

《输水工程沼蛤（淡水壳菜）生物污损防治 池设计导则》

（☒征求意见稿 ☐送审稿 ☐报批稿）

编制说明

主编单位：清华大学

2020 年 8 月

编制说明

一、工作简况

1.1 任务来源

2020 年 8 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，经过立项论证，公示后以《关于批准<大中型泵站工程规范运行管理标准> 等 10 项标准立项的通知》（水学[2020] 94 号），批准该标准立项。

本标准的编制单位为清华大学、深圳市东江水源工程管理处、河南科技大学。

1.2 任务背景

污损生物是固着型生物高密度附着在结构面上，对结构面造成污损破坏。其中，典型的污损性生物包括俗称淡水壳菜的软体动物，学名为沼蛤，属于双壳纲贻贝科底栖动物。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。

沼蛤随自然水源入侵进入输水通道及输水工程，在工程结构表面高密附着生长并肆意扩张，近年来许多输水工程中陆续报道了沼蛤在输水管道壁面及接缝、闸阀等重要结构上附着的“生物污损”现象。沼蛤入侵到输水管道后，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。

国内外学者将沼蛤作为入侵物种开展了大量研究，在此基础上提出了相关的防治措施，例如人工刮除法、涂料防护法、化学灭杀法、物理灭杀法等，并从实验和工程应用角度开展了大量的防治效果评估。对目前已开展的各种防治方法的

实用性和经济性进行比较发现，目前广泛使用的物理刮除、化学制剂灭杀、滤网拦截等方法易引起环境污染、结构壁面损伤等问题，另外一些防治方法则仅限于小规模의试验研究。

随着长距离输水工程的投入使用，输水系统中沼蛤入侵及污损问题也逐渐凸显，为减少长距离输水工程带来的沼蛤生物入侵，减轻对工程运行及受水区生态安全等的危害，迫切需要寻求一种生态友好、安全健康、经济合理的沼蛤生物污损防治系统。对于未来要修建的输水工程，在建设前设计并安装生物污损防治系统，可尽量减少工程运行后生物污损的危害；对于已经完成并运行的输水工程，可结合工程布置设计并安装生物污损防治系统，从而减少对工程运行的影响。然而，目前尚没有针对输水工程沼蛤生物污损防治系统的相关设计导则和标准。

对输水工程的生物污损防治系统进行设计指导可减少长距离输水工程带来的生物入侵，尤其是固着型生物造成的生物污损，减轻对工程运行及受水区生态安全等的危害，有利于工程的长治久安。围绕生态友好、安全健康、经济合理的生物污损防治原则，形成规范化的输水工程生物污损防治系统设计方法将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。

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2019年9月组建了由深圳市东江水源工程管理处、河南科技大学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《砌体结构工程施工质量验收规范》（GB50203）、《给水排水构筑物工程施工及验收规范》（GB50141）、《生活饮用水输配水设备及防护材料卫生安全评价规范》（GB/T17219）、《食品接触材料及制品生产通用卫生规范》（GB31603）、

《国家纺织产品基本安全技术规范》（GB18401）、《土工布/透水土工布短纤针刺国家标准》（GB/T17638）、《不锈钢食具容器卫生标准》（GB9684）、《给水用硬聚氯乙烯(PVC-U)管材》（GB/T10002.1）、《给水用硬聚氯乙烯(PVC-U)管件》（GB/T10002.2）、《建筑排水用硬聚氯乙烯（PVC-U）管材》（GB/5836.1）、《建筑给水排水设计规范》（GB50015）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和沼蛤防治工作等方面的专家进行交流，了解国内相关防治工作的开展情况，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防治工作的相关情况，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（淡水壳菜）生物污损防治池设计导则项目实施的主要内容，分析了防治池设计实施中各环节的主要目的、内容及要求，基本理清了本标准的编制思路。

（2）科研

针对本标准有关的输水工程中沼蛤的生态水力学防治问题，项目组前期开展了一系列试验，掌握了沼蛤对附着材料的附着规律和幼虫的沉降规律，以及水流脉动对沼蛤幼虫的灭杀规律。在上述试验基础上，进行了综合生态防治试验池试验，防治效果良好。最后，总结国内外沼蛤生物污损的相关研究成果，提出了输水工程沼蛤生物污损防治池设计导则，制定了由原水集水池、生物附着池、沉降

池、脉动灭杀池组成的综合生物污损防治系统。

上述资料的分析和深入研究，为《输水工程沼蛤（淡水壳菜）生物污损防治池设计导则》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，结合输水工程的特点，围绕生态友好、安全健康、经济合理的原则，形成了输水工程沼蛤（淡水壳菜）生物污损防治池设计思路。在此基础上，参照 SL 1—2014《水利技术标准编写规定》的规则，编写了《输水工程沼蛤（淡水壳菜）生物污损防治池设计导则》标准初稿。

（4）标准立项

2020年2月18日，标准编制组完成《输水工程沼蛤（淡水壳菜）生物污损防治池设计导则》初稿和立项申请材料，提交中国水利学会。2020年3月31日至4月8日，中国水利学会以函审方式进行了立项论证审查，审查专家一致同意该标准立项，同时提出了修改意见及建议。5月13日，水利学会发布该标准立项公示。立项论证专家意见及建议主要包括：

- 1) 目前不宜用选择一种方式规范和限定技术方案。
- 2) 建议合并、调整题目和内容，更好地指导设计、管理运行。
- 3) 如果采用目前推荐的两技术方案，题目可改小一点：淡水壳菜控制池设计技术导则，适用范围可调整，重点是主体工程规模和本措施规模的衔接。
- 4) 建议增加布置后的质量验收要求。
- 5) 建议增加运行维护、以及防治效果方面的内容。
- 6) ①建议术语简洁明了；②因是技术设计导则，建议各装置给出明确的设计尺寸、运行参数等以利于实际应用。
- 7) 《输水工程生物污损综合防治系统设计导则》和《技术供水管道沼蛤生物污损防治装置技术导则》依据相同的专利技术，不同的是输水规模，是否可合并为一个导则？

8) 关于沼蛤的学名。沼蛤、湖沼股蛤的学名为淡水壳菜，沼蛤、湖沼股蛤只是淡水壳菜的俗称。作为技术导则，不应以俗称对物种进行取名，建议该导则将沼蛤改为淡水壳菜。

(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（淡水壳菜）生物污损防治池设计导则》初稿进行了多次讨论、修改，于 2020 年 8 月 26 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 2020 年 8 月 28 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、深圳市东江水源工程管理处、河南科技大学。

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。

深圳市东江水源工程管理处、河南科技大学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。

二、主要内容及来源依据

2.1 主要内容

本标准共包括 8 章，分别为：

1. 范围
2. 规范性引用文件
3. 术语和定义

本章给出了本规范的主要术语和定义。

4. 一般要求

5. 原水集水池

本章给出了原水集水池的位置、尺寸等技术参数要求。

6. 生物附着池

生物附着池包括水流稳动段、吸附段、出水段三个池段，本章给出了各池段的位置关系、稳定附着系统的组成和各部分的技术参数要求、不稳定吸附系统的组成和各部分的技术参数要求、分水装置的组成和各部分的技术参数要求。

7. 沉降池

本章给出了沉降池的位置和各部分的技术参数要求。

8. 脉动灭杀池

本章给出了脉动灭杀池的位置、连接方式、及布置等技术参数要求。

2.2 来源依据

《砌体结构工程施工质量验收规范》（GB50203）、《给水排水构筑物工程施工及验收规范》（GB50141）、《生活饮用水输配水设备及防护材料卫生安全评价规范》（GB/T17219）、《食品接触材料及制品生产通用卫生规范》（GB31603）、《国家纺织产品基本安全技术规范》（GB18401）、《土工布/透水土工布短纤针刺国家标准》（GB/T17638）、《不锈钢食具容器卫生标准》（GB9684）、《给水用硬聚氯乙烯(PVC-U)管材》（GB/T10002.1）、《给水用硬聚氯乙烯(PVC-U)管件》（GB/T10002.2）、《建筑排水用硬聚氯乙烯（PVC-U）管材》（GB/5836.1）、《建筑给水排水设计规范》（GB50015）。

2.3 主要试验、验证及试行结果

该标准涉及的试验主要包括：

（1）附着试验：试验观测了沼蛤在不同材料上的附着活动，结果表明，沼蛤附着对材料表现出一定的偏好性。针对稳定附着期，沼蛤最喜好竹排，其次为打磨粗糙的PP板面，然后依次是粗布、防护网、PP板的光滑水泥面；最不喜欢具刺激性气味甚至毒性的胶垫。针对不稳定附着期：喜好柔性材料。所以，可以以

竹排材料吸引沼蛤稳定附着；以柔性材料吸引沼蛤不稳定附着。

(2) 沉降试验：针对沼蛤幼虫的沉降性，在繁殖高峰季节收集原水中大量沼蛤幼虫，进行静水沉降试验。静水沉降试验结果表明，80%的沼蛤幼虫的沉速在100-1000 $\mu\text{m/s}$ 。可参考沼蛤的沉速级配曲线，选择适当的沉速作为设计参考值，并按此标准设计沉降池尺寸与水流条件，从而实现相应的沉降效果。

(3) 脉动灭杀试验：针对水流脉动对沼蛤幼虫的灭杀效果，比较了不同工况下代表孔板对沼蛤幼虫死亡率的提升效果。灭杀试验期间，绝大部分组次中幼虫死亡率均有明显提升，而且不同致紊材料效果明显不同，说明安装致紊材料在管道湍流灭杀中的有效性。筛网加密布置后，低频能量受到抑制但高频脉动受到促进，灭杀效果有所加强，说明起灭杀作用的主要是高频脉动。

在上述试验基础上，进行了综合生态防治试验池试验，防治效果良好。最后，总结国内外沼蛤生物污损的相关研究成果，提出了输水工程生物污损防治池设计导则。

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，旨在规范输水工程沼蛤（淡水壳菜）生物污损防治池的设计，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：

[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。

无。

4.2 与国内相关标准协调性分析。

本规程编写过程中, 充分考虑了与国内相关标准的协调性问题, 如原水集水池安装的进水闸阀或水泵, 应符合GB/T17219(生活饮用水输配水设备及防护材料卫生安全评价规范)的要求。标准编写工作参考了国内相关标准, 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

2020年全国水利工作会议明确将“水利工程补短板、水利行业强监管”做为今后一个时期水利行业的工作和发展重心，重点补好防洪工程、农村水利、水生态保护修复工程和水利信息化工程等方面的短板。为保障输水工程的健康运行和受水区的生态安全，迫切需要建立输水工程生物污损防治系统设计标准体系，出台相关防治系统设计导则，这是“补短板”和“强监管”总基调要求的具体体现。因此，需要根据沼蛤生态水力学防控的基本理论，结合输水工程中沼蛤防治的工作实践，加快《输水工程沼蛤（淡水壳菜）生物污损防治池设计导则》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（淡水壳菜）生物污损防治池设计导则》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。