(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119593354 A
(43)申请公布日 2025.03.11

(21)申请号 202411618708.3
(22)申请日 2024.11.13
(71)申请人 山东电力工程咨询院有限公司
地址 250013 山东省济南市历下区闵子骞路106号
(72)发明人 周芳 张永飞 高德申 陈德文 岳潇 王文康 张平 张磊 公铭 杨艳 高斌
(74)专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221
专利代理师 闫伟姣
(51)Int.Cl.
E02B 3/12(2006.01)
E03F 3/04(2006.01)
E02B 7/06(2006.01)
A01G 22/00(2018.01)

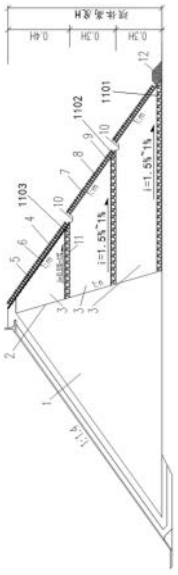
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡及防护方法

(57)摘要

本发明属于火力发电厂水利工程环境保护以及护坡加固技术领域,提出了一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡及防护方法,包括沿预设上下游堆石区分界线至下游坝坡表面设置的第一水平排水体,沿预设上下游堆石区分界线至下游坝坡表面设置的第二水平排水体,以及沿预设上下游堆石区分界线至下游坝坡表面设置的第三水平排水体;所述上下游堆石区分界线为沿坡顶到坡底的倾斜线;在预设的高度位置处,分别设置第一水平排水体、第二水平排水体和第三水平排水体,三层水平排水体结构的设计,充分考虑了不同坝高范围内的渗透荷载和下游软岩筑坝料的渗透特性,可同时为上游库水渗漏和坝面入渗雨水提供多层次的通畅排水通道,有效保障了下游坝坡的整体稳定性。



CN 119593354 A

1.一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡,其特征在于,包括沿预设上下游堆石区分界线至下游坝坡表面设置的第一水平排水体,距所述第一水平排水体预设高度处,沿预设上下游堆石区分界线至下游坝坡表面设置的第二水平排水体,以及距所述第二水平排水体预设高度处,沿预设上下游堆石区分界线至下游坝坡表面设置的第三水平排水体;所述上下游堆石区分界线为沿坡顶到坡底的倾斜线;

通过所述第一水平排水体,对上游库水的渗透水流进行排水;通过所述第二水平排水体,对上游库水渗透水流和坝坡入渗雨水进行排水;所述第三水平排水体,对坝坡入渗雨水进行排水。

2.如权利要求1所述的一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡,其特征在于,所述第一水平排水体,位于坝体外部的端部位置,设置有坝脚排水棱体;所述第一水平排水体与所述坝脚排水棱体相连。

3.如权利要求1所述的一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡,其特征在于,所述第二水平排水体,位于坝体外部的端部位置,以及所述第三水平排水体,位于坝体外部的端部位置,分别设置有横向反滤排水沟。

4.如权利要求3所述的一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡,其特征在于,坝体的下游坝坡两侧,分别设置有第一排水沟和下游第二纵向排水沟;与所述第二水平排水体和所述第三水平排水体连接的两个横向反滤排水沟,分别与所述下游第一纵向排水沟和所述下游第二纵向排水沟相连。

5.如权利要求1所述的一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡,其特征在于,所述第一水平排水体、所述第二水平排水体和所述第三水平排水体的渗透系数不低于1.0cm/s;所述第一水平排水体、所述第二水平排水体和所述第三水平排水体的填筑料,采用筛除粒径小于5mm细颗粒的硬岩堆石料。

6.如权利要求5所述的一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡,其特征在于,所述第一水平排水体、所述第二水平排水体和所述第三水平排水体施工过程中的Marsal破碎率不高于10%;Marsal破碎率等于碾压前后粒径组的百分含量差所有正值之和;所述第一水平排水体、所述第二水平排水体和所述第三水平排水体的压实厚度与上游堆石填筑施工厚度一致。

7.如权利要求6所述的一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡,其特征在于,所述第一水平排水体、所述第二水平排水体和所述第三水平排水体均包括碎石排水体,以及设置在碎石排水体两侧的反滤层;所述反滤层的不均匀系数η<5~8,相邻两层间系数应满足:

$$\xi=\frac{D_{40\sim60}}{d_{40\sim60}}\leq 8\sim10$$

;

其中,D_{40-60}为反滤层的粒径小于该粒径的土占总土重的40-60%;d_{40-60}为被保护土的粒径,小于该粒径的土占总土重的40-60%。

8.如权利要求7所述的一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡,其特征在于,所述第一水平排水体、所述第二水平排水体和所述第三水平排水体,在水平方向设置坡度。

9.如权利要求1所述的一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡,其特征在于,所述下游坝坡表面铺设土工布,土工布上铺设三维植被网,所述三维植被网和所述下游坝坡表面

通过U型钢钉固定,所述三维植被网均匀覆盖有营养土,营养土上种植有草本植被。

10.一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区防护方法,其特征在于,采用了如权利要求1-9任一项所述的阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡,包括:通过所述第一水平排水体,对上游库水的渗透水流进行排水;通过所述第二水平排水体,对上游库水渗透水流和坝坡入渗雨水进行排水;所述第三水平排水体,对坝坡入渗雨水进行排水。

一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡及防护方法

技术领域

[0001] 本发明属于火力发电厂水利工程环境保护以及护坡加固技术领域,尤其涉及一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡及防护方法。

背景技术

[0002] 在抽水蓄能电站的面板堆石坝工程建设中,为有效提高库盆开挖料的利用率,常将物理力学性能较差的软岩料用于下游堆石区的坝体填筑施工。相较于施工参数和力学强度指标要求更高的主堆石料区,利用软岩料填筑的下游堆石区通常具有偏低的渗透系数。当大坝由于面板破损或接缝破坏出现漏水时,可能造成水流难以顺利排出下游堆石区,坝内浸润线升高导致下游坝坡滑坡;同时,在极端天气条件下,短时间的强降雨不仅能在下游坝坡表面形成强劲的坡面径流,对坝体表面造成冲刷破坏,也可能因降雨入侵造成坝体内部的局部渗流破坏,从而对下游坝坡的整体稳定安全构成威胁。此外,面板堆石坝的下游坝坡表面常采用干砌块石护坡、混凝土网格梁护坡等型式,这些以水泥、砂浆、石料、混凝土等为主要建筑材料的传统护坡型式仅能满足坝坡的基本防护需求,在生态功能及与周围自然景观相协调等要求上却远不能达到令人满意的效果。

[0003] 目前,在坝体上设置水平排水体,可以在一定程度上提高防护能力,但其仅限于伸入坝体与坝基接触面,无法满足对排水有较高要求的软岩料筑坝情况;具体的,目前具备水平排水体的护坡,没有考虑上游库水渗透水流和坝坡入渗雨水的渗透特点和破坏特点,导致设置多数量的水平排水体时,可以提高防护能力,但是增加了施工成本,且水平排水体数量的增多,本身对坝体造成一定的结构损害;而设置少数量的水平排水体时,不能进行很好的排水效果,尤其是不能对短时间的强降雨时,不能进行很好的排水。

发明内容

[0004] 本发明为了解决上述问题,提出了一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡及防护方法,沿预设上下游堆石区分界线至下游坝坡表面设置的第一水平排水体,距第一水平排水体预设高度处,沿预设上下游堆石区分界线至下游坝坡表面设置的第二水平排水体,以及距第二水平排水体预设高度处,沿预设上下游堆石区分界线至下游坝坡表面设置的第三水平排水体;通过所述第一水平排水体,对上游库水的渗透水流进行排水,通过所述第二水平排水体,对上游库水渗透水流和坝坡入渗雨水进行排水,所述第三水平排水体,对坝坡入渗雨水进行排水,充分考虑了上游库水渗透水流和坝坡入渗雨水的渗透特点和破坏特点,在避免水平排水体设置数量过多的基础上,保证了防护能力,控制了施工成本,且三个水平排水体均沿预设上下游堆石区分界线至下游坝坡表面设置,避免了水平排水体在水平面上施工过长的问题,且同时保证了对下游坝坡的防护效果。

[0005] 为了实现上述目的,第一方面,本发明提供了一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡,采用如下技术方案:

[0006] 一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡,包括沿预设上下游堆石区分界线至下

游坝坡表面设置的第一水平排水体,距所述第一水平排水体预设高度处,沿预设上下游堆石区分界线至下游坝坡表面设置的第二水平排水体,以及距所述第二水平排水体预设高度处,沿预设上下游堆石区分界线至下游坝坡表面设置的第三水平排水体;所述上下游堆石区分界线为沿坡顶到坡底的倾斜线;

[0007] 通过所述第一水平排水体,对上游库水的渗透水流进行排水;通过所述第二水平排水体,对上游库水渗透水流和坝坡入渗雨水进行排水;所述第三水平排水体,对坝坡入渗雨水进行排水。

[0008] 进一步的,所述第一水平排水体,位于坝体外部的端部位置,设置有坝脚排水棱体;所述第一水平排水体与所述坝脚排水棱体相连。

[0009] 进一步的,所述第二水平排水体,位于坝体外部的端部位置,以及所述第三水平排水体,位于坝体外部的端部位置,分别设置有横向反滤排水沟。

[0010] 进一步的,坝体的下游坝坡两侧,分别设置有第一排水沟和下游第二纵向排水沟;与所述第二水平排水体和所述第三水平排水体连接的两个横向反滤排水沟,分别与所述下游第一纵向排水沟和所述下游第二纵向排水沟相连。

[0011] 进一步的,所述第一水平排水体、所述第二水平排水体和所述第三水平排水体的渗透系数不低于1.0cm/s;所述第一水平排水体、所述第二水平排水体和所述第三水平排水体的填筑料,采用筛除粒径小于5mm细颗粒的硬岩堆石料。

[0012] 进一步的,所述第一水平排水体、所述第二水平排水体和所述第三水平排水体施工过程中的Marsal破碎率不高于10%;Marsal破碎率等于碾压前后粒径组的百分含量差所有正值之和;所述第一水平排水体、所述第二水平排水体和所述第三水平排水体的压实厚度与上游堆石填筑施工厚度一致。

[0013] 进一步的,所述第一水平排水体、所述第二水平排水体和所述第三水平排水体均包括碎石排水体,以及设置在碎石排水体两侧的反滤层;所述反滤层的不均匀系数$\eta<5\sim8$,相邻两层间系数应满足:

[0014] $$\xi=\frac{D_{40\sim60}}{d_{40\sim60}}\leq 8\sim10$$;

[0015] 其中,D_{40-60}为反滤层的粒径小于该粒径的土占总土重的40-60%;d_{40-60}为被保护土的粒径,小于该粒径的土占总土重的40-60%。

[0016] 进一步的,所述第一水平排水体、所述第二水平排水体和所述第三水平排水体,在水平方向设置坡度。

[0017] 进一步的,所述下游坝坡表面铺设土工布,土工布上铺设三维植被网,所述三维植被网和所述下游坝坡表面通过U型钢钉固定,所述三维植被网均匀覆盖有营养土,营养土上种植有草本植被。

[0018] 为了实现上述目的,第二方面,本发明还提供了一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区防护方法,采用如下技术方案:

[0019] 一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区防护方法,采用了如第一方面中所述的阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡,包括:通过所述第一水平排水体,对上游库水的渗透水流进行排水;通过所述第二水平排水体,对上游库水渗透水流和坝坡入渗雨水进行排水;所述第三水平排水体,对坝坡入渗雨水进行排水。

[0020] 与现有技术相比,本发明的有益效果为:

[0021] 1、本发明中在预设的高度位置处,分别设置第一水平排水体、第二水平排水体和第三水平排水体,三层水平排水体结构的设计,充分考虑了不同坝高范围内的渗透荷载和下游软岩筑坝料的渗透特性,可同时为上游库水渗漏和坝面入渗雨水提供多层次的通畅排水通道,有效保障了下游坝坡的整体稳定性。具体的,沿预设上下游堆石区分界线至下游坝坡表面设置的第一水平排水体,距第一水平排水体预设高度处,沿预设上下游堆石区分界线至下游坝坡表面设置的第二水平排水体,以及距第二水平排水体预设高度处,沿预设上下游堆石区分界线至下游坝坡表面设置的第三水平排水体;通过所述第一水平排水体,对上游库水的渗透水流进行排水,通过所述第二水平排水体,对上游库水渗透水流和坝坡入渗雨水进行排水,所述第三水平排水体,对坝坡入渗雨水进行排水,充分考虑了上游库水渗透水流和坝坡入渗雨水的渗透特点和破坏特点,在避免水平排水体设置数量过多的基础上,保证了防护能力,控制了施工成本,且三个水平排水体均沿预设上下游堆石区分界线至下游坝坡表面设置,避免了水平排水体在水平面上施工过长的问题,且同时保证了对下游坝坡的防护效果。

[0022] 2、本发明设置多层次的通畅排水通道,有效保障下游坝坡的整体稳定性此基础上,对水平排水体填筑料、Marsal破碎率、压实厚度、反滤层参数和坡度等进行了综合选取和设计,针对软岩料筑坝材料,不仅大幅提升了坝内排水性能,并且从渗透性能、施工条件、颗粒破碎率和滤土排水功能等多角度出发,提出了可实施的、具有工程实际指导意义的方案,保证了下游坝坡的整体稳定性,较好的满足了软岩料筑坝情况。

[0023] 3、本发明在坝基和距坝基预设倍坝高处设置三层坝内水平排水体,分别与坝脚排水棱体、坡面横向反滤排水沟及左右两岸纵向排水沟相连,并在下游坝坡表面构建以三维植被网和草本植被为主的复合绿色生态护坡,充分考虑了不同坝高范围内的渗透荷载和下游软岩筑坝料的渗透特性,通过在坝体内部设置多层次水平排水体并提出相应的设计技术参数,有效提升了坝体内部排水通畅性,保证了下游坝坡的整体稳定性,通过在坝坡表面设置横向反滤排水沟和纵向排水沟及坝脚排水棱体组成的坡面排水系统,防止了因降雨形成的地表水作用导致的边坡稳定性降低,通过在下游坝坡表面构建复合绿色生态护坡,不仅降低了降雨造成的坝体渗流破坏和坡面侵蚀的风险,也解决了将坝体稳定、坡面防护以及生态与景观进行有机融合的问题。

附图说明

[0024] 构成本实施例的一部分的说明书附图用来提供对本实施例的进一步理解,本实施例的示意性实施例及其说明用于解释本实施例,并不构成对本实施例的不当限定。

[0025] 图1为本发明实施例1的护坡剖面图;

[0026] 图2为本发明实施例1的护坡平面布置图;

[0027] 图3为本发明实施例1的坝内水平排水体剖面图;

[0028] 图4为本发明实施例1的横向反滤排水沟断面示意图;

[0029] 其中,1、上游堆石区;2、上下游堆石区分界线;3、下游堆石区;4、下游坝坡;5、土工布;6、U型钢钉;7、三维植被网;8、营养土;9、草本植被;10、横向反滤排水沟;11、坝内排水体;1101、第一水平排水体;1102、第二水平排水体;1103、第三水平排水体;12、坝脚排水棱

体;13、下游第一纵向排水沟;14、下游第二纵向排水沟;15、反滤层;16、碎石排水体;17、水泥砂浆砌毛石头;18、水泥砂浆抹光层。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图与实施例对本发明作进一步说明。

[0031] 应该指出,以下详细说明都是示例性的,旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

[0032] 实施例1:

[0033] 如图1所示,本实施例提供了一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡,以用于在保证坝坡整体稳定安全的前提下,通过该护坡装置解决面板坝下游软岩堆石区边坡因降雨引起的坡面侵蚀及坝体渗流破坏问题,同时可以兼顾护坡工程的生态环保和景观协调功能。护坡包括上游堆石区1、上下游堆石区分界线2、下游堆石区3、下游坝坡4、土工布5、U型钢钉6、三维植被网7、营养土8、草本植被9、横向反滤排水沟10、坝内排水体11、坝脚排水棱体12、下游第一纵向排水沟13和下游第二纵向排水沟14等。所述坝内排水体11包括第一水平排水体1101、第二水平排水体1102和第三水平排水体1103等。所述坝脚排水棱体12包括水泥砂浆砌毛石头17和水泥砂浆抹光层18。

[0034] 可选的,如图1所示,设下游坝坡4的坡度为1:m,上下游堆石区分界线2的坡度为1:n,坝体高度为H。在下游坝体内部,在坝基位置沿上下游堆石区分界线2至下游坝坡表面设置第一水平排水体1101,与设置在坝脚的坝脚排水棱体12相连,主要为上游库水的渗透水流提供排水通道。在距第一水平排水体1101上方0.3H高度处,从上下游堆石区分界线2开始至下游坝坡表面设置第二水平排水体1102,其出口处连接横向反滤排水沟10,同时为上游库水渗透水流和坝坡入渗雨水提供排水通道。在距第二水平排水体1102上方0.3H高度处,从上下游堆石区分界线2开始至下游坝坡表面设置第三水平排水体1103,其出口处也连接横向反滤排水沟10,该层排水体主要为坝坡入渗雨水提供排水通道,可在第一时间截断入渗雨水在坝体内部的垂直向下入渗通道,尽可能减小坝体下方的雨水渗流量。

[0035] 如图2所示,两个横向反滤排水沟10,分别与沿坝址设置在左右两岸的下游第一纵向排水沟13和下游第二纵向排水沟14相连。

[0036] 根据现有技术手段可知,土石坝坝体排水的形式主要有棱体排水、竖式排水、贴坡排水、褥垫式排水和管式排水,其中褥垫式排水也为水平设置,但仅限于伸入坝体与坝基接触面,无法满足对排水有较高要求的软岩料筑坝情况。基于此,本实施例中,在预设的高度位置处,分别设置第一水平排水体1101、第二水平排水体1102和第三水平排水体1103,三层水平排水体结构的设计,充分考虑了不同坝高范围内的渗透荷载和下游软岩筑坝料的渗透特性,可同时为上游库水渗漏和坝面入渗雨水提供多层次的通畅排水通道,有效保障了下游坝坡的整体稳定性。

[0037] 本实施例中,设计所述第一水平排水体1101、所述第二水平排水体1102和所述第三水平排水体1103时,需满足以下要求:

[0038] 良好的排水性能,所述第一水平排水体1101、所述第二水平排水体1102和所述第三水平排水体1103渗透系数不低于1.0cm/s。水平排水体的填筑料采用硬岩堆石料制备而

成,筛除粒径小于5mm的细颗粒。

[0039] 所述第一水平排水体1101、所述第二水平排水体1102和所述第三水平排水体1103施工过程中的Marsal破碎率不高于10%。要求母岩抗压强度不低于50MPa,根据施工过程中碾压前后筛分级配,确定碾压前后第i组粒径组的百分含量差ΔW_i,取所有正值之和,计算Marsal破碎率B_g:

[0040] $B_g=\sum \Delta W_i$,$\Delta W_i=W_{i碾压前}-W_{i碾压后}$;

[0041] 其中,$W_{i碾压前}$、$W_{i碾压后}$分别为碾压前后排水体i组粒径组的百分含量。

[0042] 相适应的施工条件,根据相关规范规定,大坝堆石体填筑厚度一般取0.8m,因此水平排水体的压实厚度需要与上游堆石填筑施工厚度一致,以减小施工难度,提高施工效率。

[0043] 如图3所示,滤土排水功能,为防止排水体内土粒流失,保持细颗粒料的抗渗稳定,所述第一水平排水体1101、所述第二水平排水体1102和所述第三水平排水体1103均包括碎石排水体16,以及设置在碎石排水体16两侧的反滤层15;可选的,在碎石排水体16的上下方各设置0.2m厚度的反滤层15,选用粒径范围5mm～10mm的砂石料,按照从细到粗的顺序自排水体由内向外铺设。排水体侧反滤层15的不均匀系数η<5～8,相邻两层间系数应满足:

[0044] $$\xi=\frac{D_{40\sim60}}{d_{40\sim60}}\leq 8\sim10$$;

[0045] 其中,D_{40-60}为反滤层15的粒径小于该粒径的土占总土重的40-60%;d_{40-60}为被保护土的粒径,小于该粒径的土占总土重的40-60%。

[0046] 所述第一水平排水体1101、所述第二水平排水体1102和所述第三水平排水体1103在水平方向形成一定坡度,为确保坝内水体顺利排出,水平排水体需向下游做成0.5%～1%的坡度以便排水。

[0047] 针对软岩料筑坝材料,对所述第一水平排水体1101、所述第二水平排水体1102和所述第三水平排水体1103的多层次结构设计和各项具体技术的设计,不仅大幅提升了传统土石坝单层褥垫式排水的坝内排水性能,并且从渗透性能、施工条件、颗粒破碎率和滤土排水功能等多角度出发,提出了可实施的、具有工程实际指导意义的具体技术参数和指标,填补了土石坝在坝内排水体设计上的技术空白。

[0048] 在下游坝坡4的表面预先铺设土工布5,土工布5上再铺设三维植被网7并以U型钢钉6固定,将营养土8均匀覆盖于三维植被网7后,进行草籽液压喷播,构建以三维植被网7和草本植被9组成的绿色生态护坡。

[0049] 所述下游坝坡4的坡度为1:m,m的取值要满足相关设计规范对下游边坡的稳定要求,可取的范围为1.5～2.0,可根据坝料实际抗剪强度参数适当调整。

[0050] 所述上下游堆石区分界线2的坡度为1:n,n的取值要满足面板堆石坝分区变形协调要求,可选的,下游软岩堆石区压缩模量不小于50MPa时,n值不宜低于0.6。

[0051] 所述坝脚排水棱体12设置在坝脚处,采用碎石和块石堆砌成密实的棱形体,高度不低于5m,顶部高程应超出下游最高水位,其主要作用在于降低坝体浸润线、防止坝坡处软岩料的渗透破坏、保护下游坝脚不受尾水淘刷,并支撑下游坝坡增加稳定性。

[0052] 所述横向反滤排水沟10沿与坝轴线平行的水平方向布设在下游坡面,其断面为倒梯形结构,底高程采用渐变式设计,即以坝体最大断面所在位置为分界线,以5%的坡度分别向左岸和右岸倾斜,与设置在两岸的下游第一纵向排水沟13和下游第二纵向排水沟14相

连,以保持沟内水流排水通畅。

[0053] 下游第一纵向排水沟13和下游第二纵向排水沟14分别布置在坝体与两岸坝基衔接处,用于承接水平布置的横向反滤排水沟10汇集的坡面水流和坝内渗流,并向下游坝脚导流。

[0054] 可选的,所述土工布5是一种以聚酯、聚丙烯、聚乙烯等为原料的非织造材料,具有一定的强度和柔软性,同时还有一定的透气性和防水性。铺设于软岩料的下游坝坡4的表面,可以起到阻断坡面水流入渗通道、隔离软岩填筑料细小颗粒防止坡面冲刷的作用。

[0055] 可选的,所述三维植被网7是一种用于植草固土的三维网络状土工合成材料,具有防水、防腐、抗老化、耐水解的特点,其网状间隙可以填充土壤、沙砾和细石,可供植物根系穿过并均衡生长。在草皮没长成之前,三维植被网能保护坡面免遭风雨侵蚀,在草皮长成后与网垫及泥土形成一种牢固的绿色复合力学嵌锁体系,起到排水固土、保护坡面的作用。目前市面上已有多种量产的产品及型号可供选择。

[0056] 可选的,所述U型钢钉6是采用直径6～8mm的钢筋弯曲成U型制作而成的锚固装置,其作用在于将三维植被网和土工织物与坝坡土体紧密连接,防止护面层发生松动或滑落。

[0057] 可选的,所述营养土8是由有机物质组成的一种富含养分的土壤,其结构较为紧密,保水性和保肥性较好,能够为植物提供持续稳定的养分供应。

[0058] 本实施例通过在下游堆石区内部自下而上设置若干层水平排水体,提升了坝体内部排水通畅性,减小了入渗雨水及库水渗漏对坝体的危害,保证了下游坝坡的整体稳定性;通过在下游坝坡4表面铺设土工布5和三维植被网7,有效地阻断了降雨渗入坝体的渗流通道,降低了雨水入渗造成坝体渗流破坏的风险;通过在每层排水体出口的坡面设置横向反滤排水沟10,有效地排除了降雨形成的坡面地表水,防止了因地表水作用导致的边坡稳定性降低;通过在三维植被网7覆土内种植固土功能显著且易于养护的草本植被9,不仅能有效降低降雨形成的坡面径流强度,防止坡面发生侵蚀破坏,用绿色植被取代单一的砌石或混凝土护面,无论对景观效果还是生态环境而言都具有积极意义,从而将坝体稳定、坡面防护以及生态与景观进行有机融合,实现工程建设与自然环境的和谐统一。

[0059] 实施例2:

[0060] 本实施例提供了一种阶梯式面板坝下游软岩堆石区防护方法,采用了如实施例1中所述的阶梯式面板坝下游软岩堆石区的护坡,包括:通过所述第一水平排水体1101,对上游库水的渗透水流进行排水;通过所述第二水平排水体1102,对上游库水渗透水流和坝坡入渗雨水进行排水;所述第三水平排水体1103,对坝坡入渗雨水进行排水。

[0061] 以上所述仅为本实施例的优选实施例而已,并不用于限制本实施例,对于本领域的技术人员来说,本实施例可以有各种更改和变化。凡在本实施例的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本实施例的保护范围之内。

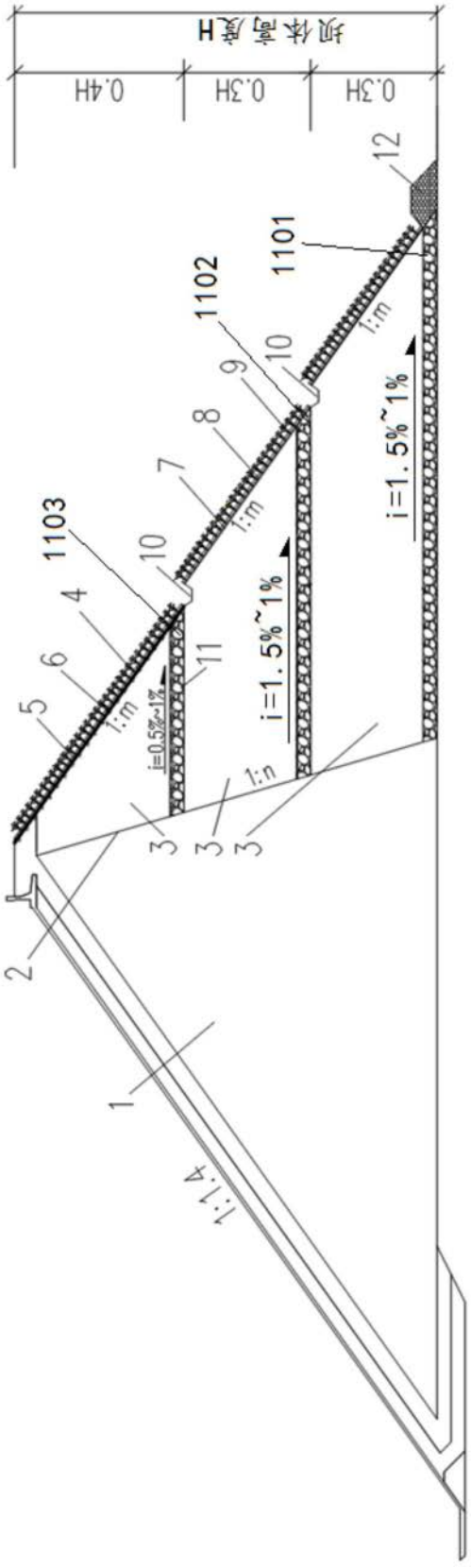

坝体高度H
0.4H
0.3H
0.3H
12
1101
1102
1103
1:m
i=1.5%~1%
i=0.5%~1%
1:n
1:1.4
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

图1

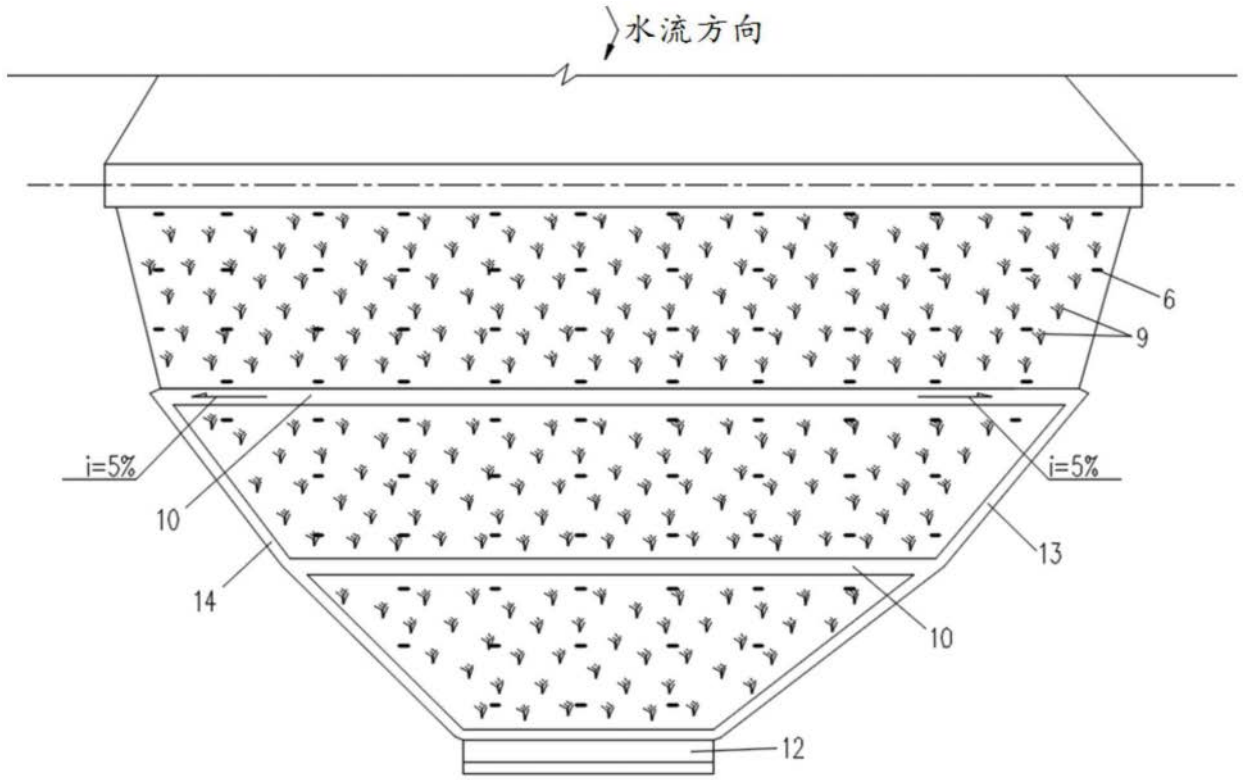


图2

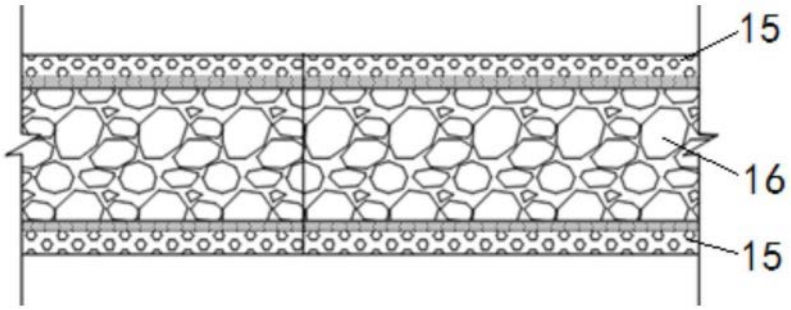


图3

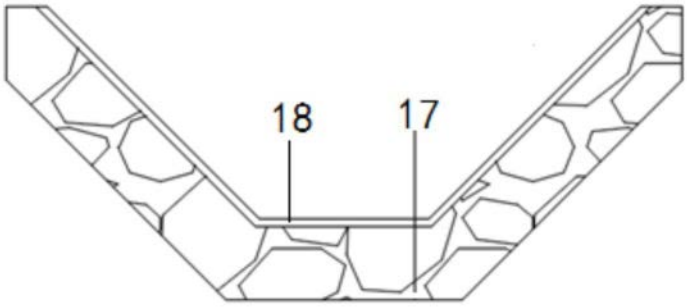


图4