

中小河流行洪排涝防堵塞生态滤坝及使用方法

朱灿明

常州南天建设集团有限公司，江苏常州，213100；

摘要：针对传统生态滤坝在行洪排涝河道中应用时存在的阻碍行洪与易堵塞两大关键技术难题，本研究开发了一种可行洪排涝的中小河流防堵塞生态滤坝及其使用方法。该生态滤坝结构上创新性地融合了前置过滤坝体、中部生物膜反应器和纵贯式泄洪通道。坝基采用 C30 钢筋混凝土浇筑，迎水面前置坝体由填充珍珠岩或加气砖碎块等轻质滤料的格宾石笼构成，能有效分级拦截悬浮物且便于更换；中部生物膜反应器填充生物挂膜填料，并通过底部通气管系统进行曝气，增强对有机物和氨氮的微生物降解能力；背水面后置坝体采用阶梯型格宾石笼稳定结构。核心的泄洪通道及可调节堰门设计确保了汛期洪水能快速下泄，保障行洪安全。

使用方法包括填料的装配、布设及基于水流速度和水质的智能曝气策略（如水体流速 $<0.02\text{ m/s}$ 且为Ⅴ类水时，每2小时曝气15min）。通气管系统兼具曝气与反冲洗功能，通过定期维护（如建议前置坝体每3个月冲洗一次）可有效缓解淤堵问题。研究表明，类似结构的生态滤坝对SS（悬浮物）的平均去除率可达50%，且较厚的基质层（如50cm）对 COD_{Cr} 和 NH_4^+-N 的去除率可分别高达77.51%和69.37%。本设计成功解决了生态净化功能与河道行洪排涝需求之间的矛盾，具有净化效率高、维护简便、安全可靠的优势，为中小河流的水环境治理与生态修复工程提供了有效的技术方案。

关键词：生态滤坝；行洪排涝；防堵塞；生物膜反应器；泄洪通道；原位净化

DOI: 10.69979/3060-8767.25.10.039

1 背景技术

生态滤水坝又称透水坝或滤水坝，主要是利用受污染河道中的碎石、碎石等构筑坝体，依靠快速渗滤原理和人工湿地原理，通过对石料基质的吸附和过滤，达到通过生物作用净化水质的目的。但由于许多河道在自然条件下具有行洪排涝的功能，而在河道内修建的传统生态滤水坝则会对河道行洪造成影响，对河道的防洪安全造成威胁，这也导致了許多生态滤水坝项目的建设因无法通过防洪影响评价而难以开展。

如何构建一种具备行洪排涝能力和防堵塞功能的生态滤坝的堵塞是目前亟需解决的问题。

2 技术方案

解决了行洪排涝河道内建设生态滤坝影响行洪安全的问题；通过安装轻质填料的前置坝体，有效解决了因滤坝堵塞造成的后期清理维护困难的问题。保证了它的净化水的容量，保证了它的寿命。

包括坝基在内的、由钢筋混凝土浇筑坝基、坝基迎水面设前置坝体、中间设生物膜反应器、背水面设后置坝体的、具有可行性的泄洪排涝中小河流防堵生态滤坝。

生物膜反应器包括外部框架，所述外部框架内设有

生物挂膜填料，所述生物挂膜填料包括透水承载笼和其内部的悬浮填料；所述泄洪通道为C30钢筋混凝土浇筑而成的水流通通道，通道两侧混凝土壁厚度与权利要求3所述的混凝土壁厚度一致；

行洪排涝采用中小河流防堵生态滤坝的方法，具体步骤如下。

S1、将悬浮填料分装于直径100mm、孔径5mm的透水聚乙烯承载式球笼内，形成生物挂膜填料，单个承载式球笼填充率80%；生物挂膜填料装入生物膜反应器，填充率80%；

S2、在 $240\text{mm} \times 240\text{mm}$ 的格宾网中填入粒径80~150mm的珍珠岩或加气砖碎块，形成格宾石网架，实现颗粒悬浮物布水均匀、分层截留，并将装有生物挂膜填料的生物膜反应器放置在坝体中部，为净水微生物的生长和代谢提供载体，在背水水面设置阶梯式格宾网。粒径120~250mm的石料填充。

S3、将多孔通气管布设于生态滤坝底部，通气管材质为PE管，布设密度为生态滤坝中部坝体底面积的1/20~1/15，生物挂膜填料下部的通气管道每间隔5cm开孔径为8mm的圆孔，通气管连接岸边气泵供气。

3 附图说明

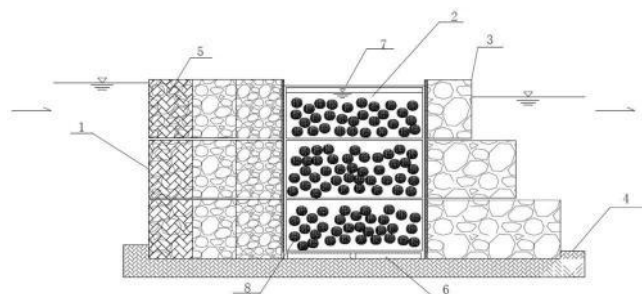


图 1 是可行洪排涝的中小河流防堵塞生态滤坝的结构剖面主视图；

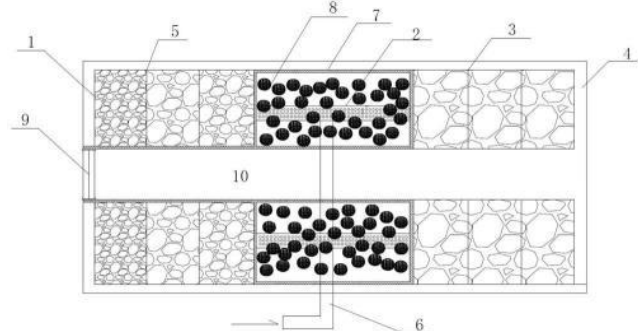


图 2 是可行洪排涝的中小河流防堵塞生态滤坝的结构俯视图；

附图标记：1、前置坝体；2、生物膜反应器；3、后置坝体；4、坝基；5、格宾石笼；6、通气管；7、钢筋筋；8、生物挂膜填料；81、透水承载笼；82、悬浮填料；9、可调节堰门；10、泄洪通道。

4 具体实施方式

如图所示，可行的洪排涝中小河流防堵塞生态滤坝，包括坝基 4，坝基 4 由钢筋混凝土浇筑而成，坝基 4 的迎水面设有前坝体 1，中间设有生物膜反应器 2，背水面设有后坝体 3。

正面坝体 1 由泄洪通道 10 号、可调节堰门 9 号、格宾石笼 5 号组成，其中 5 号格宾石笼以通道两侧混凝土壁厚与混凝土壁厚一致的 C30 钢筋混凝土浇筑而成的水流通道作为泄洪通道，内填珍珠岩填充物或加气砖碎块等轻质滤料；

生态滤坝中间设置生物膜反应器 2，由外框架和内泄洪通道 10 组成，外框架内有生物挂膜填料 8，生物挂膜填料 8 包括透水承载笼 81 和其内的悬浮式填料 82，下部沿水流方向平行设置通气管 6，通气管 6 接入岸上气泵，实现曝气作用。还在管道内部设置了依靠微生物同化、降解净化生物挂膜水质的生物挂膜；泄流槽为两侧格宾石笼间的水流通道，通道两侧为 C30 钢筋混凝土浇筑而成的混凝土壁，混凝土壁厚度为坝过滤

高度的 $1/12 \sim 1/15$ ；在平时封闭的水泥壁上固定了水流无法进入泄流槽的最前端设置了可调堰门，在汛期时在可调堰门上开启，用于泄流；

后置坝体 3 成阶梯型，由粒径 120~250 毫米的石质填充的格宾石笼 5 组成，主要起支撑作用，增加强度。

优选地，坝基 4 由 C30 钢筋混凝土浇筑而成，厚度 200mm，断面呈开口向上的槽形，便于槽部固定；更好的是，格宾石笼 5 的规格为 $240\text{mm} \times 240\text{mm}$ ，内装珍珠岩填料或加气砖碎块等轻质滤料的粒径为 $100 \sim 150\text{mm}$ ，根据设置的位置不同，选择填充不同的粒径。

最好的是包括外框在内的生物膜反应器 2，内含生物挂膜填料 8，含透水承载笼 81 的生物挂膜填料 8，内含悬浮式填料 82。

优选的是透水承载笼 81 为聚乙烯制成的周壁上都布有通孔的圆球笼，采用这种材料，实用寿命长，不易被腐蚀，采用这种形状，扩大接触面积，圆球笼直径 $95 \sim 105\text{mm}$ ，孔径 $5 \sim 6\text{mm}$ ，悬浮于水中，在生物膜反应器 2 内填充率 80%。

优选的是采用直径 $10 \sim 12\text{mm}$ 的悬浮式填料 82，在 8181 透水承载箱中的填充率达到 $70\% \sim 80\%$ ，达到更好的净化效果的同时还能保证透气率。

首选通气管 6 为 PE 管，布设密度为生态滤坝中部坝体底部面积的 $1/20 \sim 1/15$ ，通气管 6 管径为 50mm，管壁均布有圆孔，孔径为 8mm，当通气管 6 接水泵进行反冲洗时，去除生物膜反应器 2、坝体内部淤泥以上结构的设置都是为了保护坝体内部的淤泥，因此，通气管 6 管径为 50mm，管壁均为圆孔曝气充足有保障，有利于净化效能的提升。

行洪排涝采用中小河流防堵生态滤坝的方法，具体步骤如下。

S1、将悬浮填料分装于直径 100mm、孔径 5mm 的透水聚乙烯承载式球笼内，形成生物挂膜填料，单个承载式球笼填充率 80%；生物挂膜填料装入生物膜反应器，填充率 80%；

S2、将粒径 $80 \sim 150\text{mm}$ 的珍珠岩或加气砖碎块填入 $240\text{mm} \times 240\text{mm}$ 的格宾网，形成格宾石网架，实现颗粒悬浮物均匀布水、分级截留，并在坝体中部放置装载生物挂膜填料的生物膜反应器，提供净水微生物生长、代谢的载体，在背水面设置阶梯式格宾网。填石料，粒径 $120 \sim 250\text{mm}$ 。

S3、多孔通气管布设于生态滤坝底部，通气管材质为 PE 管，布设密度为生态滤坝中部坝体底部面积的 1/20 至 1/15，在每隔 5 厘米的生物挂膜填充物下部通气管上开一个圆孔，孔径为 8mm，通气管与用于供气的岸上气泵相连。

对坝前河道水体流速小于 0.02 米/秒、河道水质为 V 类水的，优先考虑每隔 2 小时对水体进行 15 分钟曝气处理；河道水体每隔 1 小时曝光 15 分钟，流速小于 0.02 米/秒，属轻度污染劣 V 类水质；河道水体流速每上升 0.01 米/秒，曝气频率相应提高 1 倍。

优先考虑正面堵塞严重、丧失透水净化效果的生态滤坝，对正面坝体及时进行清洗或更换；如果生物膜反应器淤积严重，潜水泵接入通气管，在生物挂膜填充物中冲入淤泥，使之在水中悬空；同时，一台潜污泵用于生物膜反应器内部抽吸排泥，直至生物膜反应器内水体变清，然后每隔 3 个月将水排入前面的坝体，取出格宾石笼，用高压水枪冲洗一次，若堵塞严重，为了防止堵塞生态滤坝，保证净化效果，可以直接更换前面的坝体。

实际的工作过程：在非汛期，可调节堰门关闭状态下，水流经过迎水面时，水中固体颗粒物会被前置坝体中的填料截留，实现悬浮物的过滤净化；水流流过前置坝体后，进入生物膜反应器，通气管曝气时将高分子生物挂膜填料吹起，悬浮于水体中，通过生物挂膜填料表面附着微生物的吸收、同化和分解作用，削减水体中有机物、氨氮等污染物浓度，实现水体的强化净化。经过强化净化的水流进入后置坝体经过进一步过滤、吸附净化后，流出滤坝。

在汛期后，通过上提打开泄洪通道最前端的堰门，使洪水通过泄洪通道快速下泄，水流几乎全部通过泄洪通道流过滤坝，不会影响河道行洪。

5 有益效果

1、交通便利、排水方便、结构简单、净化高效、费用低廉、维修管理方便；特别是对因修建生态滤坝、

微生物载重量大、水质净化程度高等影响行洪安全的行洪排涝河道中的生物膜反应器，与传统滤坝相比，滤坝内的纵贯式行洪通道可以得到解决。具有河道行洪排涝、防堵效果、净化水质效率、拆洗便捷性的实质性特点突出，进步显著。

2、在河流进入汛期后，通过上提打开泄洪通道最前端的堰门，使洪水通过泄洪通道快速下泄，水流几乎全部通过泄洪通道流过滤坝，不会影响河道行洪。

3、在非汛期时，可调节堰门处于封闭状态，截留水体中的固体颗粒通过正面坝体的填充物，使悬浮物在水流通过水面时得到过滤和净化；水流经过前坝体后，进入生物膜反应器，通过微生物的吸收、同化、分解作用，将生物膜反应器内部的生物挂膜填充物吹起，通过通气管曝气，悬浮于水体中，适宜微生物生长繁殖的生物挂膜填充物表面形成分层结构的微生物膜，成为该专利的技术关键。降低了水体中的有机物浓度，降低了氨氮浓度，使水体得到强化净化。经过强化净化的水流进入后置坝体经过进一步过滤、吸附净化后，流出滤坝。

4、泄洪通道、坝体结构、滤料配比和通气管布置方式等技术方案根据实际情况后设计计算确定，前置坝体的三层格宾石笼可拆卸，且填充物为珍珠岩或加气砖碎块等轻质填料，重量轻，便于更换，大大简化了后期维护清理难度，解决了堵塞问题，使用寿命长；通气管同时具有曝气和反冲洗功能，接气泵时为曝气管，接水泵时为反冲洗管。

参考文献

- [1] 张兴亮, 张路浩, 于鲁冀, 等. 可行洪排涝的中小河流防堵塞生态滤坝及使用方法: CN202210917493. X[P]. CN115323981A[2025-08-20].
- [2] 权国庆. 中小河流治理工程实施后河道冲淤分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023(4): 4.
- [3] 马钧. 中小河流农村河道整治施工管理问题及对策分析[J]. 名城绘, 2020, 000(009): P. 1-1.