

岩溶地质河道结构设计及其施工方法

周璐¹ 徐涛² 吴刚³

1. 响水县七套水务站, 中国·江苏 盐城 224600

2. 江苏水工建设集团有限公司, 中国·江苏 南通 226100

3. 亨泰水利工程集团有限公司, 中国·江苏 盐城 224700

摘要:一种新的岩溶地质河道建造技术,它包含了两个主要系统:底部结构系统和水下植生护坡系统。底部结构系统由硬质封底层、找平层、防渗双层膜和粘土柔性垫层组成,并且在河道两侧设有防渗双层膜。水下植生护坡系统则由护坡和护岸组成,并且分别由两个系统组成。护坡系统采用多种材料,如碎石、鹅卵石和小粒径石头等组成,并使用素混凝土铺筑而成。河道结构针对岩溶强裂隙发育地区,既能防止河水水下渗流失,也能隔离承压水力对河道结构的破坏,使河道的水土保持良好。

关键词:岩溶地质;河道;结构设计;施工方法

Design and Construction Method of Karst Geological River Structure

Lu Zhou¹ Tao Xu² Gang Wu³

1. Seven Water Supply Stations in Xiangshui County, Yancheng, Jiangsu, 224600, China

2. Jiangsu Water Engineering Construction Group Co., Ltd., Nantong, Jiangsu, 226100, China

3. Hengtai Water Conservancy Engineering Group Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu, 224700, China

Abstract: A new technology for constructing karst geological rivers includes two main systems: the bottom structure system and the underwater vegetation slope protection system. The bottom structure system consists of a hard sealing layer, a leveling layer, an anti-seepage double-layer membrane, and a clay flexible cushion layer, and anti-seepage double-layer membranes are installed on both sides of the river channel. The underwater vegetation slope protection system consists of slope protection and bank protection, each consisting of two separate systems. The slope protection system is composed of various materials such as crushed stones, pebbles, and small-sized stones, and is paved with plain concrete. The river structure is designed for areas with strong karst fissures, which can prevent the infiltration and loss of river water, as well as isolate the damage of hydraulic pressure to the river structure, ensuring good soil and water conservation of the river.

Keywords: karst geology; river course; structural design; construction method

0 前言

随着大型建筑博览园、园林博览园、大型水乐园工程的修建,人工改河、大型人工河道、人工水系景观的设计在市政园林工程中运用越来越广泛。

相比以往的自然河道,现代的人工河道拥有更多的特点,它们的地质结构更加独特,拥有更多的潜在的水利资源,以及更好的保护功能。这些特点使得它们更加安全可靠,而且它们更容易受到外界因素的影响。例如,它们更加灵活,可以通过调整水量来满足各种需求,而且它们还可以提供更多的功能,以便更好的服务于游客。由于河床的淤积,导致了水生植被的严重损害;在干涸的年份,这种情况更加严重,导致了枯竭的河道,严重损害了园林的美感和可视度。

1 技术方案

针对上述问题,提供了一种岩溶地质河道结构及其施工方法,其针对岩溶强裂隙发育地区,既能防止河水水下渗流失,也能隔离承压水力对河道结构的破坏,以使河道的水土

保持良好。

通过下述技术方案实现。

1.1 河道底部结构系统施工

硬质封底层是一种重要的建设技术,它能够有效地阻挡和减少洪水的侵蚀,保护人们的安全。它的施工方法是:第一,把硬质的砂砾堆积到大型的滞洪溶洞的底部,再把硬质的砂砾堆积到溶洞的顶部;如果发现了大的裂缝,则要立刻把硬质的砂砾堆积到裂缝的最深处;第二,硬质的砂砾堆积还能够把河床的底部结构转化成一个坚固的防洪墙,从而阻挡洪水的侵蚀,保护人们的安全。在保持溶洞和裂缝的稳定性的前提下,确保它们能够和外界的地下水相互联系。

1.2 在硬质基础上进行找平层施工,以确保其表面光滑、平整

①在找平层的基础上,采用双层防渗膜的方式,即下层为保护层,由土工膜垫底,而上层则是功能层,采用防渗土工膜或 HDPE 防渗膜,以有效防止旱季河水的渗漏,减

轻河底硬质结构对膜布的拉应力,从而达到永久性的防渗效果。②在双层防渗膜的基础上,采用 4 级粘土柔性垫层的方式进行施工。③在 5 护底层的施工过程中,为了保护河岸,我们将在柔性垫层的基础上,选择一种或几种不同的材料,如碎石、鹅卵石、小颗粒等,来制作护底层。这种护底层不仅能够帮助种植水生物,还能够清洁水体。此外,当遇到 3% 以下的陡峭斜率时,我们会使用素混凝土来制作护底层,这样能够承受较高的动荷载,并且能够避免湍急的洪水造成的损害。

1.3 水下植生护坡体系施工

①经过双层膜的防渗施工,护堤被安装在河道底部的两侧,这些护堤位于护岸坡道附近。

②水下护岸区施工:为了保证安全,我们将会在有溶洞和裂缝的地方建造硬质防护墙。如果没有这些条件,我们将会采取其他措施来确保安全。

为了保护水下护岸区,我们首先将碎石堆积到它的下方,然后再将它的上方的岩石堆积到下方。如果有大的空间,我们可以直接用岩石堆积到下方。

该施工步骤中,河道结构底部采用硬质封底结构,可将河道底部结构变为防水底板,防止承压水上涌或者河流下渗,承担起河流跨越滞水溶洞、大型裂隙的支撑结构作用,同时不影响溶洞、裂隙的承压水位与周边地下水系的连通。

③在护岸区,我们将采取措施铺设防渗膜,并将其与硬质封底层紧密结合,以形成一个完整的防渗网络。

④在护岸区防渗膜上,采用多种材料,包括级配碎石、粘性土和砂土,经过精心配比,形成一种具有良好柔韧性的 3 级垫层,以确保防渗效果。

⑤护坡施工:于柔性垫层上,从护堤往上砌筑形成护坡^[1]。

2 附图说明

河道结构的结构示意图见图 1,图 1 中 A-A 处的断面图见图 2,河道结构中大型滞水溶洞硬质封底层的施工图见图 3,河道结构中大型裂隙硬质封底层的施工图见图 4,河道结构中土工膜之间的粘贴连接缝与防渗膜之间的焊接连接缝进行错缝的示意图见图 5,河道结构中河道一侧的水下护岸区为溶洞发育、裂隙发育区而另一侧水下护岸区为无裂隙、岩溶发育区时的结构示意图见图 6。

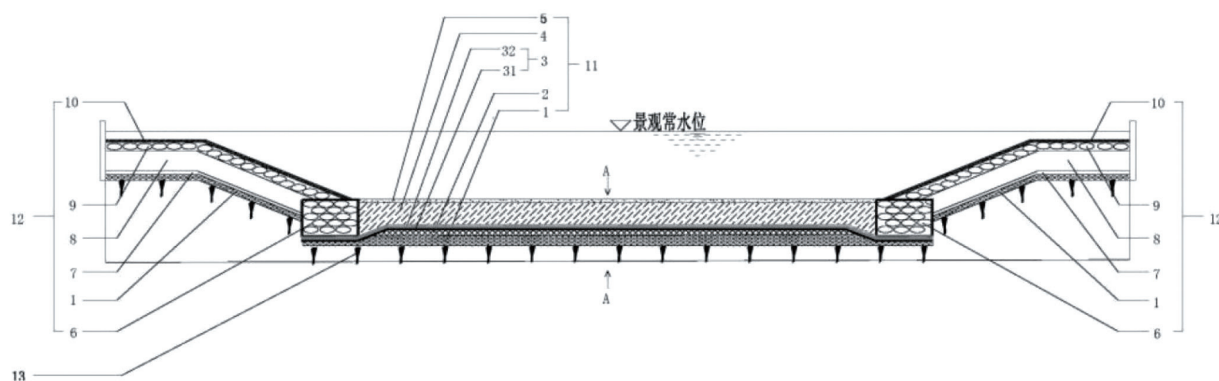


图 1 河道结构的结构示意图

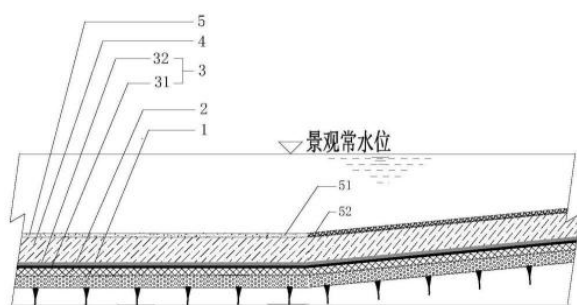


图 2 图 1 中 A-A 处的断面图

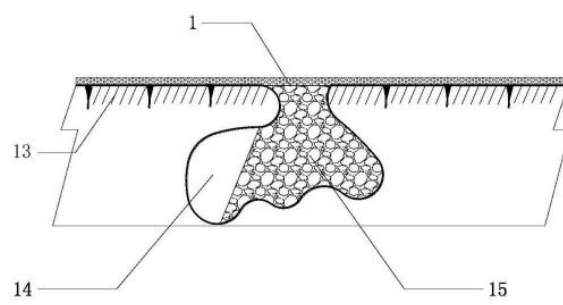


图 3 河道结构中大型滞水溶洞硬质封底层的施工图

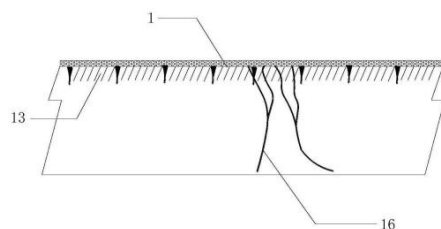


图 4 河道结构中大型裂隙硬质封底层的施工图

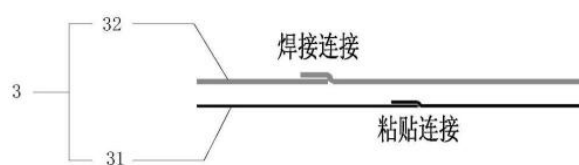


图 5 河道结构中土工膜之间的粘贴连接缝与防渗膜之间的焊接连接缝进行错缝的示意图

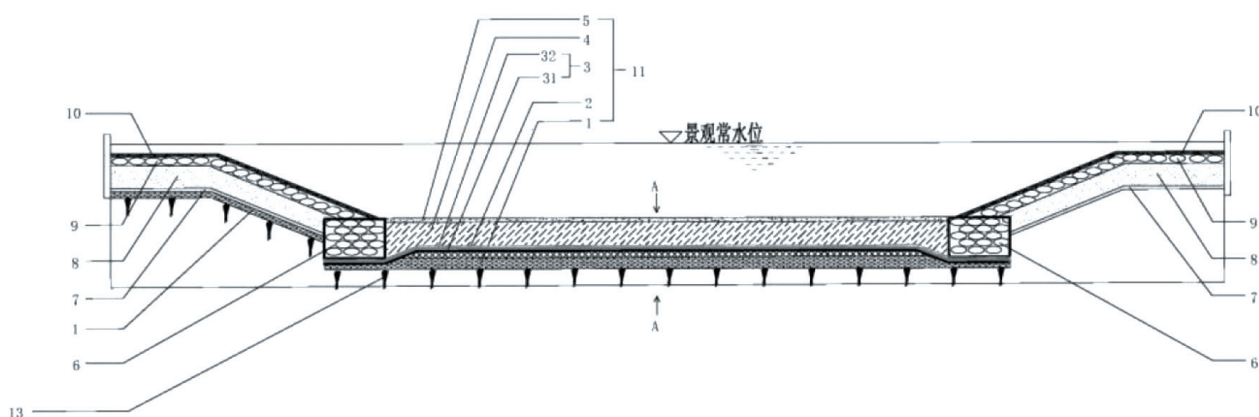


图 6 河道结构中河道一侧的水下护岸区为溶洞发育、裂隙发育区而另一侧水下护岸区为无裂隙、岩溶发育区时的结构示意图

图中, 1—硬质封底层; 2—找平层; 3—防渗双层膜层; 31—下层土工膜; 32—上层功能性防渗膜; 4—粘土柔性垫层; 5—护底层; 51—柔性护底层; 52—刚性护底层; 6—护堤; 7—护岸区防渗膜; 8—柔性垫层; 9—护坡; 10—景观卵石层; 11—河道底部结构系统; 12—水下植生护坡系统; 13—河道底面; 14—大型滞水溶洞; 15—片石; 16—大型裂隙。3 具体实施方式

采用岩溶地质河道施工的方法, 可以参考图 1, 其中包含了以下步骤。

3.1 河道底部结构系统施工

为了确保结构的稳固, 我们将在河床的下方 13 处进行硬质封闭。具体方法可以查看图 3, 如果是大的滞流溶穴, 我们将首先将块状的砂砾堆积到溶穴的下方, 再将硬质封闭层 1 嵌入到溶穴的上方。如果是大的裂缝, 我们将直接在下方的 13 处进行硬质封闭。

根据图 1 所示, 河道底部的 13 处存在溶洞和裂隙发育, 这些发育通常是连续的, 因此, 这一部分应当被砌筑成硬质封底层 1。然而, 在实际施工过程中, 或者在其他情况下, 应该根据河道地质的实际情况来决定: 是否采用硬质封底层施工, 或者是否需要将河道底部 13 砌筑满硬质封底层 1, 以达到最佳的效果。在一段河流中, 需要建造一个完整的硬质封底层 1, 而在另一段河流中, 则无需这样做。

3.2 在硬质封底层 1 上进行 2 次平整施工, 以确保找平层 2 的完美性

①在找平层 2 上, 按顺序铺设下层土工膜 31 和上层功能性防渗膜 32, 构建出一层完整的防渗双层膜 3, 以保证地表水的有效渗透。

②在防渗双层膜 3 的基础上, 采用 4 种不同厚度的粘土柔性垫层, 以确保其牢固耐用。

③根据图 2, 在柔性垫层 4 之后, 应当在 5 号护底层上进行铺设, 以满足不同的要求。在缓流河道的情况下, 可以选择使用一种或几种不同类型的材料, 如碎石、鹅卵石和小粒径石, 来制作出 51; 而在急流河道的情况下, 则可以使用纯净的混凝土, 以制作出 52。

3.3 水下植生护坡体系施工

①经过双层膜 3 的防渗施工, 在河道底部的两侧, 即靠近护岸坡道的位置, 安装了一道坚固的护堤 6。

②对于有溶洞和裂隙的水下护岸区域, 应当采取硬质封底层施工方式, 以确保其稳固性和耐久性 1; 而对于没有裂隙或者岩溶发育的水下护岸区域, 应当采取其他措施来确保其安全性。

根据图 3 和图 4, 为了保证水下护岸的安全, 我们首先要将片石堆积到溶洞的底部, 并且将硬质封底层 1 用以密实它们; 此外, 为了防止大规模的裂缝出现, 我们还需要将这些固定材料用来密实它们。

需要指出的是, 图 1 中示出的为河道两侧的水下护岸区均为溶洞发育、裂隙发育区时的情形, 但在河道实际施工中, 或在其他实施例中, 需要根据河道地质的实际情况来确定是否进行硬质封底层施工, 如图 6 中示出的某段河道一侧的水下护岸区为溶洞发育、裂隙发育区, 而另一侧水下护岸区为无裂隙、岩溶发育区。

③在护岸区 1 分区域, 采用 2 层防渗膜, 紧贴硬质封底层, 以形成完整的防渗系统, 以保证护岸区的安全。

④在护岸区的防渗膜 7 和 8 之间, 采取多种级配碎石、粘性土和砂土的组合, 以构建出一种具有良好抗压力和抗滑度的 3 级柔性垫层。

在柔性垫层 8 上, 从护堤 6 开始, 采取 4 级护坡施工, 最终完成护坡 9 的建设。

进一步的, 本实施例中, 硬质封底层 1 采用浆砌片石砌筑。

进一步的, 本实施例中, 找平层施工中, 找平层 2 采用素混凝土或者水泥砂浆浇筑。

进一步的, 本实施例中, 请参阅图 5, 防渗双层膜施工具体为: 先紧贴找平层 2 分区域铺设土工膜, 土工膜之间采用粘贴连接, 形成下层土工膜 31; 然后紧贴下层土工膜 31 分区域铺设防渗膜, 防渗膜采用焊接连接, 形成上层功能性防渗膜 32。

进一步的, 本实施例中, 请参阅图 5, 防渗双层膜施工

中，土工膜之间的粘贴连接缝与防渗膜之间的焊接连接缝进行错缝。

进一步的，本实施例中，粘土柔性垫层施工具体为：于防渗双层膜 3 上，采用粘土分区域、分段、分层铺设施工，铺筑完毕后应进行压实，形成粘土柔性垫层 4。

进一步的，本实施例中，粘土柔性垫层施工中：控制分区域的宽度 $\leq 10\text{m}$ 、每段的长度 $\leq 15\text{m}$ 、每层的厚度 $\leq 50\text{cm}$ 进行铺设施工；控制压实系数 ≥ 0.92 。

进一步的，本实施例中，护底层施工中，刚性护底层 51 采用素混凝土浇筑，素混凝土中含有以重量计 3% 的水玻璃，且铺筑时每 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 设置沥青木板分隔缝，以满足混凝土的收缩要求。

进一步的，本实施例中，上层功能性防渗膜 32、护岸区防渗膜 7 中使用的防渗膜为土工布防渗膜或 HDPE 防渗膜。

进一步的，本实施例中，护堤 6、护坡 9 采用生态格宾石笼砌筑；护坡 9 上平铺景观卵石层 10 覆盖^[2]。

4 有益效果

①溶地质河道结构在旱季时可保持人工河道常水位，防止因裂隙造成的水土流失，能满足观赏性、实用性要求。

②岩溶地质河道结构在雨季时能够防止岩溶裂隙水对河道底板的冲刷，造成水土流失，影响河道生态环境，导致河道自净化能力不足，影响其观赏性和使用性。

③岩溶地质河道结构对于缓流河床，能提供给水生植物较好的生长环境，保持水质洁净功能；对于急流河道，能防止河水对河床的冲刷破坏作用^[3]。

参考文献：

[1] 杨玉杰,王希平,杨春琴.RGB分频混色技术在塔河油田的应用[J].新疆地质,2013,31(B12):3.

[2] 张媛媛,黄阳榴,周伟旭,等.岩溶地质河道结构:CN201920367557.7[P].CN210341799U[2024-12-23].

[3] 王晓琴.锦屏二级水电站引水隧洞涌水治理方案研究[D].重庆:重庆交通大学,2024.