

水产养殖环境工程技术的研究展望

李秀辰^① 崔引安 雷衍之

(中国农业大学水利与土木工程学院) (大连水产学院)

摘要 水质是影响养殖成败的关键因素,但鱼类赖以生存的江河、湖泊、浅水海湾等水体环境正受到日益严重的污染,同时,传统养鱼业的发展与控制环境污染的矛盾又日益突出;因此,水产养殖环境工程技术的研究与开发,已成为当今社会经济和环境领域的系统工程问题。生态型水产养殖将是养鱼工业的必由之路。

关键词 水产养殖环境工程;水质;环境污染;研究

中图分类号 S 937.3

Research Prospect of Aquacultural Environment Engineering

Li Xiuchen Cui Yin'an Lei Yanzhi

(College of Water Conservancy and Civil Engineering, CAU) (Dalian Fisheries College)

Abstract Water quality is essential to the aquaculture. The serious pollution in river, lake and coastal, as well as the contradiction between the traditional aquacultural operations and the control of pollution have become a critical problem. The research and development of the environment engineering have been the system engineering problem in social economy and environment control. The ecological aquaculture is the road one must follow.

Key words aquacultural environment engineering; water quality; environment pollution; research

鱼类赖以生存的江河、湖泊和浅水海湾等水体环境受到的越来越严重的污染,危害了鱼类的生存,致使渔业资源日趋衰退,从自然界中捕获到的名、特、优水产品的数量日益减少,并且食用含有毒素的鱼贝类会使人致病、死亡,人类食用天然水产品的安全感正受到冲击;另一方面,传统养殖业中大量养殖污水的排放,又加剧了环境污染,使得发展传统养鱼业与控制环境污染的矛盾日益突出。因此,发展节水型无害化的工厂化养鱼是解决水资源短缺问题、减少环境污染的战略方向。

1 保证良好的水质是水产养殖成功的关键

水产养殖中的水质是影响鱼类成活率的关键因素,而在诸多水质指标中,溶氧和氮化物(主要是氨氮)的含量是至关重要的。对于大多数鱼类,当养殖水体中溶氧量小于 $3\sim 5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、非离子氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)含量大于 $25\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,就会影响鱼类生长,造成鳃损伤,甚至窒息死亡^②。鳗鱼养殖要求水中的溶氧量大于 $5\sim 10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,非离子氨氮含量小于 $20\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ^[1];养虾

收稿日期:1997-08-28

①李秀辰,北京清华东路17号中国农业大学(东校区)214信箱,100083

②中国科学院海洋研究所. 养殖环境的水质与管理. 海水养殖技术资料汇编,1990

水体中的非离子氨氮含量大于 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 虾便会中毒。

造成水体恶化的途径主要有: 1) 水源被污染, 如工业废水、生活污水及养殖污水的排放等。联合国有关资料^[2]表明, 夏季海洋中病毒含量达 $500 \text{ 万} \sim 1500 \text{ 万个} \cdot \text{mg}^{-1}$, 且水体富营养化、赤潮和绿潮对海洋生物的威胁越来越大。2) 养殖过程中自污染, 如残饵、残骸、鱼类排泄物及化学药物的投放等。随着养殖方式向集约化转化, 养殖密度和投饵量都大大增加, 鱼体排泄物和残饵量也相应增加, 养殖过程中自污染加重。据报道, 玉筋鱼养殖中, 其代谢产物为投饵量的 $20\% \sim 35\%$ 、残饵为 $10\% \sim 40\%$; 鲑鳟鱼和斑点叉尾鲟的总固体排泄量(忽略残饵)分别占投饵量的 $40\% \sim 52\%$ ^[3,4]和 $18\% \sim 69\%$ ^[5]。

鱼类代谢产物(含残饵腐败分解物)的主要成分为氨氮, 鲑鳟鱼的日排氮率为投饵量的 $1.8\% \sim 4.6\%$ ^[5]; 真鲷的日排氮率占投饵量的 30% , 溶解性有机氮占投饵量的 30% , 且有 16% 的有机氮迅速分解成氨氮^[2]。由此可见水体的恶化使水中积聚了大量病毒、细菌和氨氮等对鱼类生存、生长有害的物质, 引发鱼病和死亡, 因此养殖污水的净化是水产养殖的重要环节。

2 水产养殖污水排放与环境污染控制的矛盾日趋突出

一般认为水产养殖污水的排放不如其他污染严重, 但当今养殖污水排放量巨增, 对水环境造成的影响已引起广泛重视。

养殖污水中富含氮、磷等营养物质, 直接排入环境中, 会造成水体富营养化, 引发赤潮, 污染水体, 还造成水资源和能源的大量浪费。

我国青岛海湾筏养贻贝、扇贝和牡蛎 1330 hm^2 , 残饵及贝类排泄物达 $10.8 \sim 16 \text{ t} \cdot \text{d}^{-1}$ ^[6]; 美国网箱养殖虹鳟鱼, 单位鱼产量的代谢产物见表 1。可以看出, 饵料中仅有 24.7% 的 N 和 30% 的 P 被鱼体吸收利用, 而分别有 75% 和 70% 的 N, P 直接排入水体中。由于残饵和鱼类代谢物不能及时清除而沉积水底, 导致水体缺氧(溶氧量小于 $1.43 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$), 水质恶化。特别

表 1 网箱养殖 1 kg 虹鳟鱼的 N, P 和 BOD 的代谢量^[7] $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$

物 质	N	P	BOD
饵料	120.0	15.0	2416
鱼	29.6	4.5	848
粪便	18.0	10.0	444
排泄物, 氨	72.4		133

是在鱼贝类生长旺盛的夏季, 排泄率相当高, 严重污染水体环境。目前, 西欧各国已禁止在内陆发展三网养鱼, 欧美一些国家还制定了法规: 鱼虾池内的水必须处理达标后才能排放。

Phillips 等^[8]报道, 在台湾养殖尼罗罗非鱼, 每生产 1 kg 鱼消耗水 $0.3 \text{ 万} \sim 2.1 \text{ 万 L}$; 在美国养殖斑点叉尾鲟和虹鳟鱼, 每生产 1 kg 鱼消耗水分别为 2.9 万 和 2.1 万 L ; 鲍鱼苗种培育和成鲍室内越冬养殖(养殖水温为 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 左右), 流量为饲育水体的 $6 \sim 8$ 倍。由此可见, 大的换水量不但浪费水资源而且浪费大量能源。为防止水资源的过度开采与保护水资源, 台湾省已制定了新政策, 重点发展循环水养殖。目前, 我国对养殖污染水的排放, 尚无相应的政策法规, 养鱼污水还是随便排放; 但养殖污水对环境造成的危害已引起了有关方面的重视。如云南大理, 为防止步滇池污染的后尘, 已取消了洱海中的三网养鱼方式并禁止使用机动船; 北京市政府投资 1000 余万元为小汤山养殖厂引进了工厂化养鱼的成套水处理设备。

3 水产养殖环境工程技术研究进展

近年来,国外工厂化养鱼技术进步较快,在水体消毒、净化,池底排污,增氧及控温方面,几乎采用了现代所有可以引用的实用技术,工厂化养鱼已达到相当高的自动化程度。

臭氧已被用于养殖水体的消毒净化。用 15×10^{-6} 的臭氧处理含病毒 10^9 单位 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 的污水,15 s 即可杀死全部细菌,臭氧与生物滤池结合使用,可提高去除氨氮和有机物的效果;液态纯氧增氧技术在西欧工厂化养鱼业中已开始应用,可使水体中的溶氧量达到 $17 \sim 18 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,可提高养殖密度,降低饵料系数^[2];采用遥控式自动吸污机,使池底排污实现了自动化;热泵技术的利用,为工厂化养鱼水体加温节省了 50% 的费用,目前,热泵这一节能控温装置正在国外工厂化养鱼业中普及;水质净化现仍以生物滤池为主,但 70 年代发展起来的卵石滤池、砂滤池正被淘汰,代之以质轻、比表面积大、强度高、通风性能好的人造滤料(如聚乙烯网板等)。

我国工业化养鱼起步于 70 年代,仅比国外落后 10 年左右,但近 20 年来,对养鱼工厂的内部设施建设重视不够,科研滞后于生产,工厂化养鱼应具备的高溶氧、控温、水质净化技术还比较落后。车间里只有简单的加温和充气设备,养殖密度很低,如甲鱼养殖密度仅为 $1 \sim 2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$,而日本则达 $8 \sim 9 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 。水体净化只靠简单的砂滤,消毒设备尚属空白。池底排污主要靠虹吸及自吸泵;虹吸只能吸走池内中、下层浊水,而池底的固体污物无法吸出;自吸泵功耗大,而且吸污头不配套,吸污效果差。由于目前我国还没有较好的工厂化养鱼成套设备,只能靠大换水的办法来改善水质,不但浪费能源,而且水质始终保持在低下水平,饲养密度小,饵料系数高,病毒难防,直接影响了水产养殖业的发展。

4 水产养殖环境工程技术的发展展望

随着世界性水荒的到来和环境污染的日趋严重,今后各国将采用封闭式循环水养殖方式,并进一步完善水处理技术。其中,养殖污水的综合利用与无害化排放技术具有极大的研究开发价值和广泛的应用前景。虽然生物滤池去除氨氮和有机物的效果比较好,却会使水中硝酸盐含量增加,硝酸盐的毒性虽比氨氮低,但过度积累(大于 $10 \sim 20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)同样会影响鱼类生长^[1],而且含 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 高的废水排放到环境中,又会引起二次污染。从生态学观点出发,综合生产系统较单一生产系统在能量和资源利用方面具有更大的回能比、更好的稳性和更高的效率。21 世纪的水产养殖将由单一型向生态型发展。

近年来,美国、丹麦、日本和我国等国家,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 and 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。美国布林汉扬大学的 S·克莱教授曾对商业性水产养殖系统与鱼菜共生系统作了经济比较,认为鱼菜共生系统不仅在技术上而且在经济上都是可行的,具有很大的开发价值^[9]。中国水产科学院上海渔机所研制成功的组合式鱼菜共生系统,使系统中的溶氧量达到 $3 \sim 5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,氨氮量小于 $0.2 \sim 0.4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,水质优于一般鱼塘,且鲤鱼的增重率为 129.2%,与此同时,黄瓜和西红柿单位面积产量分别达到 24 和 $45 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ^[9]。

目前已有多种利用藻类净化工业废水、生活污水和养殖污水的报道:A. Wood^[10]用绿藻处理生活污水,COD, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 的去除率分别为 79.4%, 82.8% 和 54.1%;吴振斌

等^[11]利用凤眼莲净化石化废水,滞留时间4~8d,可使出水达到排放标准;平田八郎^[12]用孔石莼与对虾混养,发现孔石莼能吸收大量的N,P营养盐、增加溶氧量,有净水作用;M. D. Krom等^[13]利用石莼净化真鲷养殖循环水,N,P去除率分别为39%和21%,而且回收的藻类又可作为鱼贝类的优质饵料。因此,鱼菜共生、鱼藻共生系统被认为是21世纪的无废化产业之一。进一步完善并使这种“绿水技术”系统化将是今后水产养殖环境的一个重要研究内容。

5 结 语

水产养殖环境工程技术已成为当今社会经济和环境领域的系统工程问题,因此我们应在“环境政策”的指导下,克服只注重利用,忽视环境保护的短期行为,着眼未来,加强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。

参 考 文 献

- 1 李正明,左国新,谢盛训,等. 养鱼工厂水处理技术. 渔业机械仪器,1994,21(112):4~8
- 2 丁永良. 世界养鱼工业的技术进步与问题(上、下). 渔业机械仪器,1994,21(113):3~8;1995(1):4~6
- 3 Liao P B, Mayo R D. Intensified fish culture combining water reconditioning with pollution abatement. *Aquaculture*, 1974, 3: 61~85
- 4 Speece R E. Trout metabolism characteristics and the rational design of nitrification facilities for water reuse in hatcheries. *Trans of Ameri Fisheries Society*, 1973, 102(2): 223~334
- 5 Page J W, Andrews J W. Chemical composition of effluents from high density culture of channel catfish. *Water, Air and Soil Pollution*, 1974, 3: 365
- 6 吴耀泉. 筏式养殖贝类排泄物对水质的污染. 齐鲁渔业, 1996, 13(3): 33
- 7 刘家寿, 崔奕波, 刘建康. 网箱养鱼对环境影响的研究进展. 水生生物学报, 1997, 21(2): 174~184
- 8 Phillips 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 王雅敏. 鱼菜共生系统的研究及其开发(上、下). 渔业机械仪器, 1991, 18(94, 95): 2~4; 9~11
- 10 Wood A, Scheepers J, Hills M. Combined artificial wetland and high rate algal pond for wastewater treatment and protein production. *Water Scien and Tech*, 1989, 2(5): 659~668
- 11 吴振斌, 丘昌强, 夏宜璋, 等. 凤眼莲净化燕山石油化工废水的研究. 水生生物学报, 1987, 11(2, 4): 139~150; 299~308
- 12 平田八郎. アナアオサの混养によるリルマエビの生態系飼育. 水产増殖, 1991, 39(2): 195~200
- 13 Krom M D, Ellner S, Rijn V J, et al. Nitrogen and phosphorus cycling and transformation in a prototype “non-polluting” integrated mariculture system. *Marine Ecology Progress Series*, 1995, 118: 25~36