

技术供水管道沼蛤（淡水壳菜）生物污损 防治装置技术导则

**Technical guideline of prevention and control device for
Limnoperna fortunei biofouling in water supply pipeline**

（征求意见稿）

前 言

本标准按照 GB/T1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由清华大学提出。

本标准由中国水利学会归口。

本标准主编单位：清华大学

本标准参编单位：深圳市东江水源工程管理处、河南科技大学

本标准主要起草人：徐梦珍、王兆印、曹小武、傅旭东、赵娜、张晨笛、胡宏昌、刘玮

目 录

1 范围	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 布置要求.....	3
5 进水池	3
6 附着沉降灭杀池.....	4
7 沉降灭杀池.....	5
8 湍流灭杀池.....	6

技术供水管道沼蛤（淡水壳菜）生物污损防治装置 技术导则

1 范围

本标准规定了供水管道沼蛤生物污损防治装置的主要设计准则。

本标准适用于小管径小流量技术供水系统的生物污损灾害治理，如水泵站、水电站、抽水蓄能电站、火电厂、钢厂的冷却水技术供水管路系统等。生物污损防治装置各部分的前后位置顺序应该遵循本标准的规定，各部分的尺寸则应参照技术供水管路系统的规模、流量等参数进行相应设计，同时要保证附着段 0.4-0.9 m/s、沉降段小于 0.1 m/s 的流速要求。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB50003 砌体结构设计规范

GB141 给水排水构筑物施工及验收规范

GB50268 给水排水管道工程施工及验收规范

GB122275 通用阀门球墨铸铁技术条件

GB/T17241.6 整体铸铁法兰

GB 9684 不锈钢食具容器卫生标准

GB/T17219 生活饮用输配水设置及防护材料的安全性评价标准

GB/T10002.1 给水用硬聚氯乙烯(PVC-U)管材

GB/T10002.2 给水用硬聚氯乙烯(PVC-U)管件

GB/T1591 低合金高强度结构钢

GB/T 2518 连续热镀锌钢板及钢带

GB/T 9438 铝合金铸件

JC561 增强用玻璃纤维网布

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 沼蛤 (*Limnoperna fortunei*)

俗称淡水壳菜，属于双壳纲异柱目贻贝科，幼虫阶段为浮游生物，成贝阶段是营附着或固着生活的底栖生物。

3.2 供水管道生物污损 (Biofouling in water supply pipeline)

沼蛤幼虫个体微小，随水流自由迁移，可以到达任意狭小的水流空间，进入抽水蓄能电站、火电站等的冷却水技术供水系统内，大量生长、高密附着，堵塞管道、腐蚀结构，形成生物污损灾害，导致闸阀难启闭、设备停机、降低工程使用寿命等问题，严重威胁生产安全。

3.3 进水池 (Inlet pool)

由进水系统、排水系统、拦污栅等装置组成，用于控制进水流速及沉降和集中灭杀沼蛤幼虫。

3.4 附着沉降灭杀池 (Attachment-settling pool)

由附着网、分隔堰、沉降底泥等组成，用于集中灭杀沼蛤幼虫的设施。

3.5 附着装置 (Attachment attracting framework)

用于诱导沼蛤幼虫附着的装置。

3.6 分隔堰 (Trapping weir)

用于拦挡沼蛤沉降，并控制运行水深与过水流速的装置。

3.7 沉降灭杀池 (Settling-killing pool)

用于灭杀不具备吸附能力的沼蛤幼虫的辅助灭杀装置。

3.8 湍流灭杀池 (Turbulence-killing outlet pool)

为湍流灭杀管提供集水空间的设施。

3.9 湍流灭杀管 (Turbulence generation facility)

连接技术供水冷却水管的总进水口，对沼蛤进行高频脉动灭杀的装置。

3.10 孔板 (Pore plate)

安装于湍流灭杀管中的部件，用于制造高频紊动流场。

4 布置要求

4.1 技术供水管道沼蛤生物污损防治装置以水流方向依次布置进水池、多个附着-沉降灭杀池、沉降灭杀池、集水池和湍流灭杀管，整体为明渠开放结构，结构顶面可设置遮光布或遮光板。

4.2 装置上游的进水池与含有沼蛤幼虫的水源相连，装置下游的湍流灭杀管与冷却水管的总进水口相连。

4.3 装置整体池长 30 m，池壁高度 2 m，池底应保持在同一平面。

4.4 装置运行尽量使用天然的水头压力，减少抽水能量的耗费。

4.5 抽水蓄能工程中，装置应布置于抽水蓄能电站上库与抽水/发电机房之间。

4.5.1 附着沉降灭杀池的高程应低于抽水蓄能电站上库最低水面线 10 m 以上。

4.5.2 湍流灭杀管进水口的高程应高于抽水/发电机房 20 m 以上。

4.5.3 装置的运行应充分利用上库与抽水/发电机房之间的水头压力，无需使用动力资源。

4.6 池体强度应能够承受池内的水体压力，池壁没有漏水，应符合 GB50203（砌体结构工程施工质量验收规范 GB50203-2011）、GB50141（给水排水构筑物工程施工及验收规范 GB 50141 2008）、GB50268（给水排水管道工程施工及验收规范）规定的要求。

4.7 池壁顶部宽度应足够可供工作人员行走、左右池壁之间设置跳板便于通行，以便附着网的安装与装置的检修。

5 进水池

5.1 进水池引入含有沼蛤幼虫的自然水源并稳定水流流态。

5.2 进水池尺寸与技术供水系统的流量设计，一般按照容积为 30-60 分钟的供水量设计。

5.3 应于进水池上游池底之上 30 cm 左右处设置进水口，安装进水闸门调节供水流量。

5.4 应于进水口出水一侧设置花墙，是具有抗冲能力的墙体，与水流方向垂直，用于稳定出水水流。

5.5 应于进水口下游池底之上 0-10 cm 处设置一个或多个排水口，其断面面积以能够将池中存水迅速排出为宜。

5.6 排水口设置拦污栅对水流中的杂质进行清除，宜采用不锈钢材质制作网格状拦污栅，材质应符合 GB 9684（不锈钢食具容器卫生标准 GB 9684-2011）的要求。

5.7 排水口安装排水阀门，确保进入附着沉降灭杀池的水流流速稳定，排水口管材及阀门应符合 GB/T10002.1（给水用硬聚氯乙烯(PVC-U)管材）、GB/T10002.2（给水用硬聚氯乙烯(PVC-U)管件）要求。

6 附着沉降灭杀池

6.1 附着沉降灭杀池是灭杀沼蛤幼虫的主要装置之一，应布置为一个或由沿水流方向的隔墙分割为多个，以便于安装吸附排架装置。

6.2 每个附着沉降灭杀池池宽 1-2 m，池壁高应与进水池保持一致，池体的左、右侧壁平行。

6.3 设置进水口闸门调节进入附着沉降灭杀池的流量，附着沉降灭杀池内的流速应保持在 0.4-0.9 m/s 之间，以适应沼蛤在吸附排架装置上稳定生长。

6.4 池内运行水面高度低于池壁顶面 20-50 cm。

6.5 每个附着沉降灭杀池安装一组或多组沼蛤吸附排架装置，吸附排架装置由多个平行沿水流方向的竖直附着网固定于支撑杆上制成。

6.6 每组吸附排架装置均应设置两根支撑杆，垂直于水流方向固定于池段左、右壁之上，支撑杆为金属材质或其他不易变形的工程材质，应符合 GB/T 9438（铝合金铸件）、GB/T17219（生活饮用输配水设置及防护材料的安全性评价标准）的要求。

6.7 每组吸附排架装置应安装多个顺水流方向的附着网，附着网间距 3-10 cm，可由支撑杆固定。

6.7.1 附着网为矩形结构，其长度应等于附着沉降池段的池长或比所述附着沉降池段的池长短 10-20 cm，高度高于正常运行的水深 5 cm 左右。原则是充分利用

所述附着区的空间，取得最佳的灭杀效果。

6.7.2 附着网为复合吸附材料，由金属外框固定，外边框厚度应为 2 cm 左右，宽度应为 3-5 cm，材质应符合 GB/T 9438（铝合金铸件）、GB/T17219（生活饮用输配水设置及防护材料的安全性评价标准）的要求。

6.7.3 复合吸附材料为细径单丝结构的玻璃纤维单丝涂塑平织纱网或类似的生物网材料，应耐浸泡、耐紫外线、抗拉、抗变形且不会对水体造成污染。网丝直径应为 0.1-0.5 mm，网孔的孔径为 1-10 mm，材质应符合 JC56（增强用玻璃纤维网布）、JC/T173（玻璃纤维防虫网布）、GB/T17219（生活饮用输配水设置及防护材料的安全性评价标准）的要求。

6.8 各附着沉降灭杀池之间设置分隔堰，高度应保持一致。

6.8.1 分隔堰采用墙体和/或闸板均可，以能够起到阻挡水流的作用为宜。

6.8.2 分隔堰宽度等于附着沉降灭杀池内宽。

6.8.3 分隔堰的高度应为 50-100 cm。

6.8.4 堰体下部设置分隔堰贯通口，分隔堰贯通口位于池底之上 0.1 m。

6.8.5 设置堰高调节装置，调控运行水深与流速，过流流速以 0.5 m/s 为宜。

6.9 附着沉降灭杀池下游设置排水阀门，发电机组停机时，池内的存水可通过分隔堰下部的贯通口迅速排出，加速沼蛤脱水灭杀。

7 沉降灭杀池

7.1 沉降灭杀池是灭杀沼蛤的辅助装置。

7.2 沉降灭杀池长度 ≥ 6 m，池壁高度与附着沉降灭杀池壁高度相同，上游池宽等于附着沉降池宽，下游池宽可适当大于上游池宽，以创造喇叭型沉降池，提升沉降效果。

7.3 沉降灭杀池下游出水端设置溢流堰，堰宽等于沉降灭杀池下游宽，堰顶低于池壁，且设置闸门装置调节溢流流速，控制运行水深。

7.4 场地条件允许应尽量增加沉降灭杀池长与下游池宽，上窄下宽的梯形结构更有利用流速逐渐降低，上游流速以 0.3 m/s 为宜，下游流速以低于 0.1 m/s 为宜。

8 湍流灭杀池

8.1 湍流灭杀池是湍流灭杀管道的集水区域，位于沉降灭杀池下游，场地受限的情况下也可利用沉降池上游段。沉降池溢流堰流出的水在集水槽汇集，并导流或经给水动力装置进入湍流灭杀管内。

8.2 湍流灭杀池长 5 m，池宽与沉降灭杀池上游池宽相当，池壁高等于沉降灭杀池壁。

8.3 湍流灭杀池内安装湍流灭杀管能够进一步加强沼蛤灭杀效果。

8.3.1 湍流灭杀管进水口位于集水池底，应设置给水动力装置，控制通道内平均流速为 0.8-2.5 m/s，应符合 GB/T10002.1（给水用硬聚氯乙烯(PVC-U)管材 GB/T10002.1-2006）、GB50015（建筑给水排水设计规范 GB50015-2003）、CECS144（水力控制阀应用设计规程 CECS144-2002）的要求。

8.3.2 湍流灭杀管为圆形，管径按照供水流量选择，管长应 ≥ 10 m，在集水池内往复布置。

8.3.3 湍流灭杀管采用聚氯乙烯材质，可由多个法兰盘连接，应符合 GB/T10002.1（给水用硬聚氯乙烯(PVC-U)管材）、GB/T10002.2（给水用硬聚氯乙烯(PVC-U)管件）的要求。

8.3.4 湍流灭杀管内设置多级孔板，制造脉动波灭杀污损生物幼虫：

——孔板采用不锈钢材质制作，厚度应为 0.6-1.2 mm，应符合 GB 9684（不锈钢食具容器卫生标准 GB 9684-2011）的要求；

——孔板直径接近湍流灭杀管内径，孔板厚度应为 0.6-1.2 mm，孔径为 6-14 mm，孔距为 2-4 mm；

——按照多级孔板（大于 20 级），间距为 0.5 m；

——孔板固定于金属支架上并加装止水条置于湍流灭杀管中，支架厚度应 ≤ 3 mm，材质符合 GB/T 2518（连续热镀锌钢板及钢带）、GB/T17219（生活饮用输配水设置及防护材料的安全性评价标准）的要求。

8.3.5 湍流灭杀管的末端采用连接件与电站冷却水管的总进水口连接，连接件两侧均安装有阀门，应符合 GB50332（给水排水工程管道结构设计规范）、GB50268（给水排水管道工程施工及验收规范）的规定。在场地不受限情况下也可通过集

水装置与输水工程的进水口连接。

9 质量验收

根据该导则设计施工的控制系统质量应按以下要求验收:

- (1) 应符合本标准和相关专业验收规范的规定;
- (2) 应符合工程勘察、设计文件的要求;
- (3) 参加验收的各方人员应具备规定的资格;
- (4) 验收应在施工单位自行检查评定的基础上进行;
- (5) 运行后应将进入工程的活体幼虫密度降低 50-80%，运行一年后，平均成贝附着密度应该降低 50-80%。

10 运行维护及防治效果

运行维护:

(1) 需要定期监测稳定吸附系统的竹排和不稳定吸附系统的柔性纤维材料上沼蛤成贝的体长,当稚贝进入性成熟前(体长 6-8mm)时,需要提出吸附装置,将其在阳光下暴晒 5-7 天,待稚贝死亡后进行清理,并修复局部受损吸附材料,然后再放置池中重复使用;

(2) 沉降池需要定期清理底部落淤的泥沙和死亡贝体;

(3) 需要定期检查湍流灭杀管的孔板堵塞情况,以保证过水效率和灭杀效果。

防治效果:

减轻沼蛤对冷却水管系统的附着和损害,保障冷却水系统正常运行,保证机组的正常运行温度,避免非计划停运事故。

11 设计尺寸及运行参数—以琅琊山抽水蓄能电站为例

由于技术供水系统规模各异,在上文中无法提供具体的设计尺寸和运行参数,下以琅琊山抽水蓄能电站为例,给出设计尺寸和运行参数,供参考。

琅琊山抽水蓄能电站共有 4 台发电机组，单机组冷却用水量为 $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ 。为了保证机组的冷却用水供应量，设计方案的供水能力按照 $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 进行设计，各部分具体设计如下：

沼蛤防治装置的总长设计为 30 m，池壁高度 1.8 m，依次包括为：进水池、附着沉降灭杀池、沉降灭杀池和湍流灭杀池，并设计有供水灭杀系统和排水灭杀系统。

进水池：根据用水流量需要，进水池池长为 3.0 m，池宽为 1.0 m。池段的下游壁有进水口和排水口，进水口位于池底之上 30 cm 左右，安装有进水口阀门；排水口位于池底之上 0-10 cm，安装有排水口阀门。

附着-沉降灭杀池：共设计了 10 个依次连接的附着-沉降灭杀池段，池段之间的 11 条沉降区分隔堰的高度 0.5 m，在沉降区分隔堰的拦挡作用下，堰顶面之上为水流通通道，过流流速为 0.5 m/s ，通道内安装附着网为沼蛤附着区，附着网网丝直径为 0.3 mm，网孔孔径为 1.6 mm。堰顶面之下是相对的静水环境，为沼蛤沉降区。

沉降灭杀池：池长 6.0 m，运行水深 1.5 m，上游池宽为 1.0 m，下游池宽为 5.0 m。池内流速随池宽的增大而降低，上游流速约 0.3 m/s ，下游流速小于 0.1 m/s 。溢流堰堰顶设置有堰高调节装置，对控制运行水深和流速更为有利。

湍流灭杀池：池长 5.0 m，池宽 5.0 m，池高 1.8 m，池壁设置有集水池溢流口，集水池溢流口的底部至池底的距离为 1.5 m。灭杀池段装有湍流灭杀管，管型为圆形，管内按照 0.5 m 的间距安装多个孔板，孔板厚度为 0.6-1.2 mm，孔型为圆形，孔径为 6-14 mm，相邻孔中心间距为 2-4 mm。湍流灭杀管的末端采用连接件与电站冷却水管的总进水口连接。