附件4

《水产养殖尾水新型污染物处理可行技术指南》（试行）

编制说明

上海市环境科学研究院

上海水生环境工程有限公司

2020年10月

目录

[一、工作概况 1](#_Toc54186238)

[（一）编制背景 1](#_Toc54186239)

[（二）起草单位 2](#_Toc54186240)

[（三）主要起草人 2](#_Toc54186241)

[二、指南编制的必要性和意义 2](#_Toc54186242)

[（一）指南编制必要性 2](#_Toc54186243)

[（二）指南编制意义 3](#_Toc54186244)

[三、主要起草过程 3](#_Toc54186245)

[（一）水产养殖业抗菌药物使用与管理现状调研 3](#_Toc54186246)

[（二）典型水产养殖塘养殖尾水和底泥中药物残留分析 3](#_Toc54186247)

[（三）水产养殖抗菌药物管理清单及使用规范提出 4](#_Toc54186248)

[（四）水产养殖尾水处理技术研发与应用效果评价 4](#_Toc54186249)

[（五）水产养殖尾水新型污染物处理可行技术指南编制 5](#_Toc54186250)

[四、制定指南的原则和依据 5](#_Toc54186251)

[（一）制定指南的原则 5](#_Toc54186252)

[（二）制定标准的依据 6](#_Toc54186253)

[五、主要条款及经济性分析 6](#_Toc54186254)

[（一）主要条款 6](#_Toc54186255)

[（二）经济性分析 7](#_Toc54186256)

[六、专家意见落实情况 8](#_Toc54186257)

[七、作为推荐性或强制性标准的建议及其理由 8](#_Toc54186258)

[八、贯彻指南的措施建议 8](#_Toc54186259)

**一、工作概况**

**（一）编制背景**

近年来，随着养殖业规模化水平的不断提高，为预防和治疗养殖过程中出现的疾病、促进养殖品的生长与发育，抗菌药物被添加到兽药和饲料中，对提高饲养效益起到了积极作用。然而，不规范、过量使用抗菌药物的问题仍然存在，且部分抗菌药物及其代谢产物随着畜禽粪污还田和水产养殖水体排放进入水土环境，对生态环境造成不良影响，尤其在饮用水源地等环境敏感区域，可能对饮用水水质安全造成潜在风险。加强养殖业抗菌药物使用管理，对于控制农业面源污染、保障饮用水安全和人体健康、提供更多优质绿色农产品具有重要意义。

在2015年的国家《水污染防治行动计划》中提出推进生态健康养殖，在重点河湖及近岸海域划定限制养殖区，实施水产养殖池塘标准化改造，积极推广人工配合饲料，逐步减少冰鲜杂鱼饲料使用；同时加强养殖投入品管理，依法规范、限制使用抗生素等化学药品，开展专项整治。上海市《水污染防治行动计划实施方案》明确要求“继续推进标准化水产养殖场建设，加强养殖投入品管理，依法规范、合理使用抗生素等化学药品，开展专项整治”。随后在《上海市乡村振兴战略实施方案（2018-2022年）》中特别提出推行农业绿色生产方式，探索生态循环水池养殖模式，实现规模化水产养殖尾水治理全覆盖。2019年2月，为了加快推进水产养殖业绿色发展，十部委《关于加快推进水产养殖业绿色发展的若干意见》，这是第一个经国务院同意、专门针对水产养殖业的指导性文件，共8个部分、26条具体的政策措施，围绕加强科学布局、转变养殖方式、改善养殖环境、强化生产监管、拓宽发展空间、加强政策支持及落实保障措施等方面作出全面部署。

在此背景下，针对本市饮用水源保护区、准水源保护区及缓冲区内水产养殖新型污染物排放风险，上海市环境科学研究院联合上海水生环境工程有限公司，依托国家科技重大专项课题“太浦河金泽水源地水质安全保障综合示范”（2017ZX07207）课题“金泽水源地养殖业抗生素和激素类新型污染物防控关键技术研究与示范（2017ZX07207002）”等项目支持，基于当前以人工湿地为主的水产养殖尾水常规处理，研究得出了水产养殖业抗生素类新型污染物排放特征、迁移规律及环境影响。在此基础上，编制组通过小试、中试及示范工程等一系列研究，提出了水产养殖尾水新型污染物处理技术体系，并于2020年9月编制完成《水产养殖尾水新型污染物处理可行技术指南（试行）》及其编制说明。

**（二）起草单位**

本指南由上海市生态环境局组织制定，起草单位有上海市环境科学研究院、上海水生环境工程有限公司。

**（三）主要起草人**

| **姓名** | **性别** | **单位** | **职务/职称** | **任务分工** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 沈根祥 | 男 | 上海市环境科学研究院 | 教授级高级工程师 | 总体负责 |
| 王丽卿 | 女 | 上海水生环境工程有限公司 | 教授 | 处置工艺研发 |
| 胡双庆 | 男 | 上海市环境科学研究院 | 高级工程师 | 去除效果监测 |
| 郭春霞 | 女 | 上海市环境科学研究院 | 高级工程师 | 技术指南编制 |
| 钱晓雍 | 男 | 上海市环境科学研究院 | 高级工程师 | 技术指南编制 |
| 徐后涛 | 男 | 上海水生环境工程有限公司 | 高级工程师 | 中试、示范工程试验 |
| 王振旗 | 男 | 上海市环境科学研究院 | 高级工程师 | 政策调研及比对 |
| 张洪昌 | 男 | 上海市环境科学研究院 | 高级工程师 | 数据审核与复检 |
| 张玮 | 男 | 上海水生环境工程有限公司 | 副教授 | 中试、示范工程试验 |

**二、指南编制的必要性和意义**

**（一）指南编制必要性**

研究显示，抗菌药物进入动物体内后，约60~90%的药物会以原药或代谢产物形式通过排泄物进入环境，周边区域水体中也时有抗生素类新型污染物检出，对饮用水安全构成了潜在威胁，而我国供水厂的常规水处理工艺无法有效去除水中的抗生素。因此，为贯彻落实《上海市水污染防治行动计划实施方案》、《上海市都市现代绿色农业发展三年行动计划（2018-2020年）》和《关于加快推进水产养殖业绿色发展的若干意见》，最大限度地减少水产养殖尾水排放过程中新型污染物流失排放造成环境污染隐患，以水产养殖尾水常规污染物和新型污染物协同净化为目标，编制《水产养殖尾水新型污染物处理可行技术指南（试行）》。

**（二）指南编制意义**

1. 编制并发布《水产养殖尾水新型污染物处理可行技术指南（试行）》，有助于本市水产养殖新型污染物污染风险防控，进而提升金泽水源地等水源保护区水质安全保障水平。

2. 开展水产养殖尾水新型污染物处理，有助于健全水产养殖投入品减量使用制度，规范限量使用饲料添加剂，科学合理使用抗菌药物，对于控制农业面源污染、提供更多优质绿色农产品具有重要意义。

3.在近年来稳步推进长三角一体化示范区建设的背景下，率先开展水产养殖尾水新型污染物处理，有助于推进农业绿色发展、加快农业现代化和促进农业可持续发展，可在长三角乃至全国启动科技引领作用，为国内其它类似地区水产养殖新型污染物防控工作提供参考借鉴。

**三、主要起草过程**

**（一）水产养殖业抗菌药物使用与管理现状调研**

编制组通过资料调研、实地调查等方式，结合上海市水产研究所、上海市动物疫病预防控制中心所提供的相关资料，开展了金泽水源地及上游地区200余家水产养殖场的面上调研，掌握了长三角区域内水产养殖业药物投入品使用和管理现状，分析了目前本市乃至长三角地区水产养殖抗菌药物的使用类型、使用方式、管理现状等。

结果显示，金泽水源地周边及上游地区水产养殖业常用药物为五大类十余种抗生素，无违禁药使用情况。由于抗生素在养殖生产中具有防治细菌性疾病和提高养殖产量等多种功效，在杀菌剂中经常使用抗生素，包含的类型包括氨基糖苷类、四环素类、酰胺醇类、磺胺类及喹诺酮类。金泽水源地周边区域水产养殖过程中主要抗生素使用类型及用量分别见表1、表2和表3所示。

**表1 鱼类养殖过程中主要抗生素使用类型及用量**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **抗生素名称** | **用途** | **用量** | **用法** |
| 1 | 盐酸多西环素 | 败血、烂鳃、肠炎等细菌性疾病 | 20.0mg/kg体重，每日1次，连用3天~5天 | 拌料投喂 |
| 2 | 恩诺沙星 | 鱼类出血性败血症、细菌性烂鳃病、打印病、肠炎、赤鳍病、红体病、溃疡、爱德华氏菌病等细菌性疾病 | 10mg/kg~20.0mg/kg体重，每日1次，连用5天~7天 | 拌料投喂 |
| 3 | 硫醚沙星 | 红斑、烂鳃、赤皮、烂皮、腐皮、溃烂、打印、疖疮、烂鳍、烂尾、肤霉、脱粘、白头白嘴等细菌性疾病 | 每亩1米水深使用本品100-120ml | 全池泼洒 |
| 4 | 诺氟沙星 | 出血病、肠炎、赤皮、烂鳃病、体表溃疡、竖鳞病、白云病等 | 15.0mg/kg~20.0mg/kg体重，每日1次，连用3天~5天 | 拌料投喂 |
| 5 | 氟苯尼考 | 由细菌引起的败血症、溃疡、肠道病、烂鳃病 | 10.0mg/kg~15.0mg/kg体重，每日1次，连用3天~5天 | 拌料投喂 |
| 6 | 硫酸新霉素 | 细菌性烂鳃病、白皮病、竖鳞病、细菌性肠炎病 | 5.0mg/kg体重，每日1次，连用4天~6天 | 拌料投喂 |
| 7 | 磺胺间甲氧嘧啶 | 肠炎、烂鳃、赤皮、打印、腐皮等细菌性疾病，鱼孢子虫、鞭毛虫等原虫病 | 每亩1米水深使用本品200g | 全池泼洒 |
| 80.0mg/kg~160.0mg/kg体重，每日1次，连用4天~6天 | 拌饵投喂 |
| 8 | 复方磺胺嘧啶 | 治疗肠炎、赤皮病等 | 0.3g/kg体重，每日2次，连用3天~5天 | 拌料投喂 |

**表2虾类养殖过程中主要抗生素使用类型及用量**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **抗生素名称** | **用途** | **用量** | **用法** |
| 1 | 恩诺沙星 | 对虾白斑综合征、桃拉综合征 | 10mg/kg~20.0mg/kg体重，每日1次，连用5天~7天 | 拌料投喂 |
| 2 | 诺氟沙星 | 出血病、肠炎、赤皮、烂鳃病、体表溃疡、竖鳞病、白云病等 | 15.0mg/kg~20.0mg/kg体重，每日1次，连用3天~5天 | 拌料投喂 |
| 3 | 噁喹酸 | 对虾弧菌病 | 6.0mg/kg~60.0mg/kg体重，每日1次，连用5天 | 拌料投喂 |
| 4 | 土霉素 | 用于治疗肠炎病、弧菌病 | 10.0mg/kg~15.0mg/kg体重，每日1次，连用3天~7天 | 拌饵投喂 |
| 5 | 复方磺胺嘧啶 | 孢子虫病 | 0.3g/kg体重，每日2次，连用3天~5天 | 拌料投喂 |

**表3 蟹类养殖过程中主要抗生素使用类型及用量**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **抗生素名称** | **用途** | **用量** | **用法** |
| 1 | 恩诺沙星 | 气单包菌病、水瘪子病 | 10mg/kg~20.0mg/kg体重，每日1次，连用5天~7天 | 拌料投喂 |
| 2 | 土霉素 | 细菌性疾病、烂肢病 | 10.0mg/kg~15.0mg/kg体重，每日1次，连用3天~7天 | 拌饵投喂 |
| 3 | 复方磺胺嘧啶 | 细菌性疾病、真菌性疾病 | 0.3g/kg体重，每日2次，连用3天~5天 | 拌料投喂 |

**（二）典型水产养殖塘养殖尾水和底泥中药物残留分析**

编制组选择位于黄浦江水源保护区周边的青西三镇典型水产养殖场19个水产塘，调研了不同养殖类型（鱼鳖混养、四大家鱼、经济鱼类、蟹类、虾类）等2017~2018年抗菌药物投入使用情况，并对典型水产养殖塘养殖尾水和底泥中药物残留情况进行分析。

上述典型水产养殖场的养殖尾水、底泥中抗生素检出情况见表4所示。

**表4 水产养殖业抗生素检测情况**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **抗生素类型** | **四大家鱼** | **南美白对虾** | **成蟹** | **经济鱼种** |
| **尾水** | **底泥** | **尾水** | **底泥** | **尾水** | **底泥** | **尾水** | **底泥** |
| 磺胺类 | 磺胺甲基嘧啶 | √ |  | √ |  | √ |  | √ |  |
| 磺胺二甲基嘧啶 | √ |  |  |  |  |  | √ |  |
| 磺胺嘧啶 | √ |  | √ | √ | √ |  |  |  |
| 磺胺间二甲氧嘧啶 | √ | √ |  | √ | √ |  | √ | √ |
| 甲氧苄啶 |  |  | √ | √ | √ |  | √ | √ |
| 喹诺酮类 | 诺氟沙星 |  | √ |  |  |  |  | √ | √ |
| 环丙沙星 |  | √ | √ | √ |  |  | √ | √ |
| 恩诺沙星 | √ | √ | √ | √ |  | √ | √ | √ |
| 四环素类 | 土霉素 |  | √ |  |  |  |  |  | √ |
| 多西环素 | √ |  | √ |  | √ |  | √ |  |
| 酰胺醇类 | 氟苯尼考 | √ |  | √ |  |  |  | √ | √ |
| 种类合计 | 7 | 5 | 7 | 5 | 5 | 1 | 9 | 7 |

从抗生素检出类型来看，四大家鱼养殖场中可检出磺胺甲基嘧啶、磺胺嘧啶、恩诺沙星、氟苯尼考等7种抗生素，虾类养殖场中检出数与鱼类相同，而经济鱼类养殖中抗生素检出类型高于其他养殖品种，说明经济鱼种养殖过程中病害的发生高于其他养殖品种。

磺胺甲基嘧啶、磺胺二甲基嘧啶、磺胺嘧啶在养殖尾水中均有检出，但数值处于10 ng/L左右，底泥中均未检出，说明磺胺类物质在水中易降解。而诺氟沙星、环丙沙星以及土霉素在养殖尾水中并未检出，在底泥中均有检出，这也说明了底质环境是养殖环境中污染物的聚集地，具有蓄积效应。

**（三）水产养殖抗菌药物管理清单及使用规范提出**

编制组通过水产养殖业抗菌药物使用与管理现状调研，以及水产养殖场样子尾水和底泥中药物残留分析，结合近三年上海地区市售水产品中兽药残留检测情况，提出了水产养殖生产环节2种严格管理抗菌药物和3种重点管理抗菌药物及其管理对策建议。该研究成果已形成《关于加强本市养殖业抗菌药物使用管理的通知》（沪农委规〔2019〕14号），于2019年7月12日作为上海市农业农村委委员会规范性文件实施，旨在加强本市水产养殖环节抗菌药物源头管理，保障水产品质量及生态环境安全，提升养殖业精细化、信息化管理水平。

《通知》规定了管理清单、采购规范、使用规范、废弃物处置规范等内容。其中管理清单详见表5所示。

**表5水产养殖业抗生素类药物防控清单**

|  |  |
| --- | --- |
| **类型** | **名称** |
| 磺胺类 | 磺胺间甲氧嘧啶 |
| 复方磺胺嘧啶 |
| 喹诺酮类 | 恩诺沙星 |
| 四环素类 | 盐酸多西环素 |
| 酰胺醇类 | 氟苯尼考 |

**（四）水产养殖尾水处理技术研发与应用效果评价**

针对水产养殖尾水排放中抗生素残留问题，编制组通过实验室小试、中试和现场试验，以养殖尾水抗生素和常规污染物协同净化为导向，集成了以可拆卸金属负载型材料湿地模块为核心的末端处置关键技术工艺，并在上海市青浦沙田湖水产养殖场示范应用。



**图1 水产养殖废水常规及新型污染物处置工艺流程**

结果表明，水产养殖尾水中氮磷等常规污染物、抗生素的去除率平均可达到40%以上。可拆卸金属负载型湿地模块对抗生素去除效果明显，本模块对抗生素的去除效率比常规湿地高20~50%。

**（五）水产养殖尾水新型污染物处理可行技术指南编制**

考虑到《水产养殖尾水新型污染物处理可行技术指南》（试行）编制的迫切性，上海市环境科学研究院联合上海水生环境工程有限公司的技术人员成立指南起草工作小组，明确了工作指导思想，制定了工作原则，确定了起草组成员和任务分工，并确定由上海市环境科学研究院牵头负责指南制定的组织协调工作、由上海水生环境工程有限公司牵头负责指南文本的起草工作。

指南起草工作组首先是总结本市过去在水产养殖污染防治和新型污染物末端治理相关技术规范编制和试点应用的工作成果，并多方借鉴其他指南编制的经验，先后组织工作组成员讨论指南的编制内容。其次是通过多渠道收集国内外及本市水产养殖场污染治理和抗生素类新型污染物去除等方面的研究成果和文献资料，并讨论拟定适合当前以人工湿地为主的尾水常规处理工艺要求，以常规污染物和新型污染物协同净化为目标的水产养殖业抗生素新型污染物防控关键技术。再是将相关的技术要求与本市郊区试点应用情况进行比较验证，同时起草初稿，并向农业主管部门、高校、科研结构、郊区相关部门的专家进行广泛咨询。

在充分调研和分析总结的基础上，指南编制组起草了指南草稿，2020年8月形成征求意见稿，并提交至市生态环境局主管部门征求意见。根据意见征求结果，指南编制组对指南文本和编制说明进行了修改完善，2020年9月初形成初稿。

2020年10月15日，上海市环境保护局组织召开了专家论证会。根据专家评审意见，指南编制组对指南文本和编制说明进行了进一步修改完善，2020年10月底形成报批稿。

**四、制定指南的原则和依据**

**（一）制定指南的原则**

（1）协同净化原则

在原有人工湿地处理设施基础上，以配置对抗生素具有去除效果的湿地模块（光催化模块、臭氧曝气模块等），形成复合型人工湿地集成净化系统，通过吸附及光催化降解、臭氧氧化等作用达到常规污染物与新型污染物的协同净化。

（2）全过程污染防治原则

水产养殖场应针对养殖尾水和底泥处理利用的全过程，提出针对性污染防治要求，消除养殖尾水和底泥利用过程中新型污染物流失对环境的影响。

**（二）制定标准的依据**

* GB 11607 渔业水质标准
* HJ 2005 人工湿地污水处理工程技术规范
* CJJ/T 54 污水自然处理工程技术规程
* SC/T 9101 淡水池塘养殖水排放要求

**五、主要条款及经济性分析**

**（一）主要条款**

《指南》针对本市饮用水源保护区、准水源保护区及缓冲区内采用尾水生态处理模式的淡水池塘养殖，用于指导养殖场尾水抗生素类新型污染物末端处置工程处理设施新建或改造的设计、施工和验收，以及生态湿地的运行维护，为发展健康养殖、促进生态循环重要提供技术支撑。《指南》共包括“适用范围”、“规范性引用文件”、“术语与定义”、“总体设计”、“处置工艺”和“运行与维护”六部分。

第一部分适用范围。明确用于本市饮用水源保护区、准水源保护区及缓冲区内采用尾水生态处理模式的淡水池塘养殖，其他区域水产养殖场可参照执行。

第二部分规范性引用文件。列出了本指南引用到的相关文件。

第三部分术语与定义。强调了本指南涉及的新型污染物主要是指与水产养殖有关的抗生素类物质。

第四部分总体设计。分一般规定、技术原理两部分内容，提出了水产养殖尾水新型污染物处理工程的总体设计思路。

第五部分处置工艺。提出推荐的工艺流程、工艺参数、常规处理设施、新增处理设施。

第六部分运行与维护。阐述了尾水处理的一般规定，并从新型污染物处理角度，阐述了排水要求、尾水净化时间、光催化模块清洗与更换、管护与清理、处理效果评估等运行维护规定。

**（二）经济性分析**

**1. 投资成本分析**

**光催化模块**I**建设成本：**可拆卸湿地模块，示范工程位于上海市青浦区沙田湖水产养殖场，示范工程占地约4650 m2，根据鱼塘排水特点，建立了水产养殖常规和新型污染物协同净化工程。示范工程最大处理量3300m3/d，设计了沉淀池、低氧塘、表面流湿地、一级氧化塘、水平潜流湿地、可拆卸金属负载型湿地、二级氧化塘等核心处理单元。湿地服务水产养殖面积50亩，其中可拆卸湿地面积330m2。常规湿地建设成本为5000元/亩（按养殖面积算），新增可拆卸湿地模块主要材料——钒酸铋活性炭纤维约500元/m2，湿地新增投资约1700元/亩。

**光催化模块II建设成本：**纳米银/石墨烯网，目前尚无纳米银/石墨烯网在水产养殖抗生素处理上的工程案例，对抗生素的去除研究还处于中试阶段，纳米银/石墨烯网1000元/m2，增加本模块湿地新增投资4000元/亩。

**臭氧曝气模块建设成本：**臭氧曝气多用于自来水消毒灭菌，据研究，当水体中臭氧投加量达到2mg/L时，对抗生素的去除率，5min内可达到30%以上。臭氧曝气模块建设一般包括臭氧发生器、螺杆空压机、制氧机、精密过滤器、吸附干燥机等模块，本模块工程建设成本约30万元/套，最大处理水量40m3/h。

**2. 运行成本分析**

光催化模块I湿地运行成本：人工湿地运行成本一般为200元/亩·年（养殖面积），光催化模块I平均使用寿命为3年，运行成本增加约500元/亩·年（养殖面积）。

光催化模块II湿地运行成本：纳米银/光催化网平均使用寿命2年，湿地运行成本约2000元/亩·年（养殖面积）。

臭氧曝气模块湿地运行成本：臭氧曝气模块每套设备功率约60kw/h，电费单价按1元/千瓦时计，每套设备处理量以40m3计，平均处理成本为1.5元/吨，运行成本约6000元/亩·年（养殖面积）。

综合而言，臭氧曝气建设及运行成本较高，不推荐大面积使用，可在养殖密度高的工厂化养殖场中试用。光催化模块I成本适中，易于推广。

**六、专家意见落实情况**

在本指南编制过程中，共征求了市生态环境局、市农业农村委及开展相关研究工作的高校和研究机构等单位的意见，共收到关于适用范围、术语定义、去除效果、水质水量、运行维护等方面的反馈意见20余条，均采纳并做了进一步修改完善。本指南制定过程无重大分歧意见。

**七、作为推荐性或强制性标准的建议及其理由**

建议市生态环境局以通知的形式，将《水产养殖尾水新型污染物处理可行技术指南》（试行稿）印发给涉水源保护地的相关区生态环境局，作为推荐性技术指南实施。

《指南》的发布实施，有助于推进都市现代绿色农业发展，促进生态循环种养，保障饮用水安全，指导和规范水产养殖场新型污染物治理工作，可为本市今后全面实施水产养殖业新型污染物排放管理提供技术支撑。

**八、贯彻指南的措施建议**

建议本市各级环境保护联合农业生产主管部门，共同做好宣传培训，示范推广等工作，定期对本指南实施情况进行调查，掌握动态，并对实施效果进行跟踪评估，及时解决实施中的问题，不断修改完善，提升管理水平，提高指南的科学性、合理性、协调性和可操作性。