

# 抽水蓄能电站上水库生态防渗岸坡结构及施工方法

戴蔚 魏阳 徐军

南京市第二基础工程有限责任公司 江苏南京 211800

**摘要:** 利用粘质土优良的防渗性能与沥青混凝土面板优良的防渗性能和变形能力,有效提高了抽水蓄能电站上水库岸防渗能力;同时,掺砾黏土层、植被土层均可很好的适应岸坡施工,可操作性较大,保证了结构整体的施工质量和防渗效果。

**关键词:** 抽水蓄能电站; 水库; 生态防渗岸坡结构; 施工方法

## Ecological anti-seepage bank slope structure and construction method for upper reservoir of pumped storage power station

Wei Dai, Yang Wei, Jun Xu

( Nanjing No.2 Foundation Engineering Co., Ltd. Nanjing 211800, Jiangsu )

**Abstract:** The anti-seepage capacity of the upper reservoir bank of the pumped storage power station is effectively improved by using the excellent anti-seepage performance of the clay soil and the excellent anti-seepage performance and deformation capacity of the asphalt concrete panel; At the same time, the gravel mixed clay layer and vegetation soil layer can be well adapted to the reservoir bank construction, with greater operability, ensuring the overall construction quality and anti-seepage effect of the structure.

**Key words:** pumped storage power station; Reservoir; Ecological anti-seepage bank slope structure; Construction method

### 1 背景技术

我国领土辽阔,水资源十分丰富。但是随着社会经济不断发展,近些年来水电资源的不断开发与利用,具有优良的天然地质条件的库址越来越少,工程建设的难度也越来越大。我国作为“世界工厂”,工业、交通运输等行业发展迅速,同时碳排放量加速攀升。但我国油气自然资源相对匮乏,碳中和碳达峰等政策影响下,开发环保能源,重塑环保能源体系具有重要安全意义。在水电生态能源基础上,发展抽水蓄能电站是碳中和碳达峰的有效途径。

由于抽水蓄能电站上水库因其独特的工作性质,在电力需求较小的夜晚,抽水到上水库进行蓄能;白天对电力需求较高时,上水库放水发电。抽水蓄能电站上水库岸经过频繁的水位升降,形成了干湿循环的环境,干湿循环环境下库岸容易发生劣化变形而产生裂缝,导致库岸渗水问题严重。如何合理有效的解决干湿循环环境下水库库岸渗水问题迫在眉睫。

### 2 技术方案

提供一种抽水蓄能电站上水库生态防渗岸坡结构及其施工方法,以解决现有技术中存在的问题。抽水蓄能电站上水库生态防渗岸坡结构,包括从内到外依次设置在岸坡坡面迎水侧的碎石垫层、掺砾黏土层、整平胶结

层、沥青混凝土面板层、植被土层和生态草本层。掺砾黏土层包括按设定比例混合掺拌的黏土料与砾石料,整平胶结层为铺设在掺砾黏土层上的水泥砂浆。

根据上述的抽水蓄能电站上水库生态防渗岸坡结构的施工方法,包括以下步骤:

1) 碎石垫层的施工:将碎石材料摊铺在岸坡坡面迎水侧并平整处理,再对铺设的碎石料进行碾压。

2) 掺砾黏土层的施工:按设定比例将黏土料与砾石料混合掺拌得到掺砾黏土,再将掺砾黏土平铺于碎石垫层上并进行分层碾压。

3) 整平胶结层的施工:在所述掺砾黏土层上摊铺水泥砂浆,待该摊铺层达到规定的压实度和平整度后进行碾压。

4) 沥青混凝土面板层的施工:将若干所述钢筋安装在对应位置,再摊铺沥青混凝土混合料,待该摊铺层达到规定的压实度和平整度后进行碾压,若干钢筋伸出该摊铺层。

5) 植被土层的施工:将黏土平铺于所述沥青混凝土面板层上并分层碾压,若干钢筋的上端位于碾压后的黏土层内。

6) 生态草本层的施工:将设计厚度的土壤平铺于所述植被土层上,再将聚乙烯六边形网格平铺在土壤层上,

在土壤层种植两栖植物。

### 3 附图说明

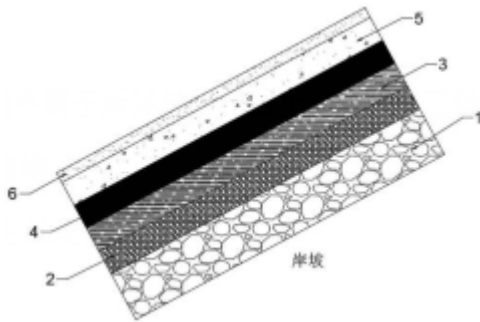


图1为上水库坝坡防渗结构总体示意图

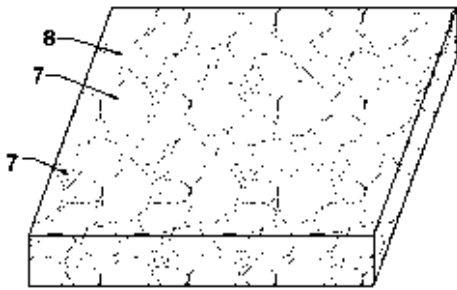


图2为掺砾黏土层示意图

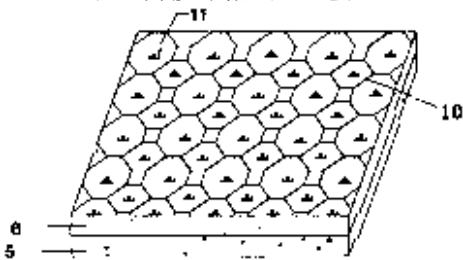


图3为生态草本层示意图

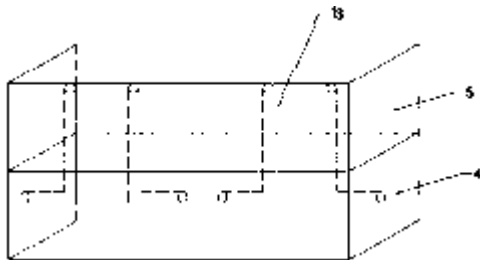


图4为沥青混凝土面板层与植被土层连接示意图

图中：碎石垫层1、掺砾黏土层2、整平胶结层3、沥青混凝土面板层4、植被土层5、生态草本层6、砾石料7、黏土料8、聚乙烯六边形网格10、两栖植物11和钢筋13。

### 4 具体实施方式

参见图1，实施例公开了抽水蓄能电站上水库生态防渗岸坡结构，包括从内到外依次设置在岸坡坡面迎水侧的碎石垫层1、掺砾黏土层2、整平胶结层3、沥青混凝土面板层4、植被土层5和生态草本层6。

碎石垫层1的碎石材料的最大粒径小于等于120mm，碎石垫层1是所述岸坡结构最有力的持力层，

用于提高整个岸坡的承载力，并且可以有效的减少沉降量，一般情况下，岸坡受到水的动态荷载及干湿循环后岸坡会产生一定的变形，而碎石垫层1可以有效的减少相应的变化带来的沉降量，较好的避免不均匀沉降所带来的危害。同时还可以加速排水固结，由于砂石有较好的透水性，可以在岸坡成型受压之后形成良好的排水面，使得岸坡下面的孔隙水压力迅速消散，避免岸坡土的塑性破坏，提高其强度。

参见图2，所述掺砾黏土层2包括按设定比例混合掺拌的黏土料8与砾石料7，掺砾黏土层2的砾石料7的最大粒径小于等于120mm，掺砾黏土层2不仅具有防渗作用，而且在掺入砾石之后，掺砾黏土的弹性模量比不掺砾的黏土层高，抗压和抗剪能力也均有所提高，能够很好地降低不均匀沉降带来的影响，保护上层结构不被破坏，让整体结构更加安全稳定。掺砾黏土层2中所掺砾石为级配砾石组成，并且所掺砾石粒径不应过大，施工前应注意删除过大粒径的砾石。并且掺砾后的掺砾黏土层应满足工程结构的防渗要求。并且施工时应根据该掺砾黏土层总厚度进行分层填筑，并且严格控制碾压质量，采用有利于均匀掺和与避免颗粒分离的工艺措施。

整平胶结层3为铺设在掺砾黏土层2上的水泥砂浆，整平胶结层3作为连接沥青混凝土面板层4与掺砾黏土层2的胶结连接层，工程质量直接影响防渗效果，其铺设厚度应不小于100mm。整平胶结层3的主要作用是保证沥青混凝土面板与下面的掺砾黏土层2能够良好的结合，并为沥青混凝土面板层4的摊铺施工创造良好的平整面。

参见图4，若干钢筋13的下端预埋在所述沥青混凝土面板层4内，上端伸入植被土层5。

沥青混凝土面板层4作为整个结构的最有力的防渗层，具有良好的防渗性、抗裂性、稳定性和耐久性，能够保证整体结构的安全性防止结构开裂发生渗透。

植被土层5的土料为黏土，植被土层5是由黏土组成的一种既可供植物生长的土层，又极具防渗性能的土层。黏土本身的渗透系数极小，仅为 $1 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ ，是种很好的防渗材料，而且便于就地取材，其厚度应不小于400mm。同时在一定程度上使得渗流路径变长，降低水力坡度，防止岸坡及其结构发生管涌，避免危害的发生，提高结构的安全性。

参见图3，生态草本层6上种植有两栖植物11，生态草本层6的表面平铺有聚乙烯六边形网格10。所述生态草本层6与下部的植被土层5的连接面为适宜植物生长的天然土壤，在此种植既可以在水中生存又可以在陆地上生存的两栖植物，天然土壤中富含丰富的微生物能够起到一定的净化水质的作用。在此之上铺设由聚乙烯材料制成的六边形网状结构，能够使得土壤不被水库水位频繁升降而冲刷流失。因此此生态草本层具有良好的抗冲击性能以及耐久性，还能够起到改善水质、美化岸

坡的作用。

值得说明的是,对于现有抽水蓄能电站上水库库岸防渗技术相比,特别是与碾压黏土作为库岸防渗结构,传统的碾压黏土作为防渗结构存在整体抗剪强度较低、抗变形能力较差的不足之处,直接影响了整体结构的防渗性能与结构安全性与耐久性。本实施例采用沥青混凝土面板与黏土相结合的结构,大大加强了结构的防渗性能,同时又具备造价低廉施工方便的特点。同时在此基础上加入了生态草本层不仅符合生态发展理念,对地区的水生态环境也有一定修复作用。

因此本实施例所述结构能够有效的提高抽水蓄能电站上水库库岸防渗能力,利用粘质土优良的防渗性能与沥青混凝土面板优良的防渗性能和变形能力。同时掺砾黏土层、植被土层均可很好的适应库岸施工,可操作性较大,保证了结构整体的施工质量和防渗效果。同时此结构还利用水陆两栖植物起到净化水质的作用,而且植物根系可以更好的使土体固结,同时植物能够很好的调节库岸边坡土体水含量,减少干湿循环带来的土体开裂,防治库岸渗水,美观库岸的作用,只要能确保施工碾压夯实质量,其结构就不容易产生裂隙和较大的变形,结构安全性和耐久性都能够得到保证。能够使得该结构有效的应对抽水蓄能电站上水库现状所面临的由于干湿循环带来的渗漏问题。

#### 实施例 2:

实施例公开了基于实施例 1 所述的抽水蓄能电站上水库生态防渗岸坡结构的施工方法,包括以下步骤:

1) 碎石垫层 1 的施工:将碎石材料摊铺在岸坡坡面迎水侧并平整处理,再对铺设的碎石料进行碾压。具体的,所述碎石垫层 1 应该采用集配良好的且未风化的砾石或碎石,其最大粒径小于等于 120mm,垫层材料中应不含有草根、垃圾等杂质。碎石按照相应级配混合均匀之后,采用运输工具从料场运输至施工处,由平地机进行摊铺,铺设过程中应对垫层的平整度进行控制,确保平整,铺设后的碎石垫层无明显离析现象。之后对铺设碎石料进行碾压,确保碾压质量。

2) 掺砾黏土层 2 的施工:按设定比例将黏土料 8 与砾石料 7 混合掺拌得到掺砾黏土,再将掺砾黏土平铺于碎石垫层 1 上并进行分层碾压。具体的,所述黏土料 8 从就近土料场中获取,砾石料 7 根据级配由人工加工系统生产供应,砾石的最大粒径小于等于 120mm。备料完成后,掺砾黏土按黏土料 8 与砾石料 7 按照相应比例进行混合掺拌,确保掺砾黏土中的黏土与砾石混合均匀,再由运输车辆运至施工处,保持运输过程的时间不宜过长,保证黏土与砾石之间不发生明显的分离现象。将掺砾黏土运至施工处用进占法卸料后将掺砾黏土平铺于岸坡,用光面碾对掺砾黏土进行分层碾压。

3) 整平胶结层 3 的施工:在所述掺砾黏土层 2 上摊铺水泥砂浆,待该摊铺层达到规定的压实度和平整度后

进行碾压,并对摊铺层进行刨毛处理,确保与沥青混凝土面板层 4 联结牢固。其中,水泥砂浆倒入摊铺机进行摊铺前进。

4) 沥青混凝土面板层 4 的施工:将若干所述钢筋 13 安装在对应位置,再摊铺沥青混凝土混合料,待该摊铺层达到规定的压实度和平整度后进行碾压,若干钢筋 13 伸出该摊铺层。具体的,将沥青混凝土混合料倒入运输车辆前在车内喷洒防粘剂,避免运输过程中沥青混合料粘连运输工就。并且沥青混凝土面板层施工对温度有着较高的要求,在运输过程中应避免热量的损失以及其他杂物掺入。施工前应将摊铺机与加热器等器材准备好,预制的钢筋按照设计位置摆放然后将沥青混凝土混合料倒入摊铺机受料斗后开始摊铺前进,待摊铺层到达规定的压实度和平整度后对沥青混凝土进行碾压,碾压过程中需确保碾压质量。碾压过程中注意钢筋处的处理。

5) 植被土层 5 的施工:将黏土平铺于所述沥青混凝土面板层 4 上并分层碾压,若干钢筋 13 的上端位于碾压后的黏土层内。具体的,植被土层 5 用进占法卸料后将黏土料平铺于沥青混凝土面板层上,注意铺设时钢筋的位置处需要辅以人工整平压实,之后采用光面碾,按进退法对黏土分层碾压,上下层分段位置应错开。

6) 生态草本层 6 的施工:将设计厚度的土壤平铺于所述植被土层 5 上,再将聚乙烯六边形网格 10 平铺在土壤层上,在土壤层种植两栖植物 11。其中,本步骤所用土壤为适宜于水生植物生长的天然土壤(农田源土壤)。

#### 5 有益效果

利用粘质土优良的防渗性能与沥青混凝土面板优良的防渗性能和变形能力,有效提高了抽水蓄能电站上水库库岸防渗能力;同时,掺砾黏土层、植被土层均可很好的适应库岸施工,可操作性较大,保证了结构整体的施工质量和防渗效果;此外,所述结构还利用水陆两栖植物起到净化水质的作用,而且植物根系可以更好的使土体固结,同时植物能够很好的调节库岸边坡土体水含量,减少干湿循环带来的土体开裂,防治库岸渗水,美观库岸的作用,只要能确保施工碾压夯实质量,其结构就不容易产生裂隙和较大的变形,结构安全性和耐久性都能够得到保证,从而有效应对抽水蓄能电站上水库现状所面临的由于干湿循环带来的渗漏问题。

#### 参考文献:

- [1] 李长健. 抽水蓄能电站减碳效益研究 [J]. 水电与抽水蓄能 .2021(06).
- [2] 张村,贾胜,吴山西,刘金保,焦越,张晨曦. 基于矿井地下水库的煤矿采空区地下空间利用模式与关键技术 [J]. 科技导报 .2021(13).
- [3] 王存寿. 观上水库新建溢洪道施工技术 [J]. 山西水利科技 .2013(04).

**作者简介:**

第一作者: 戴蔚(1988-12), 男, 汉族, 江苏省兴化人, 工程师, 本科, 研究方向: 水利水电工程。

第二作者: 魏阳(1991-02)男, 汉族, 江苏省南京人,

工程师, 本科, 研究方向: 水利水电工程。

第三作者: 徐军(1992-02)男, 汉族, 江苏省南京人, 工程师, 本科, 研究方向: 水利水电工程。