

Discussion on the Formulating of Discharge Standard of Mariculture Tailwater in Tianjin

Meng Sun¹, Daiyan Wei^{1,2}, Weilin Liu³, Xiaoming Chen^{1,2}, Jiahong Liu^{1*}, Shuo Yao⁴

¹Tianjin Eco-Environmental Monitoring Center, Tianjin

²Tianjin Tianbin Ruicheng Environmental Technology Engineering Co., Ltd., Tianjin

³Jinghai District Motor Vehicle Emission Inspection and Control Station, Tianjin

⁴School of Chemical Engineering and Technology, Tianjin University, Tianjin

Email: *liujiahong1215@163.com

Received: Oct. 17th, 2020; accepted: Nov. 19th, 2020; published: Dec. 22nd, 2020

Abstract

Discharge standard of tailwater pollutants for mariculture is an important basis for discharge of mariculture tailwater. To formulate the discharge standard of mariculture tailwater in Tianjin scientifically, the characteristics of tailwater discharge of mariculture and relevant standards of other provinces and cities were studied by literature review and investigation, combined with the tailwater monitoring. According to the results, we proposed some suggestions to formulate discharge standard of mariculture tailwater. Firstly, the standard is applicable to mariculture in closed water. Secondly, classification is based on functions of receiving water and aquaculture models. Thirdly, the control indicators are representative and concise. Suspended solid, pH, chemical oxygen demand (COD_{Mn}), ammonia nitrogen, total nitrogen and total phosphorus are added. Fourthly, the emission limit is determined reasonably considering the technical and economic feasibility of pollution control. To ensure the implementation of the discharge standard smoothly, some suggestions from the perspective of administrative management, farmers and strengthening supervision and management are also put forward.

Keywords

Tianjin, Mariculture, Tailwater, Discharge Characteristic, Discharge Standard

天津市海水养殖尾水排放标准制定探讨

孙 猛¹, 魏代艳^{1,2}, 刘魏林³, 陈小明^{1,2}, 刘佳泓^{1*}, 姚 烁⁴

¹天津市生态环境监测中心, 天津

²天津天滨瑞成环境技术工程有限公司, 天津

³天津市静海区机动车排污检控站, 天津

作者简介: 孙猛(1984-), 男, 河南商丘人, 博士, 高级工程师, 从事污染源监测评价及标准编制。

*通讯作者。

⁴天津大学化工学院, 天津

Email: *liujiahong1215@163.com

收稿日期: 2020年10月17日; 录用日期: 2020年11月19日; 发布日期: 2020年12月22日

摘要

海水养殖尾水排放标准是海水养殖尾水排放管理的重要依据, 为科学制定天津市海水养殖尾水排放标准, 通过文献查阅、调研以及尾水监测等方法对天津市海水养殖尾水排放特征和其他省市相关标准进行了研究。根据研究结果, 对天津市海水养殖尾水排放标准的制定提出几点建议: 一是标准适用范围上适用于封闭性水体内进行的海水养殖; 二是在受纳水体功能类别基础上结合养殖方式进行标准分类分级; 三是控制指标具有代表性且精简, 选取悬浮物、pH、化学需氧量(COD_{Mn})、氨氮、总氮和总磷六项控制指标; 四是充分考虑污染控制技术和经济可行性, 合理确定排放限值。为确保标准顺利实施, 从行政管理层面、养殖户层面和加强监督管理层面提出几点建议。

关键词

天津, 海水养殖, 尾水, 排放特征, 排放标准

Copyright © 2020 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

天津市海水养殖规模的不断扩大, 在获取可观经济效益的同时, 也引发了一系列生态环境问题, 同时也影响了海水养殖业的可持续发展。海水养殖过程中残留的饵料以及水产品的代谢产物, 是养殖尾水中氮、磷污染的主要来源之一[1]。养殖尾水排放加剧了海水氮、磷的累积, 造成海水富营养化, 诱导赤潮发生[2] [3]。天津近岸海域是渤海一个典型的赤潮高发区[4] [5], 是陆上子牙新河、独流减河等 12 条入海河流的入海口, 沿岸海域封闭性强自净能力弱[6]。近年来, 海水养殖产生的环境污染备受关注[7] [8], 但天津市乃至国家层面环境主管部门尚未出台针对海水养殖尾水的排放标准, 无法有效监管海水养殖尾水排放。因此, 研究制定海水养殖尾水排放标准, 对有效控制海水养殖尾水排放, 改善水环境质量具有重要意义。

2. 研究方法

2.1. 数据来源

本研究数据来源于各相关标准、统计年鉴、年报、调研和典型海水养殖尾水监测等相关资料。统计分析了《海水养殖水排放要求》(SC/T 9103-2007)及其修订版征求意见稿、辽宁《养殖海水排放标准》(DB21/T 2428-2015)和海南《水产养殖尾水排放要求》(DB46/T 475-2019)等海水养殖尾水排放标准的标准分级、控制指标和排放限值; 调研了天津市海水养殖行业现状和污染排放特征等; 监测了池塘养殖共 37 个, 工厂化养殖共 14 个, 其中循环水养殖 6 个, 非循环水养殖 8 个, 监测时间为 2019 年 9~10 月。

2.2. 监测指标及分析方法

针对海水养殖废水的特点及相关标准控制指标, 监测指标包括了 pH、悬浮物、化学需氧量(COD_{Mn})、氨氮、

无机氮、活性磷酸盐、总氮、总磷、硫化物、总余氯、锌和铜等。其中, pH、悬浮物、COD_{Mn}、氨氮、无机氮、活性磷酸盐、硫化物、总余氯、锌和铜的分析方法执行《海洋监测规范第4部分:海水分析》(GB 17378.4-2007) [9], 总氮分析方法执行《海洋监测技术规范第1部分:海水》(HY/T 147.1-2013) [10], 总磷分析方法执行《海洋调查规范第4部分:海水化学要素调查》(GB/T 12763.4-2007) [11]。

3. 结果与讨论

3.1. 天津市海水养殖现状

天津市海水养殖以海水、卤水, 或以掺入一定比例的海水、卤水配制成的盐水为养殖水体, 养殖方式有池塘养殖和工厂化养殖, 工厂化养殖又分为循环水养殖和非循环水养殖。截至2020年3月, 天津市有池塘养殖867.1 hm², 约1.3万亩, 工厂化养殖75.7 hm²。工厂化养殖中, 循环水养殖56.4 hm², 非循环水养殖19.3 hm², 循环水养殖中11.3 hm²尾水零排放。

3.2. 天津市海水养殖尾水排放特征

池塘养殖水深平均约1.0 m, 年排水1次, 集中在每年10月份, 全部排干; 工厂化养殖池水深度平均约0.5 m, 其中, 循环水养殖的日换水量约占总养殖水量20%, 非循环水养殖的日换水量约为总养殖水量100%。按目前养殖情况测算, 天津市海水养殖年排水量共约6037.8万m³, 其中池塘养殖年排水量867.1万m³, 工厂化养殖年排水量5170.8万m³ (表1)。养殖尾水约99%直接排入地表水体, 经入海河流入二类海域, 约1%直接排入二类海域。

Table 1. Discharge of mariculture tailwater in Tianjin

表1. 天津市海水养殖尾水排放情况

| 养殖方式 | 养殖面积(hm ²) | 年排水量(万 m ³) | 排水量占比(%) |
|---------|------------------------|-------------------------|----------|
| 池塘 | 867.1 | 867.1 | 14.4 |
| 非循环水工厂化 | 19.3 | 3525.5 | 58.4 |
| 循环水工厂化 | 45.1 | 1645.2 | 27.2 |
| 合计 | 931.5 | 6037.8 | 100 |

海水养殖尾水水质情况见表2和表3, 池塘养殖污染因子主要是悬浮物、COD_{Mn}和总磷, 工厂化养殖污染因子主要是总氮和总磷。循环水养殖的特点是可减少约80%的新鲜用水量和尾水排放量, 但随着循环时间的延长, 污染物浓度会累积升高, 相比非循环水养殖, 无机氮、活性磷酸盐、总氮和总磷平均浓度较高。

Table 2. Water quality of mariculture tailwater in Tianjin

表2. 天津市海水养殖尾水水质情况

| 养殖方式 | 悬浮物(mg·L ⁻¹) | COD _{Mn} (mg·L ⁻¹) | 氨氮(mg·L ⁻¹) | 总氮(mg·L ⁻¹) | 总磷(mg·L ⁻¹) | |
|---------|--------------------------|---|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 池塘 | 5.0~49.3 (24.7) | 1.14~23.00 (14.64) | 0.040~1.563 (0.525) | 0.48~8.75 (3.22) | 0.09~1.52 (0.48) | |
| 非循环水工厂化 | 未检出~9.3 (5.8) | 2.01~14.60 (6.76) | 0.057~3.040 (1.029) | 0.94~3.21 (1.83) | 0.17~0.31 (0.25) | |
| 循环水工厂化 | 未检出~8.2 (3.7) | 1.78~8.02 (5.46) | 0.003~1.201 (0.464) | 1.76~8.45 (4.10) | 0.33~0.62 (0.41) | |
| 养殖方式 | 无机氮(mg·L ⁻¹) | 活性磷酸盐(mg·L ⁻¹) | 铜(mg·L ⁻¹) | 锌/(mg·L ⁻¹) | 硫化物(mg·L ⁻¹) | 总余氯(mg·L ⁻¹) |
| 池塘 | 0.029~1.530 (0.650) | 0.003~0.847 (0.278) | 未检出~0.0204 (0.0127) | 0.0007~0.0037 (0.00213) | 未检出 | 未检出 |
| 非循环水工厂化 | 0.060~5.160 (1.496) | 0.103~0.261 (0.179) | 未检出~0.0211 (0.0211) | 0.0005~0.0036 (0.00188) | 未检出 | 未检出 |
| 循环水工厂化 | 1.017~5.170 (3.006) | 0.255~0.441 (0.345) | 未检出~0.0212 (0.0212) | 0.0004~0.0018 (0.00124) | 未检出 | 未检出 |

Table 3. Water quality of mariculture tailwater in Tianjin**表 3.** 天津市海水养殖尾水水质情况

| 项目 | 悬浮物 | | | | COD _{Mn} | | | | 氨氮 | | | |
|--------------------------|------|------|------|-----|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 标准值(mg·L ⁻¹) | 20 | 30 | 40 | 50 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 1.00 | 1.5 | 2.0 |
| 池塘达标率(%) | 35.1 | 70.3 | 94.6 | 100 | 11.1 | 18.5 | 44.4 | 92.6 | 100 | 74.2 | 100 | 100 |
| 非循环水工厂化达标率(%) | 87.5 | 100 | 100 | 100 | 28.6 | 87.5 | 100 | 100 | 100 | 62.5 | 87.5 | 87.5 |
| 循环水工厂化达标率(%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 37.5 | 100 | 100 | 100 | 100 | 77.8 | 88.9 | 100 |
| 项目 | 总氮 | | | | 总磷 | | | | | | | |
| 标准值(mg·L ⁻¹) | 3 | 5 | 8 | 10 | 0.3 | | 0.4 | | 0.5 | | 0.6 | |
| 池塘达标率(%) | 53.8 | 84.6 | 92.3 | 100 | 29 | | 38.7 | | 48.4 | | 72.7 | |
| 非循环水工厂化达标率(%) | 71.4 | 100 | 100 | 100 | 85.7 | | 100 | | 100 | | 100 | |
| 循环水工厂化达标率(%) | 37.5 | 75.0 | 87.5 | 100 | 0 | | 66.7 | | 100 | | 100 | |

3.3. 标准适用范围

标准适用范围的界定依据一是标准的可执行性，二是合法合规。因为开放性水域中的海水养殖无法监控排放情况，天津市封闭性水体内的养殖方式有池塘养殖和工厂化养殖。因此，标准适用于封闭性水体中进行的池塘养殖和工厂化养殖尾水排放管理。

3.4. 标准分级

标准分级应综合考虑养殖尾水排放去向、污染控制技术水平和受纳水体环境质量要求等。国内已发布实施的关于海水养殖的排放标准均结合受纳水体的功能类别进行分级(表 4)。

天津市海水养殖尾水约 99%直接排入地表水体，根据《天津市水污染防治条例》第十三条：“直接向水体排放污染物的，其主要污染物还应当符合相应水功能区的水环境质量标准限值。”海水养殖特征指标与《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) [12]指标一致的是氨氮和总磷。由于不同养殖方式污染控制水平及管理水平不同，污染排放特征存在差异，因此应在受纳水体的功能类别的基础上，应再按照养殖方式分为池塘养殖和工厂化养殖两类，工厂化养殖按照循环水和非循环水养殖分为两级。对直接排入功能区划未明确水体和排入海域的 1%养殖尾水适度放宽要求。海水养殖尾水排入污水集中处理设施的，污水集中处理设施需具备处理此类废水的特定工艺和能力并确保达标排放，养殖户和污水集中处理设施责任单位可协商排放。

Table 4. Classification of standard in existing standards (involving consultation draft)**表 4.** 已有标准(含征求意见稿)的标准分级统计

| 标准分级 | SC/T 9103-2007 | SC/T 9103 修订(征求意见稿) | 辽宁 | 海南 |
|------|--------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|
| 一级 | GB 3097 规定的一类、二类海域 | GB 3097 规定的二类海域 | GB 3097 规定的第一、二类水质区域 | GB 3097 规定的第一类、第二类水质海域 |
| 二级 | GB 3097 规定的三类、四类海域 | GB 3097 规定的三、四类海域和海水养殖区 | GB 3097 规定的第三、四类水质区域 | GB 3097 规定的第三类、第四类水质海域 |

3.5. 控制指标的筛选

控制指标筛选原则主要有两点，一是要控制特征污染物，二是要充分结合现有管理水平和经济水平，适当精简。

现有国家及地方标准控制指标相对较多，但部分地方排放标准控制指标又相对缺失，如未考虑总氮和总磷。

国内相关标准控制指标选取情况如表 5 所示。

Table 5. Statistics of control indicator in existing standards (involving consultation draft)

表 5. 已有标准(含征求意见稿)的控制指标统计

| 序号 | 控制指标 | 天津 | SC/T 9103-2007 | SC/T 9103 修订(征求意见稿) | 辽宁 | 海南 |
|----|-------------------|----|----------------|---------------------|----|----|
| 1 | 悬浮物 | √ | √ | √ | √ | √ |
| 2 | pH | √ | √ | √ | √ | √ |
| 3 | COD _{Mn} | √ | √ | √ | √ | √ |
| 4 | 生化需氧量 | | √ | | | √ |
| 5 | 锌 | √ | √ | | √ | √ |
| 6 | 铜 | √ | √ | | √ | √ |
| 7 | 无机氮 | | √ | | √ | √ |
| 8 | 活性磷酸盐 | | √ | | | √ |
| 9 | 氨氮 | √ | | | | |
| 10 | 总氮 | √ | | √ | | |
| 11 | 总磷 | √ | | √ | | |
| 12 | 无机磷 | | | | √ | |
| 13 | 硫化物 | | √ | | √ | √ |
| 14 | 氯化物 | | | | √ | |
| 15 | 多氯联苯 | | | | √ | |
| 16 | 马拉硫磷 | | | | √ | |
| 17 | 甲基对硫磷 | | | | √ | |
| 18 | 磺胺噻唑 | | | | √ | |
| 19 | 磺胺二甲嘧啶 | | | | √ | |
| 20 | 磺胺对甲氧嘧啶 | | | | √ | |
| 21 | 磺胺间甲氧嘧啶 | | | | √ | |
| 22 | 敌百虫 | | | | √ | |
| 23 | 总余氯 | | √ | | | √ |

pH、悬浮物和 COD_{Mn} 是所有标准中均控制的基本指标，海南和农业农村部 SC/T 9103-2007 对硫化物和总余氯做了控制要求，但 SC/T 9103 修订版未做控制要求，辽宁针对其地方用药特点，对部分渔药做了控制要求。

硫化物是高密度、集约化养殖破坏生态系统和水体自净能力弱化的产物，目前海水养殖溶解氧浓度较高；水体中余氯过量会对鱼虾粘膜和腮部产生腐蚀作用，养殖池塘中的余氯主要来自所使用的含氯消毒剂，但余氯的去除可以通过暴晒快速解决，在没有光线的情况下，将水自然放 7~8 天或者用余氯中和剂处理水体，打开曝气泵加速中和也能够降低余氯。天津市海水养殖尾水中硫化物和总余氯均未检出，因此，硫化物和总余氯没有强制性控制的必要。

根据检测表明，锌、铜未超过 SC/T 9103-2007 一级标准，最大值仅为一级标准限值的 10%和 5%左右，并且锌多次未检出，因此，锌和铜可不作控制要求。

对于海水或海水养殖，之前受监测方法的限制，没有总氮和总磷的控制要求，而是选取了无机氮和活性磷

酸盐,但目前分析方法较为成熟,选择总氮和总磷作为控制指标也更符合管理需求。

对于药残的控制,需要充分结合地方管理需求及用药特点,选择具有代表性的控制指标。目前天津市海水养殖用药,一是在投苗前对水体进行消毒所用的水体消毒剂,以漂白粉为主;二是养殖过程中改善水体环境的环境改良剂,以石灰石、芽孢杆菌、氨基酸等为主;三是养殖过程中为调节养殖生物代谢、生长及提高生物免疫力的药物,以维生素、EM菌为主;四是工厂化养殖投入的中草药,包括大黄、黄芩等。根据《海水水质标准》(GB 3097-1997) [13],对天津市工厂化和池塘海水养殖尾水做了全项检测(除放射性),结果显示,标准中药物类指标六六六、滴滴涕、马拉硫磷、甲基对硫磷,部分重金属指标硒、六价铬,以及粪大肠、大肠菌、氰化物、挥发酚、苯并芘和阴离子表面活性剂等均未检出。根据《天津市打好污染防治攻坚战2020年工作计划》要求,天津市现阶段主要任务是提升水环境质量,入海河流全面消除劣V类。因此,对天津市来说,目前应着重考虑海水养殖尾水对水环境的影响的指标:化学需氧量、氨氮、总氮和总磷。

基于以上分析,标准至少应选取悬浮物、pH、COD_{Mn}、氨氮、总氮和总磷6项控制指标。

3.6. 指标限值的确定

标准指标限值的确定主要遵循两个原则:一是坚守生态环境质量底线,以改善水环境质量为核心,兼顾污染控制技术水平;二是引领海水养殖行业向循环水养殖方向发展,淘汰发展粗放的养殖方式。经调研,池塘养殖目前没有切实可行的污染控制技术和措施,工厂化养殖相对来说污染控制技术比较成熟。非循环水养殖换水频次高、换水量大,各项尾水污染物浓度相对较低,因此,相对循环水养殖,非循环水养殖宜收严标准限值。

pH 限值。根据监测结果,天津市海水养殖尾水 pH 范围在 7~9 之间,参照 SC/T 9103 及 GB 3097-1997, pH 限值定为 6.5~9.0 较为合适。

悬浮物限值。《污水综合排放标准》(DB12/356-2018) [14]中对排入地表水 V 类(二级标准)的悬浮物限值为 10 mg/L,池塘养殖尾水此限值的达标率仅为 10.8%,30 mg/L 时达标率为 70.3%,40 mg/L 时达标率可达到 94.6%。在污染控制技术不成熟的情况下,池塘养殖主要还是考虑现有尾水排放水平,而工厂化养殖可通过微滤机过滤有效降低悬浮物浓度。因此,池塘养殖宜设为 40 mg/L,工厂化养殖可收严至 20 mg/L。

COD_{Mn} 限值。对于池塘养殖,当 COD_{Mn} 为 15 mg/L 时,池塘养殖达标率仅为 44.4%,COD_{Mn} 20 mg/L 时,达标率可达 92.6%。对于工厂化海水养殖可以通过生物净化技术有效去除污染物,例如生物膜工艺可有效去除 90%以上 COD_{Mn},因此,相对池塘养殖应提高控制要求。循环水养殖较非循环水养殖污染物浓度会偏高一些,但循环水养殖是未来发展方向,因此,循环水养殖限值应较非循环水限值适度放宽。综合考虑,池塘养殖 COD_{Mn} 限值建议设为 20 mg/L,循环水养殖设为 15 mg/L,非循环水设为 10 mg/L,后者与 SC/T 9103 和其他地方标准排入二类海域限值一致。

氨氮限值。池塘养殖和循环水养殖尾水氨氮浓度较低,主要结合受纳水体要求确定排放限值,天津市入海河流要消除劣 V 类,氨氮应至少设为与地表水 V 类一致;非循环水养殖氨氮相对收严,可与地表水 IV 类标准值一致。还应当注意直接排入功能区的应与功能区标准值一致,非循环养殖排入地表水 V 类时,从严执行 IV 类标准值。

总氮和总磷限值。其他现有相关标准均未对总氮和总磷做控制要求,因此,总氮和总磷限值的确定主要以监测数据作为参考依据。总氮限值为 5 mg/L 时,池塘海水养殖的达标率是 84.6%,非循环水养殖达标率 100%,循环水养殖达标率 75.0%。池塘宜放宽总氮指标限值,当排放限值为 8 mg/L 时达标率可达 92.3%;循环水养殖由于浓度较高,现有处理技术去除效率欠佳,总氮限值宜放宽至与池塘一致。总磷限值 0.4 mg/L 时,池塘海水养殖、循环水和非循环水养殖达标率分别为 38.7%、66.7%和 100%。因此,池塘海水养殖受处理技术和经济水平限制,总磷限值应适度放宽。

综合以上分析,海水养殖标准具体限值见表 6,依据受纳水体为地表水 V 类和二类海域进行对比,标准与

其他相关标准限值对比见表 7，执行该标准限制各污染物达标情况见表 8。

Table 6. Discharge limit of tailwater pollutants for mariculture
表 6. 海水养殖尾水污染物排放限值

| 序号 | 控制项目 | 池塘 | 工厂化 | |
|----|---|---------|---------|---------|
| | | | 一级标准 | 二级标准 |
| 1 | 悬浮物(mg·L ⁻¹) | 40 | 20 | 20 |
| 2 | pH(无量纲) | 6.5~9.0 | 6.5~9.0 | 6.5~9.0 |
| 3 | COD _{Mn} (mg·L ⁻¹) | 20 | 10 | 15 |
| 4 | 氨氮(以 N 计)(mg·L ⁻¹) | 2.0 | 1.5 | 2.0 |
| 5 | 总氮(以 N 计)(mg·L ⁻¹) | 8 | 5 | 8 |
| 6 | 总磷(以 P 计)(mg·L ⁻¹) | 0.6 | 0.4 | 0.4 |

Table 7. Limits of indicators for water discharge into class V of surface water and class two of sea areas
表 7. 出水排入地表水 V 类和二类海域的各指标限值

| 序号 | 污染物 | 天津 | | | SC/T 9103-2007 | SC/T9103 (征求意见稿) | GB3097-1997 | GB3838-2002 | DB12/35 6-2018 | 海南 | 辽宁 |
|----|---|---------|---------|---------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-------------|----------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| | | 池塘 | 非循环水 | 循环水 | 一级 | 一级 | 二类 | V 类 | 二级 | 一级 | 一级 |
| 1 | 悬浮物(mg·L ⁻¹) | 40 | 20 | 20 | ≤40 | ≤50, 有本底时增量 ≤20 | 增量≤10 | -- | 10 | ≤35 | 增量 ≤40 |
| 2 | pH(无量纲) | 6.5~9.0 | 6.5~9.0 | 6.5~9.0 | 7.0~8.5, 同时不超出该水域正常变动范围的 0.5 单位 | 7.0~8.5, 同时不超出该水域正常变动范围的 0.5 单位 | 7.8~8.5, 同时不超出该水域正常变动范围的 0.2 pH 单位 | 6~9 | 6~9 | 7.0~8.5, 同时不超出该水域正常变动范围的 0.5 单位 | 7.0~8.5, 同时不超出该水域正常变动范围的 0.5 pH 单位 |
| 3 | COD _{Mn} (mg·L ⁻¹) | 20 | 10 | 15 | ≤10.0 | ≤10.0 | ≤3 | 高锰酸盐指数 15 | COD _{Cr} 40 | ≤10 | 增量≤10 |
| 4 | 氨氮(以 N 计)(mg·L ⁻¹) | 2.0 | 1.5 | 2.0 | - | - | - | 2.0 | 2.0(3.5) | - | - |
| 5 | 总氮(以 N 计)(mg·L ⁻¹) | 8 | 5 | 8 | - | 10 | - | 2.0 (湖、库) | 15 | - | - |
| 6 | 总磷(以 P 计)(mg·L ⁻¹) | 0.6 | 0.4 | 0.4 | - | 1.0 | - | 0.4 | 0.4 | - | - |

注：每年 11 月 1 日至次年 3 月 31 日执行括号内的排放限值；“-”表示不控制此项污染物。

Table 8. Achievement rate of different culture modes
表 8. 不同养殖方式执行标准达标率

| 执行标准达标率 | pH(%) | 悬浮物(%) | COD _{Mn} (%) | 氨氮(%) | 总氮(%) | 总磷(%) |
|---------|-------|--------|-----------------------|-------|-------|-------|
| 池塘 | 100 | 94.6 | 92.6 | 100 | 92.3 | 72.7 |
| 非循环水工厂化 | 100 | 100 | 87.5 | 87.5 | 100 | 100 |
| 循环水工厂化 | 100 | 100 | 100 | 100 | 87.5 | 66.7 |

3.7. 标准环境效益

如果天津市海水养殖尾水排放按照上述标准执行，不同养殖方式均有一定程度减排效益，经测算，海水养

殖各污染物减排量为悬浮物 4.17 t, COD_{Mn} 21.33 t, 氨氮 6.79 t, 总磷 1.74 t, 具体见表 9。

Table 9. Environmental benefit of the standard
表 9. 标准环境效益

| 养殖方式 | 项目 | 悬浮物 | COD _{Mn} | 氨氮 | 总磷 |
|---------|---------|--------|-------------------|-------|-------|
| 池塘 | 排放量(t) | 214.43 | 126.94 | 4.55 | 4.16 |
| | 减排量(t) | 4.17 | 1.06 | 0 | 0.97 |
| 非循环水工厂化 | 排放量(t) | 204.48 | 238.37 | 36.28 | 8.90 |
| | 减排量(t) | 0 | 20.27 | 6.79 | 0 |
| 循环水工厂化 | 排放量(t) | 60.87 | 89.83 | 7.63 | 6.75 |
| | 减排量(t) | 0 | 0 | 0 | 0.77 |
| 合计 | 总排放量(t) | 479.78 | 455.14 | 48.46 | 19.81 |
| | 总减排量(t) | 4.17 | 21.33 | 6.79 | 1.74 |

若目前保留的非循环水养殖全部改造成循环水养殖, 且改造后达标排放, 各污染物在上述减排的基础上, 能再减排悬浮物 63.46 t、COD_{Mn} 112.34 t、氨氮 15.39 t、总磷 6.08 t (表 10)。因此, 按照改造并达标排放计算, 各项污染物减排总量为悬浮物 67.63 t、COD_{Mn} 133.67 t、氨氮 22.18 t、总磷 7.82 t, 减排比例依次为 14.1%、29.4%、45.7%和 39.5%。

Table 10. Environmental benefit of transformation of culture mode
表 10. 养殖方式改造的环境效益

| 污染物 | 悬浮物 | COD _{Mn} | 氨氮 | 总磷 |
|-------------------------|--------|-------------------|-------|------|
| 非循环水养殖年排放量(t) | 204.48 | 238.37 | 36.28 | 8.90 |
| 非循环水改造成循环水达标减排量(t) | 63.46 | 132.61 | 22.18 | 6.08 |
| 改造前非循环水达标减排量(t) | 0 | 20.27 | 6.79 | 0 |
| 改造后达标排放较改造前达标排放多减排的量(t) | 63.46 | 112.34 | 15.39 | 6.08 |

3.8. 标准执行建议

1) 建议池塘养殖和现有工厂化养殖尾水污染物排放给予一年改造时限, 新(改、扩)建工厂化海水养殖尾水污染物排放, 自标准实施之日起执行。

2) 相关行政管理部门要加强协作。建立联络协调机制, 切实做好各单位之间协调沟通工作, 相关部门与各涉农区政府要密切配合、狠抓落实、协同攻坚。

3) 生产者要提高生产方式。饵料中含有大量营养元素, 氮含量高达 6.6%, 磷含量高达 1.0% [15], 生产者应选择高质量饲料, 减少残饵剩余, 从养殖过程前端有效控制水污染[16]。另外, 加强海水养殖尾水的处理技术和养殖水循环利用技术, 因地制宜选择合适的养殖尾水处理技术, 减少源头污染, 节约水资源。目前采用的循环水设施处理技术, 均未考虑对氮磷营养物质的去除, 循环时间越长, 浓度越高, 排放水平越高, 对水环境影响也越严重[17]。因此, 在循环水设施的设计上要加以考虑对水环境的保护。

4) 加强管理部门的监督管理。相关部门应该设立严格的监管机构, 制定严格的监管机制, 以制度形式来实现对水体污染的有效防治[18]。在分工明确的前提下, 严格执法, 遇到不遵守监管机制的养殖户, 要给予严肃处理。相关部门要定期对养殖户进行环境影响评估、水体污染程度监测等, 通过检测报告的指标来评定养殖户是

否真正遵守监管机制、按照正确的养殖方式养殖、随时随地履行保护环境的职责。

4. 结论

1) 标准适用于封闭性水体内进行的池塘和工厂化海水养殖。

2) 尾水直接排放的依据受纳水体功能类别及养殖方式分类分级, 间接排放的可与污水集中处理设施责任单位协商排放。

3) 根据水环境管理目标要求、污染控制技术水平、经济水平和管理水平科学选择特征控制指标并适当精简, 合理确定排放限值。

4) 为保证标准顺利发布实施, 各级相关部门应切实履行在海水养殖生产及尾水排放全过程的监管责任, 做好海水养殖尾水污染物排放的监督管理, 养殖生产者应因地制宜建设尾水处理设施, 为达标排放提供保障。

基金项目

天津市科技计划项目(18ZXSZSF00130)资助。

参考文献

- [1] 袁秀堂, 张升利, 刘述锡, 等. 庄河海域菲律宾蛤仔底播增殖区自身污染[J]. 应用生态学报, 2011, 22(3): 785-792.
YUAN Xiutang, ZHANG Shengli, LIU Shuxi, et al. Self-pollution in *Ruditapes philippinarum* bottom-cultured area of Zhuanghe coast. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(3): 785-792. (in Chinese)
- [2] 夏丽华, 徐珊, 陈智斌, 等. 广东省海岸带海水养殖业污染贡献率研究[J]. 广州大学学报: 自然科学版, 2013, 12(5): 80-86.
XIA Lihua, XU Shan, CHEN Zhibin, et al. Study on pollution contribution rate of mariculture in coastal zone of Guangdong Province. Journal of Guangzhou University: Natural Science Edition, 2013, 12(5): 80-86. (in Chinese)
- [3] 操建华. 水产养殖业自身污染现状及其治理对策[J]. 社会科学家, 2018(2): 46-50.
CAO Jianhua. Current situation of aquaculture self pollution and countermeasures. Social Scientist, 2018(2): 46-50. (in Chinese)
- [4] 阚文静, 张亚楠, 张秋丰, 等. 天津近岸海域水体富营养化特征及健康状况分析[J]. 海洋湖沼通报, 2013(3): 147-151.
KAN Wenjing, ZHANG Yanan, ZHANG Qiufeng, et al. Analysis on eutrophication characteristics and health status of Tianjin coastal water. Transactions of Oceanology and Limnology, 2013(3): 147-151. (in Chinese)
- [5] 刘春琳, 程玉超, 孙艺, 等. 天津海洋生态环境综合治理对策研究[J]. 资源节约与环保, 2020(6): 31-34.
LIU Chunlin, CHENG Yuchao, SUN Yi, et al. Study on the comprehensive management of marine ecological environment in Tianjin. Resource Conservation and Environmental Protection, 2020(6): 31-34. (in Chinese)
- [6] 黄金良, 黄玲, 穆景利, 等. 环渤海海岸带生态分区研究[J]. 海洋环境科学, 2013, 32(3): 434-439.
HUANG Jinliang, HUANG Ling, MU Jingli, et al. Study on ecological division of coastal zone around Bohai Sea. Marine Environmental Science, 2013, 32(3): 434-439. (in Chinese)
- [7] 宗虎民, 袁秀堂, 王立军, 等. 我国海水养殖业氮、磷产出的初步评估[J]. 海洋环境科学, 2017, 36(3): 336-342.
ZONG Humin, YUAN Xiutang, WANG Lijun, et al. Preliminary assessment of nitrogen and phosphorus output of mariculture in China. Marine Environmental Science, 2017, 36(3): 336-342. (in Chinese)
- [8] SCHWITZGUÉBEL, J.-P., WANG, H. L. Environmental impact of aquaculture and countermeasures to aquaculture pollution in China. Environmental Science and Pollution Research-International, 2007, 14(7): 452-462.
<https://doi.org/10.1065/espr2007.05.426>
- [9] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. GB 17378.4-2007. 海洋监测规范第 4 部分: 海水分析[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of China, Standardization Administration of China. GB 17378.4-2007. The specification for marine monitoring—Part 4: Seawater analysis. Beijing: Standards Press of China, 2007. (in Chinese)
- [10] 国家海洋局. HY/T 147.1-2013. 海洋监测技术规程第 1 部分: 海水[S]. 北京: 国家海洋局, 2013.
State Oceanic Administration. HY/T 147.1-2013. Code of practice for marine monitoring technology—Part 1: Seawater. Beijing, State Oceanic Administration, 2013. (in Chinese)
- [11] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. GB 12763.4-2007. 海洋调查规范第 4 部分: 海水化学要素调查

- [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of China, Standardization Administration of China. GB 12763.4-2007. Specifications for oceanographic survey—Part 4: Survey of chemical parameters in sea water. Beijing: Standards Press of China, 2007. (in Chinese)
- [12] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. GB 3838-2002. 地表水环境质量标准[S]. 北京: 国家环境保护总局, 2002.
State Environmental Protection Administration, General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of China. GB 3838-2002. Environmental quality standards for surface water. Beijing: State Environmental Protection Administration, 2002. (in Chinese)
- [13] 国家环境保护总局. GB 3097-1997. 海水水质标准[S]. 北京: 国家环境保护总局, 1997.
State Environmental Protection Administration. GB 3097-1997. Sea water quality standard. Beijing: State Environmental Protection Administration, 1997. (in Chinese)
- [14] 天津市环境保护局, 天津市市场和质量技术监督委员会. DB12/356-2018. 污水综合排放标准[S]. 天津: 天津市环境保护局, 2018.
Tianjin Environmental Protection Bureau. DB12/356-2018. Integrated wastewater discharge standard. Tianjin: Tianjin Environmental Protection Bureau, 2018. (in Chinese)
- [15] 张韦, 缴建华. 天津地区水产养殖氮磷污染负荷估算初探[J]. 科学养鱼, 2018(6): 54-56.
ZHANG Wei, JIAO Jianhua. Preliminary study on nitrogen and phosphorus pollution load estimation of aquaculture in Tianjin. Scientific Fish Culture, 2018(6): 54-56. (in Chinese)
- [16] 王军, 姜冰, 韩家波, 等. 辽宁省池塘养殖废水排放的分布及其对水环境的影响[J]. 水产科学, 2013, 32(3): 165-170.
WANG Jun, JIANG Bin, HAN Jiabo, et al. Distribution of pond aquaculture tailwater discharge and its impact on water environment in Liaoning Province. Fisheries Science, 2013, 32(3): 165-170. (in Chinese)
- [17] 王雪惠, 耿绪云, 刘岳, 等. 天津汉沽海水工厂化养殖现状及发展对策[J]. 天津水产, 2013(1): 13-18.
WANG Xuehui, GENG Xuyun, LIU Yue, et al. Current situation and development countermeasures of industrial mariculture in Hangu, Tianjin. Tianjin Fisheries, 2013(1): 13-18. (in Chinese)
- [18] 俞瑞高. 水产养殖环境的污染及其控制对策探讨[J]. 江西农业, 2016(7S): 28.
YU Ruigao. Pollution of aquaculture environment and its control countermeasures. Jiangxi Agriculture, 2016(7S): 28. (in Chinese)