

西伏河生态防渗结构及施工方法

柏荣军 王维龙 李德明

盐城隆嘉水利建设有限公司，江苏盐城，224000；

摘要：针对枯水地区河道渗漏严重、传统防渗措施生态兼容性差及抗冲刷能力不足的问题，本研究提出一种新型生态河道防渗结构及其施工方法。该结构由河底与边坡防渗层构成，自下而上依次设置粗砂垫层（8~12cm）、复合土工膜（0.6mm 聚乙烯+双层土工布）、细粒土垫层（20~40cm）、土工布（300g/m²）、雷诺护垫层（填充块石/混凝土）及种植土层（15~30cm）。通过复合土工膜锚固于边坡锚固槽内，结合细粒土压实（渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-5}$ cm/s）与雷诺护垫层（隔板定向布置）协同作用，实现高效防渗与抗冲刷；种植土层改良（细粒土+有机肥料）及水生植物（如荷花、苦草等）栽种增强生态修复功能。施工工艺涵盖基面塑形、分层铺设、错缝热熔拼接及雷诺护垫单元组装（填充率 85%）。结果表明，该结构防渗稳定性优异，使用寿命长，成本低廉，兼具水资源利用效率提升与生态环境改善双重效益，为河道综合治理提供了创新解决方案。

关键词：生态河道；防渗结构；复合土工膜；雷诺护垫；抗冲刷；水生植物

DOI: 10.69979/3060-8767.25.08.001

前言

由于有些地区的河道长期处于枯水状态，这主要是因为河道在施工过程中，河道渗漏问题一直未得到有效解决。因此亟需有效的河道防渗技术提高河道的运行效率，同时能更好地利用水资源，最大限度地发挥河道的作用。目前常见的河道防渗措施包括：

土料防渗：一般是指以黏性土、黏砂混合土、灰土、三合土和四合土等为材料的防渗措施；土料防渗具有较好的防渗效果，而且由于土料源丰富，可就地取材，造价低，投资少，施工简单。但土料防渗允许河道的流速较低，而且土料防渗层的抗冻性较差，往往由于冻融循环，使得防渗层疏松、剥蚀，从而失去防渗效果。

混凝土防渗：这是目前广泛采用的河道防渗措施；混凝土防渗的优点是防渗效果较好、使用年限长、耐久性强，缺点是混凝土衬砌板适应变形的能力差，施工工艺要求较高，混凝土的质量、混凝土浇筑的连续性和及时性要严格把控，在缺乏砂、石料的地区，造价较高，混凝土强度高，会影响水生植物的生长，对周边生态环境造成破坏。

砌石防渗：这种方法主要是通过石料堆砌形成一层防渗墙达到防渗的目的；在进行砌石施工时，首先要对河道的施工面进行清理，然后通过砂浆将石料有效地在河道表面进行堆砌；砌石防渗的优点是可以就地取材，成本较低，砌石有较强的耐磨能力和抗冻能力；砌石防渗的缺点是不容易采用机械化施工，施工质量较难控制。

传统的河道防渗措施已无法满足河道治理的需要，因此，亟需开发一种能够营造良好生态环境，并在后期河道蓄水后水流湍急对河道底部和边坡造成冲刷的河

道防渗结构。

1 技术方案

（一）一种生态河道的防渗结构，包括河底防渗结构和边坡防渗结构。

河底防渗结构的层面结构与边坡防渗结构的层面结构相同并包括自下而上依次设置的粗砂垫层、复合土工膜、细粒土垫层、土工布、雷诺护垫层和种植土层。其中：

1、粗砂垫层铺设在河道的土体表面上，粗砂垫层的厚度为 8~12cm；

2、复合土工膜铺设在粗砂垫层的上表面，复合土工膜的两端一一对应地嵌入开设在河道的两侧边坡顶面上的锚固槽内，并通过在锚固槽内回填满细粒土后压实；

3、细粒土垫层铺设在所述复合土工膜的上表面，细粒土垫层的厚度为 20~40cm；

4、土工布铺设在细粒土垫层的上表面，土工布的两端一一对应地嵌入河道的两侧边坡顶面上的细粒土垫层内；

5、雷诺护垫层铺筑在所述土工布的上表面，该雷诺护垫层由多个呈长方体的雷诺护垫单元组装而成；每个雷诺护垫单元包括雷诺护垫本体、填充料和盖板，雷诺护垫本体由底板、两块一一对应地垂直连接在底板的两端的端板、两块一一对应地垂直连接在底板的两侧的边板和若干与端板平行地连接在两块边板之间的隔板构成；所述填充料为块石、软石和混凝土块；所述盖板与雷诺护垫本体的顶部采用钢丝绑扎连接；

6、种植土层铺设在所述雷诺护垫层的上表面，种

植土层的厚度为 15~30cm，种植土层上栽种水生植物。

(二)生态河道的防渗结构的施工方法，包括以下步骤：

1、先对原有河道进行表土清理，再通过土方开挖和土方回填对河道进行塑形，然后在河道的两侧边坡顶面上各自沿河道的水流方向开设一道锚固槽；

2、在塑形后的河道土体上铺设 8~12cm 厚的粗砂垫层；

3、在粗砂垫层的上表面铺设复合土工膜，将卷状的复合土工膜从两侧边坡顶端往边坡底部滚动铺设，再滚动铺设河底部分；复合土工膜的两端一一对应地嵌入两岸边坡顶面上的锚固槽内，再向锚固槽内回填满细粒土后压实；当复合土工膜的长度不够时，在河底采用热熔拼接，每道拼接缝的重叠长度为 1.5m~2m，并确保与相邻的拼接缝错缝；

4、在复合土工膜铺设厚度为 20~40cm 细粒土，再采用压路机碾压压实；

5、在细粒土垫层的上表面铺设土工布，土工布的两端一一对应地嵌入河道的两侧边坡顶面上的细粒土垫层内，并压实；

6、在土工布的上表面铺筑雷诺护垫层，先摆放雷诺护垫本体，位于河底的雷诺护垫本体以隔板与水流方向垂直的方式摆放，位于两侧边坡的雷诺护垫本体以隔板与水流方向平行的方式摆放；将相邻的雷诺护垫本体采用钢丝绑扎连接，再向每个雷诺护垫本体内装填填充料，填充料要分层装填，填充料的顶面高出雷诺护垫本体的顶面 2~6cm，然后将盖板与雷诺护垫本体的端板、边板和隔板均通过钢丝绑扎连接；

7、在雷诺护垫层的上表面铺设种植土层；

8、在种植土层的上表面种植水生植物，水生植物采用荷花、黑藻、微齿眼子菜、金鱼藻、穗花狐尾藻、矮型苦草和大茨藻中的一种或多种。

2 附图说明

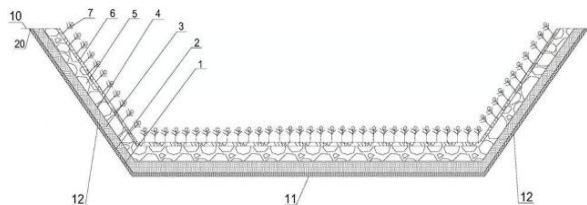


图 1 是生态河道的防渗结构的横断面图；

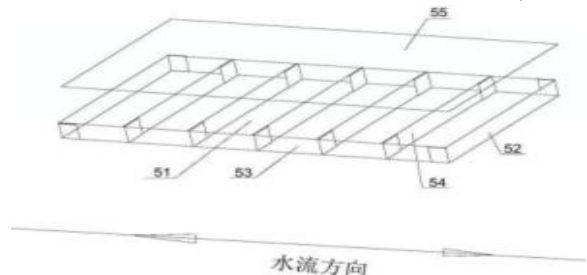


图 2 生态河道的防渗结构中位于河底的雷诺护垫的摆放示意图；

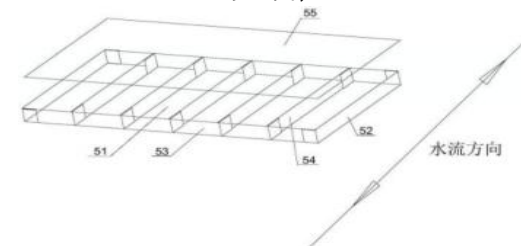


图 3 生态河道的防渗结构中位于边坡的雷诺护垫的摆放示意图；

3 具体实施方式

请参阅图 1 至图 3，生态河道的防渗结构，包括河底防渗结构 11 和边坡防渗结构 12。

河底防渗结构 11 的层面结构与边坡防渗结构 12 的层面结构相同并包括自下而上依次设置的粗砂垫层 1、复合土工膜 2、细粒土垫层 3、土工布 4、雷诺护垫层 5 和种植土层 6；其中，

粗砂垫层 1 铺设在河道的土体表面上，粗砂垫层 1 的厚度为 8~12cm；粗砂垫层 1 采用的粗砂细度模数为 3.7~3.1，含泥量≤6%；

复合土工膜 2 为三层结构，即两层涤纶土工布与中间的聚乙烯土工膜紧密粘合在一起，两层涤纶土工布的规格均为 200g/m²，聚乙烯土工膜的厚度为 0.6mm；复合土工膜 2 铺设在粗砂垫层 1 的上表面，复合土工膜 2 的两端一一对应地嵌入开设在河道的两侧边坡顶面 10 上的锚固槽 20 内，并通过在锚固槽 20 内回填满细粒土压实；锚固槽 20 的横截面呈边长为 50cm 的正方形；

细粒土垫层 3 铺设在复合土工膜 2 的上表面，细粒土垫层 3 的厚度为 20~40cm；细粒土垫层 3 采用的细粒土的粒径≤3cm，其中小于 5mm 的颗粒含量≥50%，小于 0.075mm 的颗粒含量≥15%，小于 0.005mm 颗粒含量≥8%；细粒土层 3 采用 20T 的压路机碾压压实，压实度≥0.95，使细粒土层 3 的渗透系数≤1×10⁻⁵ cm/s。

土工布 4 的规格为 300g/m²，土工布 4 铺设在细粒土垫层 3 的上表面，土工布 4 的两端一一对应地嵌入河道的两侧边坡顶面 10 上的细粒土垫层 3 内压实；

雷诺护垫层 5 铺筑在土工布 4 的上表面，该雷诺护垫层 5 由多个呈长方体的雷诺护垫单元组装而成，每个雷诺护垫单元的尺寸规格为长×宽×高=6m×2m×0.3m；雷诺护垫单元采用表面包覆 PVC 的锌-5%铝-混合稀土合金的镀锌钢丝编织而成；每个雷诺护垫单元包括雷诺护垫本体、填充料和盖板 55，雷诺护垫本体由底板 51、两块一一对应地垂直连接在底板 51 的两端的端板 52、两块一一对应地垂直连接在底板 51 的两侧的边板 53 和五块与端板 52 平行地连接在两块边板 53 之间的隔

板 54 构成:填充料采用粒径为 10~20cm 的块石、软石和混凝土块,填充率 70~95%;盖板 55 与雷诺护垫本体的端板 52 顶部、边板 53 顶部和隔板 54 顶部均通过钢丝绑扎连接,钢丝的间距为 20~30cm;河底防渗结构 11 中的雷诺护垫本体以隔板 54 与水流方向垂直的方式摆放;边坡防渗结构 12 中的雷诺护垫本体以隔板 54 与水流方向平行的方式摆放;

种植土层 6 铺设在雷诺护垫层 6 的上表面,种植土层 6 的厚度为 15~30cm,种植土层 6 采用质量百分比为细粒土 45~75%、粪便 20~35%、有机肥料 10~20% 的混合物;种植土层 6 上栽种水生植物 7,水生植物 7 采用荷花、黑藻、微齿眼子菜、金鱼藻、穗花狐尾藻、矮型苦草和大茨藻中的一种或多种。

生态河道的防渗结构的施工方法,包括以下步骤:

步骤一,先对原有河道进行表土清理,再通过土方开挖和土方回填对河道进行塑形,然后在河道的两侧边坡顶面 10 上各自沿河道的水流方向开设一道锚固槽 20;锚固槽 20 的横截面呈边长为 50cm 的正方形;

步骤二,在塑形后的河道土体上铺设厚度为 8~12 cm 的粗砂垫层 1;粗砂垫层 1 的厚度最好为 10cm;

步骤三,在粗砂垫层 1 的上表面铺设复合土工膜 2,将卷状的复合土工膜 2 从两侧边坡顶端往边坡底部滚动铺设,再滚动铺设河底部分;复合土工膜 2 的两端一一对应地嵌入两岸边坡顶面 10 上的锚固槽 20 内,再在锚固槽 20 内回填满细粒土后压实;当复合土工膜的长度不够时,在河底采用热熔拼接,每道拼接缝的重叠长度为 1.5m~2m,并确保与相邻的拼接缝错缝;

步骤四,在复合土工膜 2 铺设细粒土垫 3,再采用 20T 的压路机碾压压实,形成厚度为 20~40cm 的细粒土层 3,细粒土垫层 3 的厚度最好为 35cm;

步骤五,在细粒土垫层 3 的上表面铺设土工布 4,土工布 4 的铺设方法与复合土工膜 2 的铺设方法相同,土工布 4 的两端一一对应地嵌入河道的两侧边坡顶面 10 上的细粒土垫层 3 内,并压实;

步骤六,在土工布 4 的上表面铺筑雷诺护垫层 5,先摆放雷诺护垫本体,位于河底的雷诺护垫本体以隔板 54 与水流方向垂直的方式摆放,位于两侧边坡的雷诺护垫本体以隔板 54 与水流方向平行的方式摆放;将相邻的雷诺护垫本体采用钢丝绑扎连接,再向每个雷诺护垫

本体内装填填充料,填充料为块石、软石和混凝土块,填充料的粒径为 15cm,填充料要分层装填,填充率为 85%,填充料的顶面高出雷诺护垫本体的顶面 2~6cm,最好为 4cm,然后将盖板 55 与雷诺护垫本体的端板 52、边板 53 和隔板 54 均通过钢丝绑扎连接;

步骤七,在雷诺护垫层 5 的上表面铺设厚度为 15~30cm 的种植土层 6,种植土层 6 的厚度最好为 20cm;种植土层 6 采用质量百分比为细粒土 45~75%、粪便 20~35%、有机肥料 10~20% 的混合物;

步骤八,在种植土层 6 的上表面种植水生植物 7,水生植物 7 采用荷花、黑藻、微齿眼子菜、金鱼藻、穗花狐尾藻、矮型苦草和大茨藻中的一种或多种。

4 结束语

采用复合土工膜、细粒土和土工布等多层防渗材料进行阻水,并将复合土工膜两端分别嵌入锚固槽,确保复合土工膜与细粒土垫层紧密连接,土工布的两端分别延伸至细粒土垫层内,且在土工布上部铺筑雷诺护垫层,提升防渗结构强度和防渗效果,整个防渗结构的稳定性好,使用寿命长,防渗蓄水效果稳定,并且工艺简单,施工便捷,材料成本、机械成本和劳务成本均较低。

雷诺护垫层的布置,能够减轻后期河道蓄水后,水流湍急对河道底部和边坡造成冲刷破坏。

种植土是利用现有的细粒土,加入适量的粪便和有机肥料进行改良,使水生植物的生长效果好,不仅实现了资源化利用,还能营造良好的生态环境。

参考文献

- [1]黄雪松,张帅盈.灌区灌溉渠道防渗衬砌工程生态化设计研究[J].水上安全,2025,(10):46-48.
- [2]张海萍.河道堤防生态护坡设计及防渗加固研究[J].珠江水运,2024,(24):142-144. DOI:10.14125/j.cnki.zjsy.2024.24.046.
- [3]梁志军.水利堤防工程的防渗加固技术及其应用研究[C]//《中国建筑金属结构》杂志社有限公司.2024 新质生产力视域下智慧建筑与经济发展论坛论文集(二).中交水利水电建设有限公司;,2024:166-167. DOI:10.26914/c.cnkihy.2024.039708.