(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 117107792 A
(43)申请公布日 2023.11.24

(21)申请号 202311360312.9
(22)申请日 2023.10.20
(71)申请人 水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院
地址 210000 江苏省南京市广州路223号
(72)发明人 胡江 蒋晗 李星 任杰 马福恒 王春红 苏荟 张妤涵 叶伟 成荣亮 沈心哲
(74)专利代理机构 苏州德坤知识产权代理事务所(普通合伙) 32523
专利代理师 查杰
(51)Int.Cl.
E02D 17/20(2006.01)
E02D 15/00(2006.01)
E02D 19/02(2006.01)
E03F 3/04(2006.01)
E03F 3/06(2006.01)

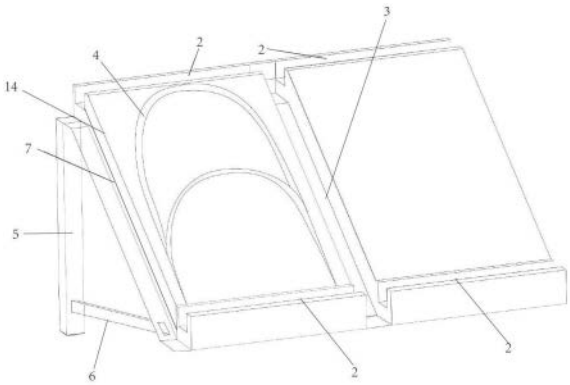
权利要求书3页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

深挖方膨胀土渠坡的联合排水护坡体系及一体化施工方法

(57)摘要

本发明公开了一种深挖方膨胀土渠坡的联合排水护坡体系及一体化施工方法,包括排水系统和护坡体系,排水系统由深层排水系统和浅层排水系统构成,深层排水系统由降水井、斜仰排水管组成,浅层排水系统由复合三维排水垫层、纵横排水沟、排水管组成;护坡体系由植被和混凝土拱圈组成,本发明综合利用各种排水措施功能,采用浅层深层排水系统共同构成一套联合排水系统,通过设计参数计算优化保证施工质量和工程安全,采用相适配的预制模块化、一体化施工方法,做到浅层、深层排水系统与护坡体系有机结合。各结构组成分工明确,并具有结构新颖、节省作业面、施工一体化、便于维修管理等优点,特别适用于深挖方膨胀土渠坡。



CN 117107792 A

1.一种深挖方膨胀土渠坡的联合排水护坡体系,其特征在于,包括设置在边坡原状土体表面的复合三维排水垫层,在复合三维排水垫层长度方向上平行布置有多个纵向排水沟,相邻两个纵向排水沟之间的上部和下部均设置有横向集水沟并配合形成模块化护坡区域,模块化护坡区域内浇筑有混凝土拱圈和铺设有改性换填土;

所述复合三维排水垫层底边上设置有若干出水口,所述出水口对应的下部的横向集水沟侧壁上设置有泄水孔并通过排水管道连接;

位于上部的横向集水沟与纵向排水沟交错处按间距设置有降水井,所述降水井从上至下分为透水层和不透水层,所述不透水层顶部位于地下水位控制线上方,地下水位控制线上方的不透水层表面与纵向排水沟下部之间设置有斜仰排水管,所述斜仰排水管与横向集水沟连接的高度低于斜仰排水管与降水井连接的高度;

所述纵向排水沟、横向集水沟以及混凝土拱圈均通过钢制骨架模具现场浇筑获得。

2.如权利要求1所述的深挖方膨胀土渠坡的联合排水护坡体系,其特征在于,所述复合三维排水垫层包括从下至上依次设置的防水膜、三维复合排水网和土工布。

3.如权利要求1所述的深挖方膨胀土渠坡的联合排水护坡体系,其特征在于,所述降水井以梅花桩形式交错分布。

4.一种一体化施工方法,其特征在于,用于对权利要求1-3任意一项所述的联合排水护坡体系进行施工,包括以下步骤:

步骤1)确定边坡参数及土体参数;

边坡参数确定:根据现场施工环境确定边坡的尺寸、挖方深度以及一次施工跨度,并通过地勘资料确定渠坡地下水位高度和地下滞水空间位置;

土体参数确定:根据试验确定土体内摩擦角φ、土体黏聚力c、土体重度γ和摩擦系数μ,根据设计重现期和降雨历时确定当地平均降雨强度q;

步骤2)预制模块的施工参数计算;

先根据当地平均降雨强度q粗选斜仰排水管尺寸、降水井直径、纵向排水沟以及横向集水沟尺寸,再查表依次确定粗糙系数n,水力半径R,水流坡度I,并计算流速v与排水量Q_P,结合计算跨度确定汇水量Q,最终计算出泄水孔的布置间距;

依据降水井直径确定其布置间距l_w,再依据地勘资料中地下水位高度确定降水井深度及需要地下水位下降幅度H_g,降水井内水流深度r_g,土颗粒渗透系数k,并计算出降水井渗水量Q_s,结合纵向排水沟的排水量Q_P^i计算出纵向排水沟布置间距;

根据边坡尺寸、纵向排水沟和横向集水沟的布置位置初步确定混凝土拱圈横骨架和纵骨架间距l_h、l_v,结合土体摩擦角φ、土体黏聚力c、土体重度γ和摩擦系数μ计算出混凝土拱圈埋深h;

根据纵向排水沟布置间距和泄水孔的布置间距对斜仰排水管、纵向排水沟、横向集水沟的尺寸进行优化调整;

根据斜仰排水管、纵向排水沟、横向集水沟的尺寸定制钢制骨架,钢制骨架内部预留泄水孔和斜仰排水管的位置;

步骤3)对边坡预处理;

先进行干处理,依据降水井的布置间距确定打井位置并施工,降水井内布置排水体;而

后铺设排水垫层,在边坡原状土体表面依次铺设防水膜、三维复合排水网、土工布,随后做预压堆载保证接触紧密,对铺设的各层的接触面均做去毛、压实处理;结束后铺设改性换填土;

步骤4)布设深层排水系统与浅层排水系统;

浅层排水系统:在纵向排水沟、横向排水沟以及混凝土拱圈对应的位置上设置钢制骨架,在钢制骨架预留孔槽中布置排水管道后浇筑混凝土,排水管道一端与复合三维排水垫层的出水口连接;

深层排水系统:安装斜仰排水管,将斜仰排水管与纵向排水沟和降水井相连;

步骤5)布置护坡植被:在混凝土拱圈内种植护坡植物,完成一次施工跨度的施工;

步骤6)跳转至步骤1)进入下一个施工跨度的施工,直至护坡施工结束。

5.如权利要求4所述的一体化施工方法,其特征在于,在边坡开展10组现场十字板剪切试验,取其中标准差小且不超过总平均值5%的5组作为试验结果,由试验结果的平均值确定边坡土体内的摩擦角φ以及土体黏聚力c。

6.如权利要求4所述的一体化施工方法,其特征在于,参考地勘资料确定降水井深度,在边坡取10份土样测量重度,取所有土样中偏差值小且不超过总平均值5%的5组样本作为试验结果,取最终试验结果平均值作为土体重度γ。

7.如权利要求4所述的一体化施工方法,其特征在于,横向集水沟内的泄水孔数量计算采用以下公式:

$m=Q/Q_P$

其中:

$Q=16.67\psi qF$

$Q_P=A\times v$

$$\mathbf{v}=\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{n}}R^{\frac{2}{3}}I^{\frac{1}{2}};$$

式中,Q为设计地表水汇流量,采用推理法确定地表水汇流量;Q_P为每根管道的排水量,ψ为径流系数,F为汇水面积;q为设计重现期和降雨历时内平均降雨强度;A为管道截面面积;v为管道中水流平均速度;n为排水管壁的粗糙系数;R为水力半径;I为水流坡度。

8.如权利要求4所述的一体化施工方法,其特征在于,降水井布设间距l_w参考范围为:$10a\leqslant l_w\leqslant 20a$;

式中a为降水井直径;

纵向排水沟布置间距根据纵向排水沟的布置数量及边坡长度计算获得,其中布置数量m_i的计算公式为$m_i\gg\frac{Q+Q_s}{Q_P^i}$,式中,$Q_P^i$表示纵向排水沟所对应的排水量,$Q_s=\frac{\pi k H_g}{2\ln\left(\frac{2r_s}{r_g}\right)}l_w$,$k$为土颗粒渗透系数;$H_g$为降水井位置处地下水位下降幅度;$r_s$为相邻降水井间距之半;$r_g$为相邻降水井内水流深度,$Q_s$为降水井的渗水量。

9.如权利要求4所述的一体化施工方法,其特征在于,所述混凝土拱圈埋深h的埋深确定公式为:

$h=[E_p-l_{sp}(c+\gamma h\cos\alpha\tan\varphi+\gamma h\sin\alpha)]2l_h\tan\theta/F$；

其中：

$l_h=l_{sp}$

$E_p=\frac{1}{2}\gamma(h\cos\alpha)^2K_p$；

$F=K_0\gamma\mu h^2\cos\alpha$；

式中，E_p为库伦被动土压力；F为竖骨架侧壁产生的摩擦力；θ为假想滑动面与坡面夹角；c为土体黏聚力；γ 为土体重度；φ 为土体的摩擦角；K_p为库伦被动土压力系数；μ为摩擦系数，K_0为侧向土压力系数。

10.如权利要求4所述的一体化施工方法，其特征在于，出水口与排水管道之间以及排水管道与泄水孔之间的连接处均采用高密度聚乙烯环绕方式做密封处理。

深挖方膨胀土渠坡的联合排水护坡体系及一体化施工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及渠道施工领域,具体涉及一种深挖方膨胀土渠坡的联合排水护坡体系及一体化施工方法。

背景技术

[0002] 边坡工程设计和施工中,通常会根据工程所在地的水文气象与水文地质条件,布置相适应的排水系统。边坡排水系统一般包括浅层排水和深层排水两部分。其中,浅层排水主要通过设置排水沟、排水管等,将地表水快速排走,减轻地表水入渗对边坡浅层稳定性的影响。深层排水则主要通过设置排水井、排水孔等,将边坡内部的高地下水排出,以降低土体的含水率,提高土体力学性能,提升边坡整体稳定性,多用在挖方段,或受地下水位波动影响强烈的工程段。传统排水、护坡分别施工,这些传统的排水措施在一般的边坡工程中效果显著,能够有效地防止边坡滑坡的发生。

[0003] 水安全保障是高质量发展的重大需求,因此需要大力推进水网主骨架的建设,一批大型调水工程正在或即将实施。我国膨胀土分布广泛,超20个省(直辖市)均有分布。调水工程中大量开挖明渠需要穿越膨胀土地区,部分工程段开挖深度在15m以上,此类深挖方渠段往往伴随着复杂的水文环境条件,而膨胀土是一种含有大量亲水性黏土矿物的非饱和土,具有显著的膨胀和收缩性以及特殊的裂缝发育,由于其对环境变化敏感,吸水膨胀和失水收缩的特性常常引发边坡失稳,进而影响调水工程的工程安全和供水安全。

[0004] 对于长距离调水工程中的深挖方膨胀土边坡工程段,一般采用改性换填土隔绝大气与渠坡土体的水汽交换,以降低地表水入渗。利用排水孔排出坡内积水,解决地下水位突增引起的含水率过高或可能存在的上层滞水。长距离工程多采用多级边坡,考虑到其稳定性,还会采取支护措施,与排水措施共同作用。

[0005] 在实际工程中表明,改性换填土在多次干湿循环影响下,仍会产生干缩裂隙。干缩裂隙给地表水提供了快速入渗通道,易导致换填土下层形成滞水,影响渠坡的浅层稳定性。受限于勘探深度,并不能完全掌握地下水分布,当遭遇地下水位突增或上层滞水时,由于膨胀土的低渗透性,排水孔效果并不显著,地下水消散缓慢。尤其是是存在侧向补给,且形成补给通道时,持续的高地下水位将严重影响渠坡的整体稳定性。

[0006] 对于同时存在支护、护坡、排水等多种措施的边坡,如果不合理布置各类措施,会加大施工难度。如果设计时未考虑或未合理考虑排水措施,在边坡发现高地下水位导致严重变形时,再采取补救加固措施,此时受施工作业面大小、已有护坡和支护措施的影响,补救加固施工难度大。

[0007] 因此,针对深挖方膨胀土渠坡,亟需提供一种联合排水护坡体系及一体化施工方法。

发明内容

[0008] 本发明要解决的技术问题是提供一种深挖方膨胀土渠坡的联合排水护坡体系及

一体化施工方法,施工期简便、运行期易于检修。

[0009] 为了解决上述技术问题,本发明提供了一种深挖方膨胀土渠坡的联合排水护坡体系,所述联合排水护坡体系包括设置在边坡原状土体表面的复合三维排水垫层,在复合三维排水垫层长度方向上平行布置有多个纵向排水沟,相邻两个纵向排水沟之间的上部和下部均设置有横向集水沟并配合形成模块化护坡区域,模块化护坡区域内浇筑有混凝土拱圈和铺设有改性换填土;

所述复合三维排水垫层底边上设置有若干出水口,所述出水口对应的下部的横向集水沟侧壁上设置有泄水孔并通过排水管道连接;

位于上部横向集水沟与纵向排水沟交错处按一定间距设置有降水井,所述降水井从上至下分为透水层和不透水层,所述不透水层顶部位于地下水位控制线上方,地下水位控制线上方的不透水层表面与纵向排水沟下部之间设置有斜仰排水管,所述斜仰排水管与横向集水沟连接的高度低于斜仰排水管与降水井连接的高度;

所述纵向排水沟、横向集水沟以及混凝土拱圈均通过钢制骨架模具现场浇筑获得。

[0010] 进一步的,所述复合三维排水垫层包括从下至上依次设置的防水膜、三维复合排水网和土工布。

[0011] 进一步的,所述降水井以梅花桩形式交错分布。

[0012] 一种一体化施工方法,用于对上述意一项所述的联合排水护坡体系进行施工,包括以下步骤:

步骤1、确定边坡参数及土体参数;

边坡参数确定:根据现场施工环境确定边坡的尺寸、挖方深度以及一次施工跨度,并通过地勘资料确定渠坡地下水位高度和地下滞水空间位置;

土体参数确定:根据试验确定土体内摩擦角φ、土体黏聚力c、土体重度γ和摩擦系数μ,根据设计重现期和降雨历时确定当地平均降雨强度q;

步骤2、预制模块的施工参数计算;

先根据当地平均降雨强度q粗选斜仰排水管尺寸、降水井直径、纵向排水沟以及横向集水沟尺寸,再查表依次确定粗糙系数n,水力半径R,水流坡度I,并计算流速v与排水量Q_P,结合计算跨度确定汇水量Q,最终计算出泄水孔的布置间距;

依据降水井直径确定其布置间距l_w,再依据地勘资料中地下水位高度确定降水井深度及需要地下水位下降幅度H_g,降水井内水流深度r_g,土颗粒渗透系数k,并计算出降水井渗水量Q_s, 结合纵向排水沟的排水量Q_P^i计算出纵向排水沟布置间距;

根据边坡尺寸、纵向排水沟和横向集水沟的布置位置初步确定混凝土拱圈横骨架和纵骨架间距l_h、l_v,结合土体摩擦角φ、土体黏聚力c、土体重度γ和摩擦系数μ计算出混凝土拱圈埋深h;

根据纵向排水沟布置间距和泄水孔的布置间距对斜仰排水管、纵向排水沟、横向集水沟的尺寸进行优化调整;

根据斜仰排水管、纵向排水沟、横向集水沟的尺寸定制钢制骨架,钢制骨架内部预留泄水孔和斜仰排水管的位置;

步骤3、对边坡预处理;

先进行干处理,依据降水井的布置间距确定打井位置并施工,在井内布置排水体;而后铺设排水垫层,在边坡原状土体表面依次铺设防水膜、三维复合排水网、土工布,随后做预压堆载保证接触紧密,对铺设的各层的接触面均做去毛、压实处理;结束后并铺设改性换填土;

步骤4、布设深层排水系统与浅层排水系统;

浅层排水系统:在纵向排水沟、横向排水沟以及混凝土拱圈对应的位置上设置钢制骨架,在钢制骨架中设置排水管道后浇筑混凝土,排水管道既用于排水,还用于成型模具,排水管道一端与复合三维排水垫层的出水口连接;

深层排水系统:安装斜仰排水管,将斜仰排水管与纵向排水沟和降水井相连;

步骤5、布置护坡植被:在混凝土拱圈内种植护坡植物,完成施工;

步骤6、跳转至步骤1)进入下一个施工跨度的施工,直至护坡施工结束。

[0013] 进一步的,在边坡开展10组现场十字板剪切试验,取其中标准差较小且不超过总平均值5%的5组作为试验结果,由试验结果的平均值确定边坡土体内摩擦角φ以及土体黏聚力c。

[0014] 进一步的,参考地勘资料确定降水井深度h,在边坡取10份土样测量重度,取所有土样中偏差值较小且不超过总平均值5%的5组样本作为试验结果,取最终试验结果平均值作为土体重度γ。

[0015] 进一步的,横向集水沟内的泄水孔数量计算采用以下公式:$m=Q/Q_P$

其中:

$Q=16.67\psi qF$

$Q_P=A\times v$

$$v=\frac{1}{n}R^{\frac{2}{3}}I^{\frac{1}{2}}$$

[0016] 式中,Q为设计地表水汇流量,采用推理法确定地表水汇流量;Q_P为每根管道的排水量,ψ为径流系数,F为汇水面积;q为设计重现期和降雨历时内平均降雨强度;A为管道截面面积;v为管道中水流平均速度;n为排水管壁的粗糙系数;R为水力半径;I为水流坡度。

[0017] 进一步的,降水井5布设间距l_w参考范围为:$10a\leqslant l_w\leqslant 20a$;

式中a为降水井直径m;

纵向排水沟布置间距根据纵向排水沟的布置数量及边坡长度计算获得,其中布置数量m_i的计算公式为$m_i\gg\frac{Q+Q_s}{Q_P^i}$,式中,$Q_P^i$表示纵向排水沟所对应的排水量,$Q_s=\frac{\pi kH_g}{2\ln\left(\frac{2r_s}{r_g}\right)}l_w$,$k$为土颗粒渗透系数;$H_g$为降水井位置处地下水位下降幅度$m$;$r_s$为相邻降水井间距之半;$r_g$为相邻降水井内水流深度,$Q_s$为降水井的渗水量。

[0018] 进一步的,所述混凝土拱圈埋深h的埋深确定公式为:

$$h=[E_p-l_{sp}(c+\gamma h\cos\alpha\tan\varphi+\gamma h\sin\alpha)]2l_h\tan\theta/F$$

[0019] 其中:

$l_h=l_{sp}$

$$E_p=\frac{1}{2}\gamma\ (h\cos\alpha)^2K_p$$

[0020] $$F=K_0\gamma\mu h^2\cos\alpha$$

[0021] 式中,E_p为库伦被动土压力;F为竖骨架侧壁产生的摩擦力;θ为假想滑动面与坡面夹角;c为土体黏聚力;γ 为土体重度;φ 为土体摩擦角;K_p为库伦被动土压力系数;μ为摩擦系数,K_0为侧向土压力系数。

[0022] 进一步的,出水口与排水管道之间以及排水管道与泄水孔之间的连接处均采用高密度聚乙烯环绕方式做密封处理。

[0023] 本发明的有益效果:

1、本发明能够显著降低地表水入渗对边坡内部膨胀土的影响。通过使用防水膜、三维复合排水垫层和土工布,可以隔断降水对边坡内部膨胀土的影响。同时,通过管道,可及时排出换填层内可能存在的滞水。相比于传统的换填土方案,本发明能更有效地控制降水入渗对边坡的影响。

[0024] 2、本发明能有效地降低渠道地下水位波动对膨胀土的影响。通过将降水井与斜仰排水管相结合,可将土体地下水位控制在稳定的区间,避免由于含水率长期波动导致土体性质改变,从而影响边坡的稳定性。同时,针对性地布置降水井也能有效处理土体内部存在的高富含水层。

[0025] 3、本发明实现了设计施工阶段的一体化。采用模块化施工工艺,可以实现挖方渠段的连续施工,各模块间互不影响,可以根据实际需要分阶段施工。同时,通过使用预制构件和土工合成材料,可以实现现场快速施工。本发明设计施工的一体化,施工工期短,可以节约施工成本。

[0026] 4、本发明的结构简洁明了、适配性强,运行期易于检修和更换。通过对泄水孔的监测,可以初步判断排水措施的失效位置。独立的模块设计可以有效避免检修工程量大、作业困难等问题。在横向集水沟旁开挖至排水管道,即可对排水管道进行快速检修与更换,或增加复合三维排水垫层的出水口及相应的排水管道即可实现排水流量的增加,满足实际工程排水需要。

[0027] 5、在施工过程中,通过降水井以及在边坡原状土体表面做预压排水,可以有效降低边坡原状土体内的含水量,排出的水被有效引导收集,同时也保证了整体的排水效果。

[0028] 6、本发明充分利用了复合三维排水垫层的性能,具有造价低、施工便捷等优点。

附图说明

[0029] 图1是本发明的边坡主体结构示意图;

图2是本发明的三维排水垫层与横向集水沟之间的连接示意图;

图3是本发明的降水井部分连接结构示意图。

实施方式

[0030] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步说明,以使本领域的技术人员可以更好地理解本发明并能予以实施,但所举实施例不作为对本发明的限定。

[0031] 参照图1至图3所示,本发明的深挖方膨胀土渠坡的联合排水护坡体系的一实施例,具体包括了浅层排水系统与深层排水系统,浅层排水系统包括设置在边坡原状土体表面的复合三维排水垫层7,在复合三维排水垫层长度方向上平行布置有多个纵向排水沟3,相邻两个纵向排水沟之间的上部和下部均设置有横向集水沟2并配合形成模块化护坡区域,每个模块化护坡区域均可以独立施工,相互不影响,模块化护坡区域内浇筑有混凝土拱圈4和铺设有改性换填土14,混凝土拱圈设置在改性换填土中,混凝土拱圈中开有排水槽孔,用以将表面浅层地下水、地表水汇集排至排水沟中;

复合三维排水垫层包括从下至上依次设置的防水膜8、三维复合排水网9和土工布10,满足防水和排水的目的。

[0032] 并且复合三维排水垫层底部设置有若干出水口13,出水口对应的下部的横向集水沟侧壁上设置有泄水孔11并通过排水管道12连接,在运行过程中可根据需求新设出水口增加排水效率,并且还可以根据泄水孔出水状况排查是否存在复合三维排水垫层渗漏的问题;纵向排水沟、横向集水沟以及混凝土拱圈均通过钢制骨架模具现场浇筑获得。

[0033] 深层排水系统包括位于上部且相邻的两个横向集水沟之间设置的降水井5,降水井从上至下分为透水层15和不透水层16,不透水层顶部位于地下水位控制线17上方,地下水位控制线上方的不透水层表面与纵向排水沟下部之间设置有斜仰排水管6,斜仰排水管与横向集水沟连接的高度低于斜仰排水管与降水井连接的高度;当降水井内水位上升,且有趋势上升至透水层时,会导致降水井对周边土层内的地下水收集效果下降,因此通过斜仰排水管的设置,可以将降水井内上升水位的水快速排出,而在竖向集水沟内的水又因斜仰排水管倾斜角度的限定而无法进入降水井内,起到避免倒灌的问题。而当渠道内水位快速上升且超过地下水位控制线时,渠道内的水可以通过斜仰排水管排入降水井内,以缓解快速上涨的水位。

[0034] 其中,降水井以梅花桩形式交错分布,在降水井内需要放入竖向导水体体,竖向导水体由外侧透水层与内部排水层所构成,可以采用三维排水垫层包裹集水管组成排水体,内部设置倒虹吸组成竖向排水系统。

[0035] 本申请还公开一种一体化施工方法,用于对上述联合排水护坡体系进行施工,首先确定边坡参数及土体参数;

边坡参数确定:根据现场施工环境确定边坡的尺寸、挖方深度以及一次施工跨度,并通过地勘资料确定渠坡地下水位高度和地下滞水空间位置;其中,可以根据边坡的尺寸、挖方深度、渠坡地下水位高度和地下滞水空间位置的综合考量确定一次施工跨度,避免在一次施工跨度中存在多个挖方深度、多种土层性质等,而导致施工参数难以确定,施工方案一体化,施工难度低;

土体参数确定:根据试验确定土体内摩擦角φ、土体黏聚力c、土体重度γ和摩擦系数μ,根据设计重现期和降雨历时确定当地平均降雨强度q;

上述参数中,在边坡开展10组现场十字板剪切试验,取其中标准差较小且不超过总平均值5%的5组作为试验结果,由试验结果的平均值确定边坡土体内摩擦角φ、土体黏聚力c。

[0036] 通过参考地勘资料确定降水井深度,在边坡取10份土样测量重度,取所有土样中偏差值较小且不超过总平均值5%的5组样本作为试验结果,取最终试验结果平均值作为土

体重度γ。

[0037] 随后进行预制模块的施工参数计算；

确定泄水孔布置间距：先根据当地平均降雨强度q粗选斜仰排水管尺寸、降水井直径、纵向排水沟以及横向集水沟尺寸，再查表依次确定粗糙系数n，水力半径R，水流坡度I，并计算流速v与排水量Q_P，结合计算跨度确定汇水量Q，最终计算出泄水孔的布置间距；泄水孔是等距布置的，可采用以下公式计算获得：

$$m=Q/Q_P$$

其中：

$$Q=16.67\psi qF$$

$$Q_P=A\times v$$

$$v=\frac{1}{n}R^{\frac{2}{3}}I^{\frac{1}{2}}$$

[0038] 式中，Q为设计地表水流量m^3/s，采用推理法确定地表水汇流量；Q_P为每根管道的排水量m^3/s，ψ为径流系数，F为汇水面积m^2；q为设计重现期和降雨历时内平均降雨强度mm/min；A为管道截面面积m^2；v为管道中水流平均速度m/s；n为排水管壁的粗糙系数；R为水力半径m；I为水流坡度。

[0039] 本实施例中，泄水孔布置间距优选为1m，管道优选为直径200mm的波纹状土工排水管。

[0040] 确定降水井布置间距：依据降水井直径确定其布置间距l_w，参考范围为：

$$10a\leqslant l_w\leqslant 20a$$

式中a为降水井直径mm；本实施例中降水井优选为直径1000mm，布置间距优选为12m。

[0041] 再依据地勘资料中地下水位高度确定降水井深度及需要地下水位下降幅度H_g，降水井内水流深度r_g，土颗粒渗透系数k，并计算出降水井渗水量Q_s，结合纵向排水沟的排水量Q_P^i计算出纵向排水沟布置间距；其中布置数量m_i的计算公式为$m_i\gg\frac{Q+Q_s}{Q_P^i}$，

式中，Q_P^i表示纵向排水沟所对应的排水量m^3/s，$Q_s=\frac{\pi k H_g}{2\ln\left(\frac{2r_s}{r_g}\right)}l_w$，$k$为土颗粒渗透系数$m/s$；$H_g$为降水井位置处地下水位下降幅度$m$；$r_s$为相邻降水井间距之半$m$；$r_g$为相邻降水井内水流深度$m$，$Q_s$为降水井的渗水量$m^3/s$。本实施例中纵向排水沟的布置间距优选为6$m$，截面尺寸优选为800$mm$x1500$mm$。

[0042] 确定混凝土拱圈尺寸：根据边坡尺寸、纵向排水沟和横向集水沟的布置位置初步确定混凝土拱圈横骨架和纵骨架间距l_h、l_v，结合土体摩擦角φ、土体黏聚力c、土体重度γ和摩擦系数μ计算出混凝土拱圈埋深h；本实施例中坡长15m，竖向排水沟间距为6m，故混凝土拱圈4的横纵骨架间距优选为3m×3m，混凝土拱圈埋深h确定公式为：

$$h=[E_p-l_{sp}(c+\gamma h\cos\alpha\tan\varphi+\gamma h\sin\alpha)]2l_h\tan\theta/F$$

[0043] 其中：

$$l_h=l_{sp}$$

$$E_p=\frac{1}{2}\gamma\ (h\cos\alpha)^2K_p$$

[0044] $$F=K_0\gamma\mu h^2\cos\alpha$$

[0045] 式中,E_p为库伦被动土压力kN/m^2;F为竖骨架侧壁产生的摩擦力kN;θ为假想滑动面与坡面夹角;c为土体黏聚力N/m;γ 为土体重度N/m^3;φ 为土体摩擦角;K_p为库伦被动土压力系数;μ为摩擦系数,K_0为侧向土压力系数。本实施例用混凝土拱圈埋深优选为0.8m。

[0046] 根据纵向排水沟布置间距和泄水孔的布置间距对斜仰排水管、纵向排水沟、横向集水沟的尺寸进行优化调整,例如计算得到的数值存在小数位、数值没有对应的管道尺寸等,可以进行做适当的调整,将小数位去除并将数值确定为与相邻的标准管道尺寸一致;

根据斜仰排水管、纵向排水沟、横向集水沟的尺寸定制钢制骨架,钢制骨架内部预留泄水孔和斜仰排水管的位置;

计算结束后可以进行现场施工,首先对边坡预处理;

具体的,依据降水井的布置间距确定打井位置并施工,降水井内布置排水体,降水井深度优选为15-20m;

同时铺设排水垫层,根据纵向排水沟布置间距范围内,在边坡原状土体表面依次铺设防水膜、三维复合排水网、土工布,随后做预压堆载保证接触紧密,对铺设的各层接触面均做去毛、压实处理,处理结束后,进行铺设改性换填土;在压实的过程中,边坡原状土体内部的水会被排出,由于降水井已经制备完成,降水井内的排水体能够将排出的水进行引导收集,起到集水效果,从而将边坡含水率与地下水位控制在目标区间之内;本实施例中优选3mm厚防水膜,50mm厚三维排水垫层,5mm厚土工膜,800mm厚改性换填土。本实施例中优选采用100-150-200kPa强度进行分级压实。

[0047] 结束后进行布设深层排水系统与浅层排水系统;

浅层排水系统:在纵向排水沟、横向排水沟以及混凝土拱圈对应的位置上设置钢制骨架,在钢制骨架中设置排水管道,然后浇筑混凝土,排水管道用于排水垫层的排水,也用于浇筑混凝土时的泄水孔的成型模具;并且出水口与排水管道之间以及排水管道与泄水孔之间的连接处均采用高密度聚乙烯环绕方式做密封处理。

[0048] 深层排水系统:安装斜仰排水管,将斜仰排水管与纵向排水沟和降水井相连;本实施例中优选采用直径为500mm的密封排水管作为斜仰排水管使用。

[0049] 最后布置护坡植被,在混凝土拱圈内种植护坡植物,完成一次施工跨度的施工。

[0050] 随后接着进行下一个一次施工跨度的勘测、计算并施工,重复完成整个护坡体系的施工。

[0051] 本发明综合利用各种排水措施功能并有机结合,采用浅层深层排水系统共同构成一套联合排水护坡体系,且排水系统与护坡体系可进行一体化施工,各结构组成分工明确,并通过设计参数计算优化保证施工质量和工程安全,具有结构新颖,设计施工一体化等优点,适用于高地下水位挖方渠坡等排水需求较大的边坡工程。

[0052] 以上实施例仅是为充分说明本发明而所举的较佳的实施例,本发明的保护范围不限于此。本技术领域的技术人员在本发明基础上所作的等同替代或变换,均在本发明的保护范围之内。本发明的保护范围以权利要求书为准。

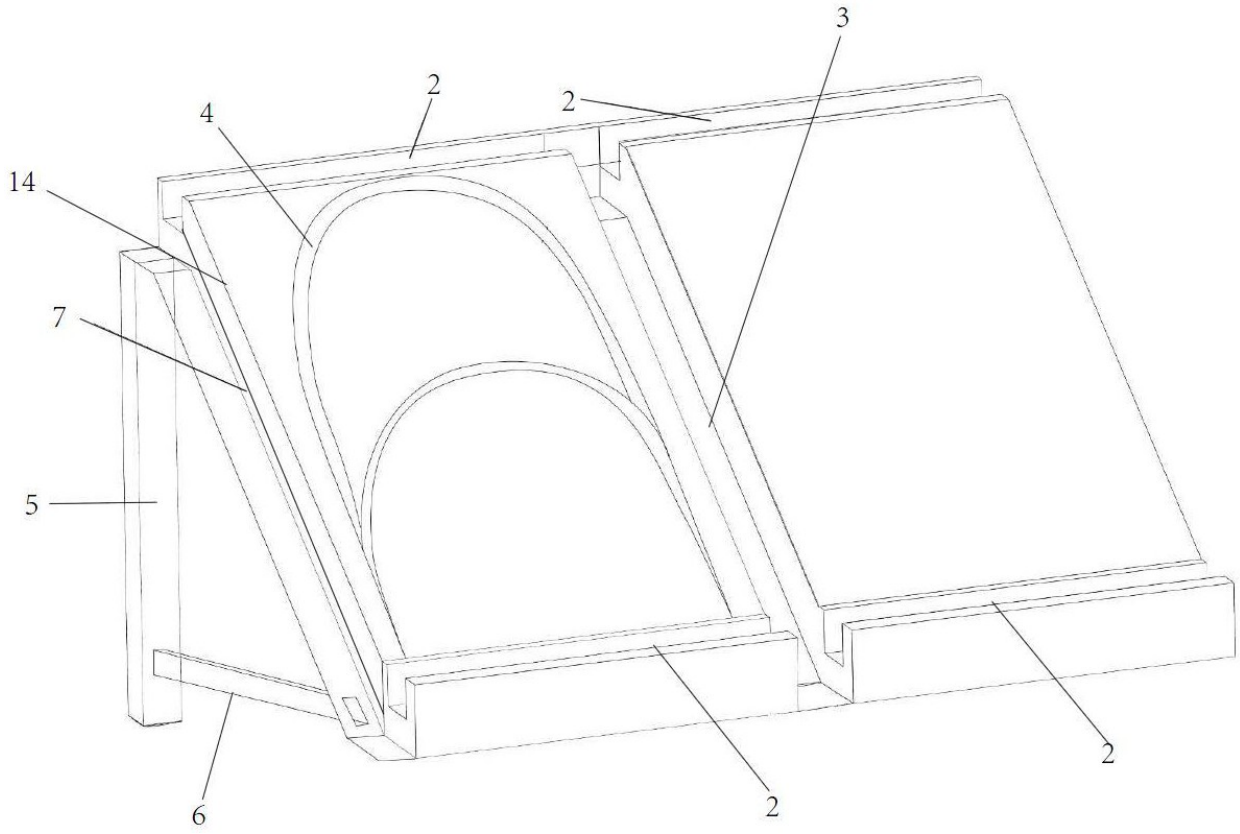


图 1

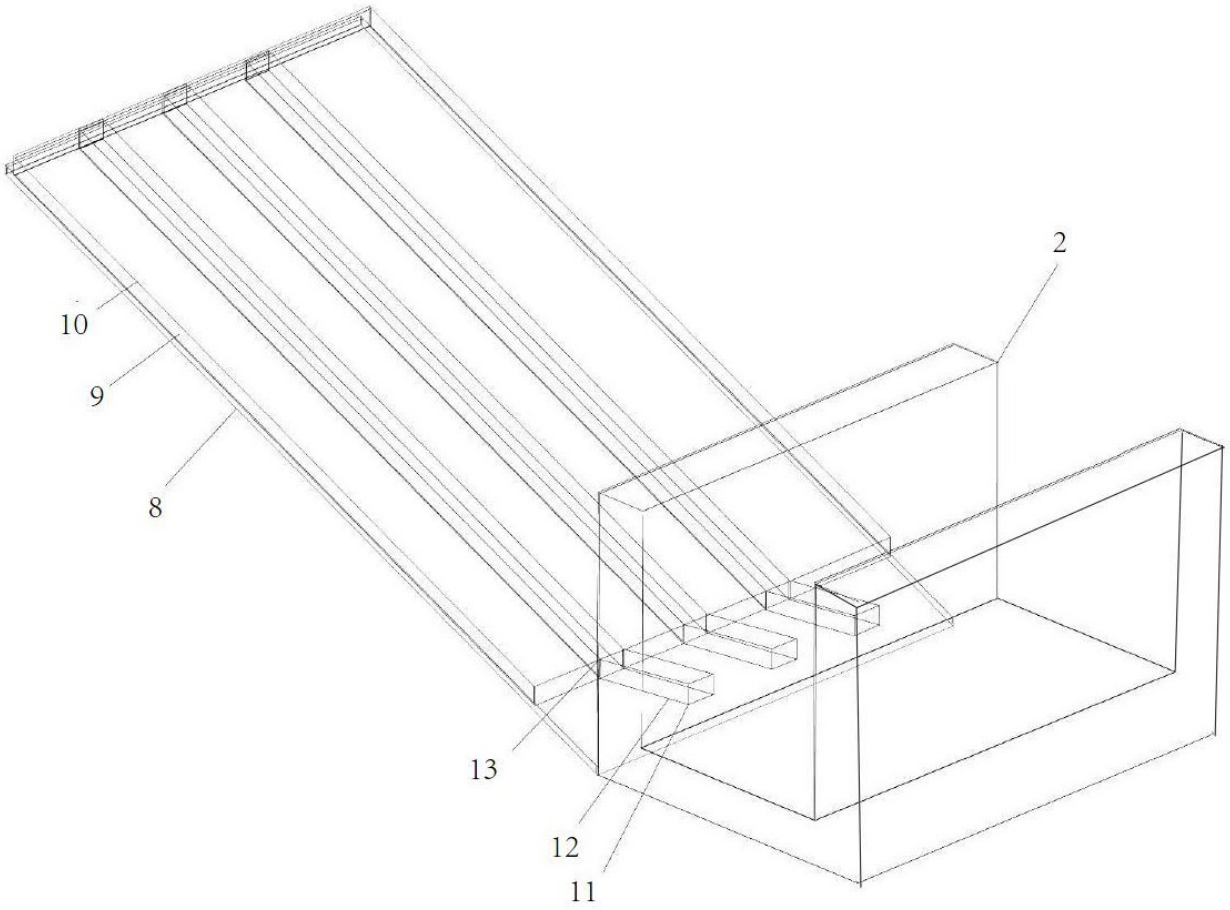


图 2

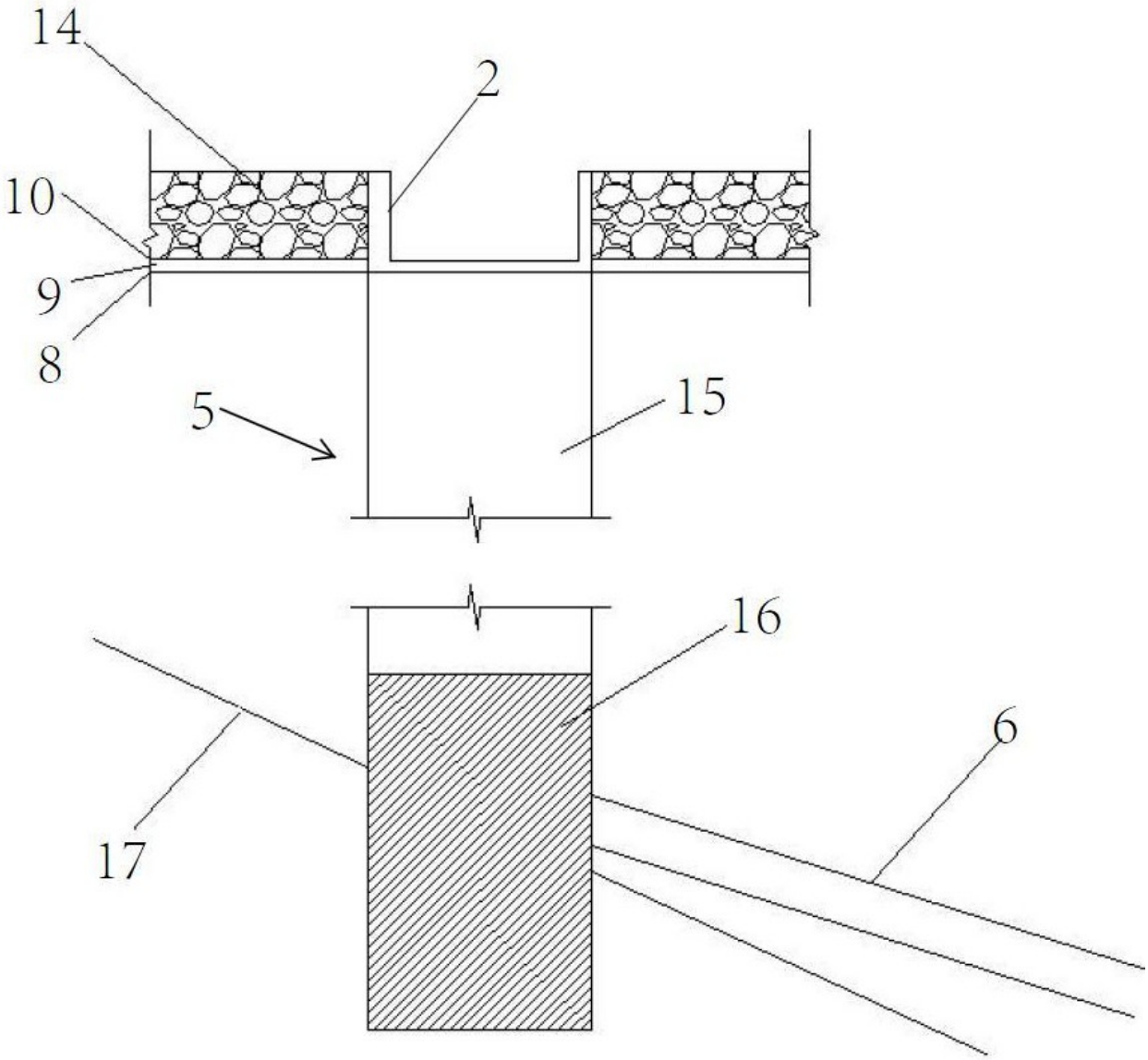


图 3