

《输水工程沼蛤监测技术导则》

(征求意见稿 送审稿 报批稿)

编制说明

主编单位：清华大学

2022 年 6 月

编制说明

一、工作简况

1.1 任务来源

2020年4月，中国水利学会根据《中国水利学会团体标准管理办法》相关规定，组织立项论证，通过论证后，以《中国水利学会<无线微波降雨密集监测网络系统>》等3项标准拟立项公示》进行公示，批准该标准立项。

本标准的编制单位为清华大学、河南科技大学、南水北调中线建设管理局、南水北调东线总公司、北京市水务局、北京自来水集团技术研究院。

1.2 任务背景

我国水资源分布不均，局部地区水体污染严重，导致部分地区资源型缺水、工程型缺水和水质型缺水并存。为缓解水资源分布不均，城镇、农村生活、工业、农业及景观用水压力，建设长距离、跨流域输水工程成为水资源优化配置的重要选择。据不完全统计，我国已建在建大型跨流域调水工程约138项。这些输水工程，尤其是跨流域调水工程，在调解水资源时空分布不均的同时，还可能引起不同流域间物种随水流输入到其他流域，导致物种入侵，给原生生态系统带来广泛、剧烈和持续的生态压力。

沼蛤，俗称淡水壳菜，隶属于软体动物门双壳纲贻贝科，是典型的污损性生物。沼蛤广泛分布于中国及东南亚国家的淡水河湖、水库的硬质材料表面，其对环境适应能力极强，能够在低溶解氧、高水流流速的人工结构中生长。该物种具有较长的浮游幼虫阶段，可随输水活动进入工程内部及受水体，逐步发育为营固着生活的成贝，成贝利用蛋白足丝牢固附着，通过滤食水中的浮游生物生活。

沼蛤入侵到输水通道后，腐蚀设备，堵塞输水管道，增大水流阻力，影响输水建筑物和输水设备的正常运行。沼蛤呼吸作用消耗水中的溶解氧，代谢过程排泄氨氮，容易引起水质恶化。死亡贝体腐烂变质过程也会导致有害菌群显著增加，影响供水水质，威胁用水安全。另外，沼蛤一旦侵入到受水区便迅速扩张，

难以控制，对水生生态系统产生多种影响，主要表现为通过改变其他生物的生存条件来实现对生态系统的改造和适应。这些会对经济、社会和生态环境效益产生巨大影响。

随着长距离输水工程的投入使用，输水工程系统中沼蛤入侵及污损问题也逐渐凸显。对工程及其水源地、受水区水体沼蛤进行监测可有效评估沼蛤的入侵风险及生物污损危害，为工程管理部门决策提供科学依据。对输水工程的沼蛤监测进行规范指导可有效评估沼蛤的入侵风险及生物污损危害，并对沼蛤入侵进行及时预警，在各个风险节点抓住重点、相辅相成、环环相扣，从而降低相关损失。

然而，目前尚缺乏沼蛤监测相关的技术标准和规程，这非常不利于沼蛤监测和治理工作的开展。为规范沼蛤监测工作，保证监测成果的准确性、系统性和科学性，特申请编制本标准。编制该标准能够为沼蛤的监测、治理、预警等提供技术支撑，为降低工程的运行风险、保障供水安全提供有效方法，也是提升水利工程科学管理水平的具体体现，具有显著的经济、社会和生态环境效益。

1.3 主要工作过程

1.3.1 组建标准编制组

清华大学作为标准编制实施机构，于2021年8月组建了由河南科技大学、南水北调中线建设管理局、南水北调东线总公司、北京市水务局、北京自来水集团技术研究院的行业专家及一线人员组成的标准编制组，制定了标准编制工作方案，开展标准编制工作。

1.3.2 文献和资料收集

标准编制组收集整理了相关的国家或行业标准，如《标准编写规则 第4部分：试验方法标准》（GB/T 20001.4-2015）、《环境微生物宏基因组检测 高通量测序法》（GB/T 40226-2021）、《水环境监测规范》（SL 219-2013）、《内陆水域浮游植物监测技术规程》（SL 733-2016）、《淡水浮游生物调查技术规范》（SC/T 9402-2010）、《技术供水系统沼蛤防治导则》（T/CHES 55-2021）、《输水工程沼蛤防治系统技术导则》（T/CHES 56-2021）等相关标准和资料。标

准编制组按照标准编制依据和原则，对上述资料进行了认真分析、学习和研讨，初步理顺了标准编制的方向和思路。

1.3.3 调研及标准编制

(1) 调研

标准编制组通过行业协会等平台，召集相关科研院所、工程管理部门和生产单位进行座谈，与从事输水工程建设管理工作、沼蛤防治工作、和生态监测工作等方面的专家进行交流，了解国内相关监测工作的开展情况，总结其成功经验，分析项目实施中存在的问题。同时，标准编制组还赴中国科学院水生生物研究所、长江科学院、湖北工业大学等从事沼蛤防治科学研究工作的相关科研院所、高校和深圳市东江水源工程管理处西枝江泵站、广东蓄能发电有限公司、琅琊山抽水蓄能电站等涉及沼蛤生物污损问题的工程管理部门进行了调研，了解各单位开展沼蛤生物污损监测工作的相关情况，获取了工作经验，总结了存在的问题。

通过调研，标准编制组系统梳理了《输水工程沼蛤监测技术导则》项目实施的主要内容，分析了监测的主要目的、内容及要求，基本理清了本标准的编制思路。

(2) 科研

针对本标准有关的沼蛤监测的相关问题，项目组前期开展了一系列试验，研发了沼蛤幼虫常规监测设备，并制定了沼蛤成贝常规监测、水下机器人监测，幼虫常规监测，环境DNA监测，以及成贝伴生菌落监测的相关流程。最后，总结国内外沼蛤生物监测的相关研究成果，提出了《输水工程沼蛤监测技术导则》。

上述资料的分析和深入研究，为《输水工程沼蛤监测技术导则》团体标准的编制指明了方向。

(3) 形成标准初稿

通过调研、科研，标准编制组对收集到的相关信息、资料进行了详细的分析、研讨和总结，结合沼蛤幼虫及成贝的特点，围绕可操作性强、监测效率高的原则，形成了《输水工程沼蛤监测技术导则》设计思路。在此基础上，参照

GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》、GB/T 20001.4-2015《标准编写规则 第4部分：试验方法标准》的规则，编写了《输水工程沼蛤监测技术导则》标准初稿。

(4) 标准立项

2022年4月2日，标准编制组完成《输水工程沼蛤监测技术导则》初稿和立项申请材料，提交中国水利学会。2022年4月19日，中国水利学会以现场会议和线上会议结合的方式召开了立项论证会，会议专家对标准进行了讨论，一致同意该标准立项。4月21日，水利学会发布该标准立项公示。立项专家意见及建议主要包括：

1) 标准制定的目的不明确，目的需考虑与另外两个已立项的沼蛤标准的协调，需跟防治结合起来。

2) 标准名称和范围太大。

3) 框架结构不清晰。方法种类太多，内容交织，需理清，应有一个专门章节写检测报告。

4) 为什么要采集伴生菌落？伴生菌与成贝为什么不是同时采的，要说明目的、停水期。停水7天还是15天，需规定清楚。

5) eDNA特定的引物需加上，引物的特异性需论证或说明，PCR是怎么量定的？定量CT值、单位是什么？

6) 8.5.4 数据分析：“分析……是否存在沼蛤、根据PCR（反映结果）判断是否存在”的标准方法是什么？有没有沿线的分布？包括结构上的分布、密度、成活率等信息？

7) 在有条件停水检修的地方停水检修，没有条件的地方需用水下机器人，请推荐目前市面上能进入水下工作的机器人型号和特点等。

8) 幼虫的各发育阶段的图片需放进附录。

9) 机器人图像识别的参数怎么设置？如果是多层附着，怎么根据图像识别密度，拍摄的图像需要注意什么？

10) 目前的表述太纲领，操作起来比较难，文本更像是实验手册，离标准还有距离，标准需明确浓度、设置、设备、转速等详细信息。

11) 将“GB/T 20001.4-2015 标准编写规则 第4部分：试验方法标准”补进规范性引用文件。

12) 建议将名称改成《沼方监测技术导则》或《...指南》，后面的附录都可以都作为资料的附录，规范性引用过的文献在后面的文献中不列（仅列参考过的）。

13) 4.2.5 根据水深的不同具体要求采样水深。建议5个样本采样层次的选取，应重点考虑其分布的水深范围设置。

14) 4.5.1主要试剂。eDNA滤膜的孔径应补充。

15) 所有附录应补充检测人员、分析人员、校核人员等签字信息；大肠杆菌标准单位应为mpn/ml或mpn/ 100nl；表D.1. eDNA采样体积、样品抽滤体积等细节应补上；表B.2，建议增加样品浓缩体积等信息。

16) eDNA这种缩写作为一节的标题是否合适？查一查看有无相关的说法。

17) 监测频率不一定用“应”，可以给一个活动的范围。

(5) 形成征求意见稿

根据立项论证专家意见，标准编制组逐条讨论处理，对《输水工程沼蛤监测技术导则》初稿进行了多次讨论、修改，于2022年6月13日形成征求意见稿，完成征求意见阶段材料（征求意见稿和编制说明），于2022年6月14日提交中国水利学会。

1.4 主要起草人及其所做的工作

1.4.1 起草单位

本标准起草工作由清华大学牵头负责。

本标准起草单位：清华大学、河南科技大学、南水北调中线建设管理局、南水北调东线总公司、北京市水务局、北京自来水集团技术研究院。

1.4.2 任务分配介绍

中国水利学会作为主管单位负责指导与协调标准的编制工作。

清华大学作为标准起草的主编单位，负责标准起草、处理反馈意见、会议召集以及编制单位之间的沟通交流。

河南科技大学、南水北调中线建设管理局、南水北调东线总公司、北京市水务局、北京自来水集团技术研究院负责各工序数据分析整理工作，参与草稿的编写、讨论及技术支持等工作。

二、主要内容及来源依据

2.1 主要内容

本标准共包括10章和6个附录，分别为：

1.范围

2.规范性引用文件

3.术语和定义

本章给出了本标准的主要术语和定义。

4.总体要求

5.监测断面布设

本章给出了沼蛤成贝、幼虫等监测断面的布设原则和要求。

6.成贝

本章给出了沼蛤成贝样品采集、处理、保存及分析的相关要求。

7.幼虫

本章给出了沼蛤幼虫样品采集、处理、保存及分析的相关要求。

8.环境DNA

本章给出了沼蛤eDNA样品采集、处理及保存的相关要求。

9.伴生菌落

本章给出了沼蛤伴生菌落样品采集、处理及保存的相关要求。

10.监测报告

本章给出了沼蛤监测报告内容的相关要求。

附录A（资料性）水下机器人选用原则

附录B（资料性）成贝记录表

附录C（资料性）幼虫记录表及鉴定图

附录D（资料性）环境DNA记录表

附录E（资料性）环境DNA浓度试验流程

附录F（资料性）伴生菌落记录表

2.2 来源依据

《标准编写规则 第4部分：试验方法标准》（GB/T 20001.4-2015）、《环境微生物宏基因组检测 高通量测序法》（GB/T 40226-2021）、《水环境监测规范》（SL 219-2013）、《内陆水域浮游植物监测技术规程》（SL 733-2016）、《淡水浮游生物调查技术规范》（SC/T 9402-2010）、《技术供水系统沼蛤防治导则》（T/CHES 55-2021）、《输水工程沼蛤防治系统技术导则》（T/CHES 56-2021）

2.3 主要试验、验证及试行结果

（1）沼蛤幼虫采集试验：采用浮游生物网过滤收集定量水样后，在显微镜下观测淡水壳菜幼虫发育阶段并计算密度。当采样点中幼虫密度较低时，一般采用自制采样系统进行0.5m³水样采集，以便收集足够的幼虫用于显微观测和分析。采样流程为：水泵抽水、浮游生物网过滤、定容桶定容、滤液收集、固定。

（2）沼蛤eDNA的提取及分析试验：针对沼蛤幼虫密度稀疏的特点，为了提高监测的精度，在传统监测技术基础上，开发基于分子生物学的方法来检测水体中的淡水壳菜幼虫。结合不同幼虫密度级别下的镜检与DNA检测，建立淡水壳菜幼虫eDNA快速识别技术。基本原理为：提取幼虫DNA，扩增其COI基因用于分子鉴定，建立特异性PCR检测方法并在此基础上实现快速判断幼虫的丰度。

（3）基于图像识别的沼蛤成贝分析软件的开发试验：针对传统调查中成贝分析需耗费大量的人力和时间的问题，以及渠道内传统采样困难的问题，借助水

下机器人等水下拍摄方式，能够快速获得断面内淡水壳菜的附着信息。由于壁面附着的淡水壳菜与河床粒径具有相似的图像特征。因此，基于BASEGRAIN软件应用与二次开发的基础上，研发了基于图像识别技术的壳菜自动识别软件，可用于淡水壳菜附着信息的自动统计和识别。

（4）伴生菌落的采样及分析试验：针对沼蛤死亡后周边产生伴生菌落、可能会危害水质的问题，试验了适宜采集伴生菌落的流程和方法，并推荐了伴生菌落测序分析的流程和数据处理的方法。

上述方法均在实际工程中进行了实践验证，效果良好。最后，总结国内外沼蛤生物污损和生物监测的相关研究成果，提出了《输水工程沼蛤监测技术导则》。

本项目参与单位涉及高校、工程管理部门等多个单位，这些单位长期以来，从沼蛤监测、输水工程中沼蛤的入侵机理及防治方法等方面进行了系统研究，主持完成了多项输水工程中沼蛤入侵防治的科研项目，取得了良好的科研成果和实践经验。

本标准的编写，旨在规范输水工程工程区、水源地、受水区的沼蛤监测工作，保证监测成果的准确性、系统性和科学性，为相关部门的工程管理提供科学依据和技术支撑。目前，相关技术已经在深圳市东江水源工程、南水北调中线工程等输水工程中得到应用，取得显著的经济效益和社会效益。标准的编写，吸纳了示范应用过程中的成功经验，解决了项目实施中存在的问题，对标准的验证、试行和推广具有重要意义。

三、专利情况说明

该标准涉及的专利包括如下7项，但与专利不同的是，专利更偏重防治，本标准更偏重标准化监测流程和量化方法：

[1] 发明专利：王兆印，徐梦珍，赵娜，于丹丹，张晨笛，刘玮，邢继宏，袁波，汪卫平，熊续平，王大强，李威，王旭昭. 一种沼蛤杀灭池装置及灭杀方法，ZL2015 1 0586644.8

[2] 发明专利：王兆印，徐梦珍，王旭昭，曹小武，陈晓丹，刘乐，水体净化装置及包括该水体净化装置的输水工程系统. 2013.09，中国，2011 1 0256378.4

[3] 发明专利：王兆印，徐梦珍，叶宝民，王旭昭，袁宝招，赵娜，一种污损生物的治理装置及一种输水工程系统. 2013.04，中国，2011 1 0317506.1

[4] 发明专利：王兆印，徐梦珍，王旭昭，朱海龙，苏学敏，李文哲，水中有害微体生物的灭杀装置、灭杀方法及输水工程系统. 2013.12，中国，2011 1 2055939.9

[5] 实用新型：王兆印，徐梦珍，于丹丹，张晨笛，刘玮，李建光，强杰，李威，王莹，闵从军，于鲲，吴培枝，王旭昭. 一种沼蛤附着-沉降灭杀池与沼蛤灭杀装置. 205061643U

[6] 实用新型：王兆印，徐梦珍，王旭昭，刘玮，水中有害微体生物的灭杀装置及输水工程系统. 2012.5，中国，2011 2 0326870.X

[7] 实用新型：王兆印，徐梦珍，王旭昭，张康. 浮游生物的附着装置、附着系统、及输水工程系统和养殖装置. 2017.7，2011 2 0325605.X

四、与相关标准的关系分析

4.1 与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况。

目前国内外暂无专门针对输水工程中沼蛤的监测标准，所以没有对比情况。

4.2 与国内相关标准协调性分析。

本标准编写过程中，编制组参考了相关国家、行业和地方标准，充分考虑了与国内相关标准的协调性问题，如伴生菌落采集完后的样品应按《GB/T 40226-2021 环境微生物宏基因组检测 高通量测序法》依次进行提取基因组DNA、PCR扩增和产物纯化、测序文库构建、双端测序，所述内容与国内相关标准保持协调。

五、重大分歧或重难点的处理经过和依据

无。

六、贯彻措施及预期效果

输水工程是解决水资源时空分布不均问题，提升国家水安全保障能力的重要措施，而沼蛤则可能对输水工程的正常运行产生影响。为保障输水工程的健康运行和受水区的生态安全，以及对沼蛤防治工作的科学有效评估，迫切需要建立沼蛤监测相关的技术标准和规程。因此，需要根据沼蛤的生态学特性，结合长期的沼蛤防治工作实践，加快《输水工程沼蛤监测技术导则》团体标准编制进程，争取早日发布和实施，为相关工程的沼蛤防治及运行管理提供科学方法和技术支撑。

《输水工程沼蛤监测技术导则》团体标准出版后，应加大对本标准的宣贯力度，使之及时传达至输水工程相关的建设、管理单位，并将标准积极运用到具体工程建设和管理中，逐步提高行业、社会的标准意识，使其发挥应有的作用。

七、其他说明事项

无。