

具有防淤堵反滤功能的水闸下游消能结构设计及其施工方法

徐涛¹ 吴刚² 周璐³

1 江苏水工建设集团有限公司, 江苏南通, 226100;

2 亨泰水利工程集团有限公司, 江苏盐城, 224700;

3 响水县七套水务站, 江苏盐城, 224600;

摘要: 一种具有防淤堵反滤功能的水闸下游消能结构及其施工方法, 该水闸下游消能结构包括消力池, 所述消力池由下到上依次包括垫层、绿化混凝土反滤层和钢筋混凝土消力池底板, 所述钢筋混凝土消力池底板设置有排水孔。所述排水孔内浇筑绿化混凝土。本设计将绿化混凝土设置在钢筋混凝土消力池底板和垫层之间, 利用绿化混凝土内部丰富的连通孔隙排出底板下的承压水; 同时由于孔隙曲折且孔隙大小较沙砾石更细小, 使沙砾石无法通过, 可以起到反滤作用, 防止沙砾石沉陷、移位, 而且与土工布相比, 绿化混凝土反滤层的孔隙更大, 不容易淤堵。

关键词: 防淤堵反滤功能; 水闸下游消能; 结构设计; 施工方法

DOI: 10.69979/3060-8767.24.3.023

1 背景技术

在水闸闸门开启瞬间, 闸前水流在高水头的作用下, 高速下泄, 具有巨大的动能, 对下游护坦和海漫产生剧烈的冲刷和扰动, 导致破坏, 为了消除下泄水流的动能, 促使在泄水建筑物下游产生底流式水跃, 必须在闸室后护坦前布置消力池。

为了降低水闸前后水头差对消力池底板产生的巨大扬压力, 消力池底板必须布置一定数量的排水孔。排水孔在排出消力池底板下承压水、消解扬压力的过程中, 压力水也会将消力池底板下的泥沙带出, 导致底板地基被淘空, 消力池底板破坏。因此, 底板下通常会采用“铺筑砂砾石层+土工布”的方式进行反滤, 避免泥沙被带出造成的底板地基被淘空。传统的消力池底板构造五层组成, 由下往上依次“碎石垫层+反滤土工布+砂砾石层+混凝土垫层+钢筋混凝土底板”。经过较长一段时间的运行后, 砂砾石由于是散体结构, 容易因水流影响和地基变形而产生沉陷、移位, 导致反滤功能降低而失效; 土工布因老化、尖锐物刺破、地基沉陷变形, 也会导致反滤功能降低而失效; 同时土工布由于孔隙细小致密, 在低水头时, 容易被淤泥堵住, 导致高水头时, 承压水不能顺利排出, 导致淤堵失效, 土工布淤堵也会导致排水孔淤堵, 加重了反滤失效的程度, 加快了反滤失效的进程, 最终导致功能完全丧失。消力池底板反滤功能降低和丧失导致了大量

的工程事故, 造成了巨大的损失。

2 技术方案

提供一种具有防淤堵反滤功能的水闸下游消能结构, 具有优异的反滤功能且不容易发生淤堵。第二个目的是提供一种具有防淤堵反滤功能的水闸下游消能结构的施工方法。

绿化混凝土具有大量的曲折的连通孔隙, 施工中发现, 利用绿化混凝土可以排出消力池底板下的承压水, 且由于绿化混凝土的孔隙尺寸较普通沙砾石更小、曲折迂回, 沙砾石不能通过, 因此可以起到反滤作用, 防止沙砾石流失; 同时绿化混凝土的孔隙尺寸较传统的土工布的孔隙更大, 不容易发生淤堵。

为实现上述目的, 采取的技术方案为:

一种具有防淤堵反滤功能的水闸下游消能结构, 包括消力池, 所述消力池由下到上依次包括垫层、绿化混凝土反滤层和钢筋混凝土消力池底板, 所述钢筋混凝土消力池底板设置有排水孔。

相对于现有技术, 本方法在钢筋混凝土消力池底板和垫层之间设置绿化混凝土反滤层, 利用绿化混凝土内部丰富的连通孔隙排出钢筋混凝土底板下的承压水; 同时由于孔隙曲折且孔隙大小较沙砾石更细小, 使沙砾石无法通过, 可以起到反滤作用, 防止垫层中的沙砾石沉陷、移位。而且, 与土工布相比, 绿化混凝土反滤层的孔隙更大, 不容易淤堵; 绿

化混凝土反滤层相较土工布不会被刺破损坏,且刚度更大,整体性好,不容易随地基砂石沉陷;与碎石反滤层相比,绿化混凝土反滤层整体性好,不会产生沉陷、移位失效,不会导致消力池底板塌陷。

所述排水孔内浇筑绿化混凝土。通过在钢筋混凝土消力池底板的排水孔中浇筑绿化混凝土,不仅可以起到反滤作用,也可以避免排水孔被水流中的砾石堵住导致失效。

所述消力池的钢筋混凝土消力池底板上设置有消力池壁;所述水闸下游消能结构还包括消力墩,所述消力墩设置在所述钢筋混凝土消力池壁上。通过在钢筋混凝土底板上设置消力池壁,形成消力池,蓄积水分,使水闸上游下泄的高速水流产生潜流消能;通过在消力池壁上设置消力墩,利用水流在消力墩上发生的冲击可将水流变成多股不同流向、不同流速的水流,不同流向、不同流速的水流再相互交织,有利于消散水流动能。

所述水闸下游消能结构还包括钢筋石笼海漫,所述钢筋石笼海漫设置在所述消力墩下游。通过沿水流方向在消力墩下游设置钢筋石笼海漫,可保护下游河床,防止水流冲刷。而且采用钢筋石笼制成海漫,与砌石海漫相比,整体性好,不会局部坍塌、损坏;与混凝土海漫相比,排水性好,不会产生局部管涌破坏;基底扬压力小,不会产生底板翻起;整体柔性,可随地基整体变形,不会产生脱空。

所述绿化混凝土反滤层与钢筋混凝土消力池底板之间还设置有土工布。通过设置土工布可加强反滤作用。

所述垫层厚度为80~300mm。

所述绿化混凝土反滤层厚度为150~300mm。

所述钢筋混凝土消力池底板厚度为50~150cm。

所述排水孔直径为80~150mm。

所述排水孔数量为两个或两个以上,相邻两个所述排水孔间距1000~3000mm。

一种具有防淤堵反滤功能的水闸下游消能结构的施工方法,包括如下步骤:

- 1) 在地基上铺筑级配碎石或砂砾石,形成垫层;
- 2) 在垫层上浇筑绿化混凝土,形成绿化混凝土反滤层;
- 3) 在绿化混凝土反滤层上浇筑钢筋混凝土,在浇筑过程中预留排水孔,形成设有排水孔的钢筋混凝土消力池底板。

步骤3)后还包括步骤:在排水孔内浇筑绿化混凝土。

步骤3)后还包括步骤:在所述钢筋混凝土底板上浇筑消力池壁;在消力池壁上浇筑消力墩。

步骤3)后还包括步骤:在消力墩下游铺装内部填充有石

料的钢筋石笼,将相邻的钢筋石笼相互连接成为整体,形成钢筋石笼海漫。

所述级配碎石粒径级配规格为5~20mm、16~31.5mm、20~40mm、5~25mm、5~31.5mm、5~40mm中的任意一种或任意几种的任意比例组合。当使用级配碎石铺筑垫层时,所形成的碎石垫层厚度为80~200mm。

所述砂砾石压碎值不大于10%,针片状颗粒含量(按质量计)不大于10%、含泥量(按质量计)不大于0.8%、表观密度不小于2500kg/m³、紧密堆积密度不小于1350kg/m³、空隙率不大于45%。当使用砂砾石铺筑垫层时,所述形成的砂砾石垫层厚度为100~300mm。

所述绿化混凝土的配合比参数为:粗集料用量为1350~1600kg/m³;无砂;胶凝材料用量为180~350kg/m³;单位用水量80~120kg/m³;水胶比0.25~0.35;矿渣粉掺量为胶凝材料质量的0~50%;硅灰掺量为胶凝材料质量的0~12%;粉煤灰掺量为胶凝材料质量的0~25%;减水剂掺量为胶凝材料质量的0.6%~2.5%;引气剂掺量为胶凝材料质量的0~0.1%。所述粗集料级配为5~20mm、5~31.5mm中的任意一种或两种的任意组合。

或者,所述绿化混凝土的配合比参数为:粗集料用量为1350~1600kg/m³;无砂;胶凝材料用量为180~350kg/m³;单位用水量80~120kg/m³;水胶比0.25~0.35;硅灰掺量为胶凝材料质量的0~15%;矿渣粉掺量为胶凝材料质量的0~50%;粉煤灰掺量为胶凝材料质量的0~25%;减水剂掺量为胶凝材料质量的0.6%~2.5%;有机纤维0.2~0.9kg/m³。所述粗集料级配为5~20mm、5~31.5mm中的任意一种或两种的任意组合。

设计中采用特定配比的原料制成绿化混凝土,原料中不使用砂,使绿化混凝土内部产生大量迂回的连通孔隙,并采用粒径为5~20mm、5~31.5mm的级配粗集料控制绿化混凝土内部连通孔隙的尺寸和曲折迂回程度,硬化后的绿化混凝土孔隙率达到25%~38%,孔隙大小分布在2~10mm之间。

所述绿化混凝土所用的水泥为普通硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥的任意一种或多种;水泥强度等级为32.5、32.5R、42.5、42.5R、52.5、52.5R的任意一种或多种。

所述硅灰总碱量不大于1.5%、二氧化硅含量不小于85%、氯含量不大于0.1%、含水量(粉料)不大于3.0%、含固量(液料)生产控制值的±2.0%、烧失量不大于4.0%、需水量比不

大于 125%、比表面积(BET 法)不小于 $15\text{m}^2/\text{kg}$ 、活性指数(7 天快速法)不小于 105%、抑制碱骨料反应性 14 天膨胀率降低值不小于 35%、抗氯离子渗透性 28 天电通量之比不大于 40%。

所述粉煤灰为 I 级和/或 II 级粉煤灰。

所述矿渣粉为 S95 和/或 S105 级矿渣粉。

所述减水剂为木质素磺酸盐类减水剂、萘系减水剂、三聚氰胺系减水剂、氨基磺酸盐系减水剂, 脂肪酸系减水剂、聚羧酸系减水剂中的任意一种或多种。

所述引气剂选自松香衍生物及磺酸盐。

所述水为天然水、自来水、中水中的任何一种或多种。

所述有机纤维为聚丙烯纤维、聚丙烯腈纤维、聚酯纤维、聚乙烯醇纤维、芳纶纤维中的任意一种或几种。

所述钢筋混凝土强度等级为 C25~C50, 配筋率 0.5%~1.5%。

所述消力池壁及消力墩由强度等级 C25~C60, 配筋率 0.5%~1.5% 的钢筋混凝土浇筑而成。

所述钢筋石笼长度为 500~1500mm, 高度为 300~1000mm, 宽度为 300~1000mm。

填充于所述钢筋石笼内的石料的软化系数不小于 0.7, 饱和抗压强度不小于 50MPa; 块体密度不小于 $2400\text{kg}/\text{m}^3$, 最大吸水率不大于 10%; 所述石料中值粒径宜介于 $1.5D\sim 2.0D$ 之间(D 为钢筋石笼网孔尺寸), 粒径大于 1.0D 的石料占比在 85% 以上。所述石料可采用新鲜或微风化或弱风化的石料。

所述石料填充至所述钢筋石笼后, 空隙率不小于 35%。

3 附图说明

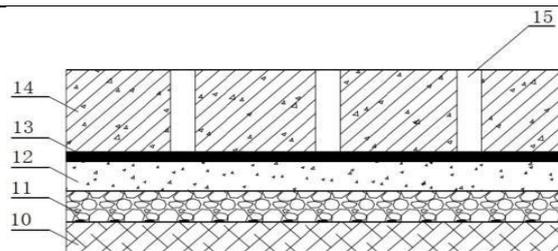


图 1 为设计方案 1 的水闸下游消能结构的结构示意图

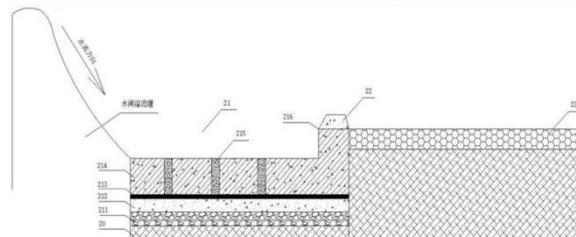


图 2 为设计方案 2 的水闸下游消能结构的结构示意图

4 有益效果

- 1) 能够有效排出钢筋混凝土底板下的承压水, 减小水流对钢筋混凝土的冲击力。
- 2) 避免砂石流失, 防止内陷、移位现象。
- 3) 防淤堵。
- 4) 工艺简单, 材料易得, 工期短, 养护简单, 维护方便, 成本低。

参考文献

- [1] 刘学应, 叶睿, 裴慧萍, 等. 一种生态河道用阶梯式景观挡墙及其施工方法: 201810102434[P][2024-08-15].
- [2] 龚明正. 阶梯跌水式景观明渠的设计与应用[J]. 工程技术(引文版)[2024-08-15].