 陈实. 环境管理系统在英国水产养殖业中的应用[J]. 世界环境, 1998, (3): 29~22.
- 15 沈维华. 减少水产养殖生产对环境的污染[J]. 国外畜牧科技, 1992, 19(2): 39~41.
- 16 GESAMP. Towards safe and effective use of chemicals in coastal aquaculture. GESAMP Reports and Studies. Rome, FAO. 1997, 65: 40.
- 17 李昭信. 美国水产养殖业概况[J]. 广西水产科技, 2001, (1): 18~19.
- 18 宋怿. 挪威水产养殖业的质量管理体系[J]. 渔业现代化, 1999, (4): 25~28.
- 19 江敏, 臧维玲, 戴习林等. 微生物及生物滤器在罗氏沼虾亲虾越冬中的应用[J]. 水产科技情报, 2000, 27(1): 13~18.
- 20 臧维玲, 戴习林, 江敏等. 臭氧对罗氏沼虾育苗池水净化作用的研究[J]. 水产科技情报, 2000, 27(5): 195~199.
- 21 谭洪新, 罗国芝, 朱学宝等. 水栽培蔬菜对养鱼废水的水质净化效果[J]. 上海水产大学学报, 2001, 10(4): 293~297.

(上接第 5 页)

根据以上所得权系数及表 2 的标准化数据, 计算出相应的相关系数分别为: $R_{11} = 0.3140$; $R_{12} = 0.2939$; $R_{13} = 0.3876$; $R_{14} = 0.3150$ 。其排列顺序为 $R_{12} > R_{14} > R_{11} > R_{13}$ 。即: 半干式反应塔+布袋除尘器综合性能最佳; 干式反应器+布袋除尘器综合性能最差; 旋风除尘器+水浴除尘器, 湿式反应塔+静电除尘器综合性能居中。

4 结论

本文将层次分析与相关分析相结合, 提出了合理

赋权且计算简便的环境设施优化评价方法。通过建立评价对象的结构模型, 以及标准化处理的数据, 将各种因素, 特别是抽象因素有机地联系在一起, 克服了加权过程中人为因素的影响, 使评价结果更为客观、合理、可靠。

5 参考文献

- 1 张松滨. 二步层次分析与化工厂厂区环境质量评价. 环境科学, 1990, 11(1): 79~93.
- 2 赵焕臣. 层次分析法. 北京: 科学出版社, 1996.
- 3 邓明萌, 范玉宏. 运用模糊数学法对焚烧烟气处理方法进行综合评价. 环境科学动态, 2001, (4): 29~31.

TVOC Standard for Indoor Air Quality Assessment in China

Liang Baosheng¹, Tian Rensheng²

(1. College of Environmental Sciences,

Peking University, Beijing 100871;

2. Chinese Academy for Environmental Planning,

Beijing 100012)

Abstract: At present, Indoor Air Pollution has become the social hot spot. Total Volatile Organic Compounds (TVOC) is an important indicator of Indoor Air Quality (IAQ). In order to make the TVOC measurement results comparable, its standard definition and analytical method is given. Based on its source and current results of its toxicology researches, consulting its IAQ standards of foreign countries, and also combining its domestic pollution status, three level of TVOC standard for IAQ is formulated.

Key words: TVOC; Indoor air quality; assessment Standard.

Weighting Correlation Analysis and Excellent Selection of Environmental Instillation

Zhong Songbin

(Dept. of Environmental Ecology, Shanghai Institute of Municipal Administration, Shanghai 200233)

Abstract: the multi-index correlation analysis with definition of a weight coefficient of two-step hierarchy analysis and applied to the comprehensive evaluation of the properties of the air treatment works. The analytical results of an example shown that the method features rational weighing, convenient calculation, high agreement, less influence of the decision-maker and reliable evaluation results etc. It is possible to the method is used for excellent selection of environmental works.

Key words: correlation analysis; evaluation; excellent selection.

Using Environmental Load to Assess the Effect of Pollutants on Environment

Chen Zhenmin, Zhou Jiankang, Chu Junda

(Water Resource and Environmental College of

Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: In order to prevent efficiently environmental pollution, the control of pollutant-sum has been gradually carried out in our country. However, the control of pollutant-concentration has been still carried out in the assessment of environmental quality. For this reason, using environmental load to assess the effect of pollutants on environmental quality is put forward in this paper. The practices show that the method of assessment is accurate, simple and practical.

Key words: environmental load; the control of pollutant-sum; predictive model.

A Water Quality Monitoring and Evaluation System Based on the Neural Network Model

Guo Xiaoqing, Xiang Xinjiang

(1. Hangzhou Radio and TV University, Hangzhou 310012;

2. Hangzhou Institute of Applied Technology,

Hangzhou 310012)

Abstract: The monitoring and evaluation of water environment can control the present water quality and the developing tendency of it. It can provide the scientific basis for the exploiting and management of the water resources. The evaluation of water quality is based on the monitoring of water quality. First we should choose reasonable monitoring items and monitoring instruments to set up the water quality monitoring system according to our country's water environment monitoring technical standard. Then we should base on the statistics coming from the water monitoring, apply ANN theory and method, sum up the complex nonlinear relation between the evaluation standard and the evaluation results through the continual study and training of BP neural network, and finally establish the BP neural model network. The practical application shows that this system possesses strong functions of study, association and fault tolerance, and can provide a new way for the monitoring and evaluation of water.

Key words: water quality; neural network; water evaluation; monitoring of water quality.

Impacts of Aquaculture on the Environment in China and Countermeasures

Jiang Min^{1,2}, Gu Guowei¹, Li Yongmei

(1. Institution of Environmental Science and Engineering,

Tongji University, Shanghai 200092; 2. Fishery College,

Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090)

Abstract: This article summarized the self-pollution of aquaculture in China, its impacts on environment and ecosystem, the destruction to the sight and so on. Sustainable development of aquaculture depends on strict law, regulations and strengthened aquaculture environmental management system. Research on aquaculture feed and nutrition should be enhanced to improve the quality of feed. The use of environmental engineering technology in the intensive farming system can reduce the pollutant emission thus protect the environment to some degree.

Key words: aquaculture; environment; ecosystem; environmental management; sustainable development.