



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102949888 B

(45) 授权公告日 2014. 08. 13

(21) 申请号 201210455280. 6

CN 201634519 U, 2010. 11. 17, 全文.

(22) 申请日 2012. 11. 14

CN 102151434 A, 2011. 08. 17, 全文.

(73) 专利权人 中国农业大学

吴均. 沉沙池中调流板对水流调节作用的试验研究. 《水资源与水工程学报》. 2007, 第 18 卷 (第 5 期), 6-9.

地址 100193 北京市海淀区圆明园西路 2 号

(72) 发明人 李云开 冯吉

汤骅. 新型矩形沉沙池在节水灌溉中的应用研究. 《人民长江》. 2011, 第 42 卷 (第 3 期), 103-106.

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

刘焕芳. 一种新型平流式沉砂池的设计. 《工业水处理》. 2005, 第 25 卷 (第 4 期), 71-73.

代理人 徐宁 宋少娜

审查员 严小妹

(51) Int. Cl.

B01D 36/04 (2006. 01)

A01G 25/02 (2006. 01)

G06F 17/50 (2006. 01)

(56) 对比文件

RU 2005131349 A, 2007. 04. 20, 全文.

CN 2825057 Y, 2006. 10. 11, 全文.

CN 202377864 U, 2012. 08. 15, 全文.

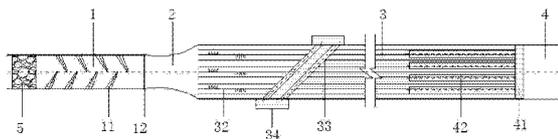
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

一种含沙水源滴灌用沉沙池及其优化方法

(57) 摘要

本发明设计一种含沙水源滴灌用沉沙池及其优化方法, 其特征在于: 它包括沿水流方向依次设置的稳流消能段、过滤段、静水沉沙段和集水段; 稳流消能段的两侧相对间隔交替设置有若干调流齿; 过滤段连接稳流消能段和静水沉沙段; 静水沉沙段的底面设置成逆坡的形式, 沿水流方向逐渐变高, 逆坡上沿水流方向并排设置有若干斜板, 斜板的表面沿水流方向设置呈拱形结构; 静水沉沙段的底面泥沙沉积处设置有若干涡管, 各涡管沿截断水流的方向横向设置, 涡管底部的高度低于斜板和逆坡的表面, 涡管的顶部沿涡管轴向开设有一条形口, 涡管的两端均设置有一副池; 集水段内与静水沉沙段的连接处设置有一直角三角堰, 直角三角堰上水平间隔设置有若干条形的取水槽, 各取水槽位于静水沉沙段的上方, 各取水槽上均设置有若干进水孔和取水口。



CN 102949888 B

1. 一种含沙水源滴灌用沉沙池,其特征在于:它包括沿水流方向依次设置的稳流消能段、过滤段、静水沉沙段和集水段;

所述稳流消能段为一长条形渠道,其两侧相对设置有若干调流齿,两侧的各所述调流齿间隔交替设置,且沿水流方向具有一定的倾斜角度;

所述过滤段为弧形过滤渠道,连接所述稳流消能段和宽于所述稳流消能段的静水沉沙段;

所述静水沉沙段为长条形渠道,所述静水沉沙段的底面设置成逆坡的形式,沿水流方向逐渐变高,所述逆坡上沿水流方向并排设置有若干斜板,各所述斜板拼接成一层覆盖在所述逆坡的上表面,所述斜板的表面沿水流方向设置呈拱形结构,相邻两所述斜板之间形成倒三角形的沉沙池;在所述静水沉沙段的底面泥沙沉积处设置有若干涡管,各所述涡管沿截断水流的方向横向设置,从所述静水沉沙段内的一侧倾斜通向另一侧,所述涡管底部的高度低于所述斜板和逆坡的表面,所述涡管的顶部沿涡管轴向开设有一条形口,所述涡管的两端均设置有一副池;

所述集水段为长条形渠道,该段的宽度与所述静水沉沙段的宽度相同,所述集水段内与所述静水沉沙段的连接处设置有一直角三角堰,所述直角三角堰上水平间隔设置有若干条形的取水槽,各所述取水槽位于所述静水沉沙段的上方,各所述取水槽的侧壁上均设置有若干进水孔,各所述取水槽的顶部设置有取水口。

2. 如权利要求1所述的一种含沙水源滴灌用沉沙池,其特征在于:采用卵石在所述稳流消能段的入口处增设渗滤坝。

3. 如权利要求1所述的一种含沙水源滴灌用沉沙池,其特征在于:所述稳流消能段的末端与所述过滤段的连接处设置有拦污栅。

4. 如权利要求2所述的一种含沙水源滴灌用沉沙池,其特征在于:所述稳流消能段的末端与所述过滤段的连接处设置有拦污栅。

5. 如权利要求1或2或3或4所述的一种含沙水源滴灌用沉沙池,其特征在于:所述静水沉沙段的底面泥沙沉积处,水流沙相体积分数超过平均含沙量的30%处设置有若干所述涡管。

6. 如权利要求1或2或3或4所述的一种含沙水源滴灌用沉沙池,其特征在于:各所述取水槽的顶部设置的所述取水口为梯形,下窄上宽。

7. 如权利要求5所述的一种含沙水源滴灌用沉沙池,其特征在于:各所述取水槽的顶部设置的所述取水口为梯形,下窄上宽。

8. 一种如权利要求1~7任一项所述含沙水源滴灌用沉沙池的优化方法,其包括以下步骤:

1) 根据现场情况和操作人员的经验,选取稳流消能段的长度、宽度、内部调流齿的长度 $L_{调}$ 、调流齿的数目 $n_{调}$ 范围、同侧相邻两个调流齿之间的间距 $s_{调}$ 范围、调流齿与水流前进方向的夹角 $\theta_{调}$ 范围;

选取静水沉沙段的长度,宽度;逆坡的坡度 $\theta_{逆}$ 范围;斜板的拱形高度 $h_{斜}$ 范围,斜板的拱形坡度 $r_{斜}$ 范围;涡管的直径 $D_{涡}$ 范围, $D_{涡} = (1/5 \sim 1/3)h_{静}$,式中: $h_{静}$ 为静水沉沙段的所需水深,选取 $h_{静}$ 的范围;涡管顶部的条形口的开口宽度 $b_{涡}$ 范围, $b_{涡} = D_{涡} \sin(\beta_{涡}/2)$, $\beta_{涡}$ 为涡管与水流前进方向之间的夹角,选取 $\beta_{涡}$ 的范围;

2) 根据步骤 1) 选取的经验值, 建立微灌沉沙池分步计算结构模型, 具体分别为建立消能稳流段、静水沉沙段和所提出的沉沙池整体的模型, 对模型进行网格划分和设置计算域的边界条件;

3) 采用两相流模型对步骤 2) 中所建立各三维模型进行分步求解, 逐级计算选择最优结构参数, 具体如下:

第一步: 对稳流消能段的模型进行逐级计算求解: 以调流齿的根部无泥沙淤积且静水沉沙段的出口流量满足灌区所需灌溉用水量, 为调流齿最优布置形式评判标准, 对调流齿的各项参数进行逐级模拟选择; 内部调流齿的长度 $L_{调}$ 设置为稳流消能段宽度的 1/2, 其他参数设定: ①在调流齿数目 $n_{调}$ 范围内, 选取若干值分别进行模拟; 基于模拟结果, 依据上述调流齿最优布置形式评判标准确定 $n_{调}$ 的最优取值区间; ②在同侧相邻两个调流齿之间的间距 $s_{调}$ 范围内, 选取若干值分别进行模拟; 基于模拟结果, 依据上述调流齿的最优布置形式评判标准, 确定 $s_{调}$ 的最优取值区间; ③在调流齿与水流前进方向的夹角 $\theta_{调}$ 范围内, 选取若干值分别进行模拟; 基于模拟结果, 依据上述调流齿最优布置形式评判标准, 确定 $\theta_{调}$ 的最优取值区间; 通过对以上各项参数的逐级选择, 确定调流齿的最优数目 $n_{调}$ 、间距 $s_{调}$ 及其与水流前进方向夹角 $\theta_{调}$ 的最优取值区间;

第二步: 对静水沉沙段进行逐级计算模拟: 首先, 设定静水沉沙段的长度 $L_{静}$ 为步骤 1) 中所提出的长度的 2 倍; 当静水沉沙段内某断面的沙相含量小于 200mg/L 时, 认为此时泥沙沉积较完全, 此断面即为静水沉沙段的终断面, 得到静水沉沙段的最优长度; 设置静水沉沙段的设计深度 $H_{静}$ 范围, $H_{静}$ 高于静水沉沙段的所需深度 $h_{静}$ 范围 0.2m ~ 0.5m, 根据 $H_{静}$ 得到宽深比 $\alpha_{静}$ 范围, 在宽深比 $\alpha_{静}$ 范围内选取若干值分别进行计算模拟, 根据泥沙沉降率确定 $\alpha_{静}$ 的最优取值区间; 然后, 静水沉沙段布设为最优长度, 选取最优取值区间内的宽深比, 取水槽均匀布设在段尾, 采用梯形取水口进行模拟; 增设优化结构, 具体为: ①底面泥沙沉降处水流沙相体积分数大于初始值的 30% 处增设涡管, 并在涡管的两端出口处设置副池; 涡管的直径 $D_{涡} = (1/5 \sim 1/3) h_{静}$; 涡管顶部条形口的开口宽度 $b_{涡} = D_{涡} \sin(\beta_{涡}/2)$; 在涡管的直径 $D_{涡}$ 范围内选取若干值进行计算模拟, 根据泥沙排除效果确定涡管直径 $D_{涡}$ 的最优取值区间; 在 $\beta_{涡}$ 的取值范围内选取若干值进行计算模拟, 根据泥沙排除效果确定 $\beta_{涡}$ 的最优取值区间; ②在斜板的拱形高度 $h_{斜}$ 范围内, 选取若干值进行计算模拟, 根据斜板间泥沙沉降率确定斜板高度 $h_{斜}$ 的最优取值区间; 设定斜板的拱形坡度 $r_{斜}$ 范围 1:1 ~ 1:2; 在逆坡的坡度 $\theta_{逆}$ 范围内, 选取若干值进行计算模拟, 根据底面泥沙沉降率确定逆坡坡度 $\theta_{逆}$ 的最优取值区间;

第三步: 对稳流消能段和静水沉沙段整体进行逐级计算模拟: 分别在稳流消能段调流齿的最优数目 $n_{调}$ 、间距 $s_{调}$ 、其与水流前进方向夹角 $\theta_{调}$ 的最优取值区间和静水沉沙段的宽深比 $\alpha_{静}$ 、涡管的直径 $D_{涡}$ 、涡管顶部条形口的开口宽度 $b_{涡}$ 、斜板的拱形高度 $h_{斜}$ 、斜板的拱形坡度 $r_{斜}$ 及逆坡坡度 $\theta_{逆}$ 的最优取值区间内各选出若干值, 组成若干组设计参数进行计算模拟, 根据泥沙沉降率和工程所需精度, 最终确定稳流消能段和静水沉沙段各结构的最优设计参数。

一种含沙水源滴灌用沉沙池及其优化方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于农业节水灌溉技术领域的沉沙池及其优化方法,特别是关于一种高含沙水源滴灌用沉沙池及其优化方法。

背景技术

[0002] 沉沙池是引黄滴灌过程中,沉淀-过滤设施中初级过滤的重要一环,具体为利用重力沉降作用,使水中的悬浮固体颗粒自然沉降至池底,降低水中杂质含量的除沙装置。沉沙池可将高含沙水源中大颗粒初步滤净,其过滤效率直接影响到整个沉淀-过滤系统的稳定运行。但是,现有沉沙池沉沙效率低,沉淀泥沙不能及时排出池外回用,这些均成为制约沉沙池推广应用的瓶颈问题;且黄河水水质尤为复杂,泥沙问题十分突出。黄河三门峡以上多年平均来沙量达16亿吨,多年平均含沙量37.6kg,居世界名河之首。这些都表明,更加有效提高泥沙沉降率成为引黄滴灌的重中之重。国内外也有部分提出沉沙池形式,如:新疆石河子大学刘焕芳等(专利号:ZL200520135844.3)公开了一种微灌用冲洗式沉沙池,其通过槽状通道首部的横向调流板、其上分布的缓流孔和尾部的横向挡流板,提高对地表水中的泥沙进行处理效率,但其并未提出各部位的合理设计参数,有碍于其更大范围的推广应用。何晓宁等(专利号:ZL200920277217.1)公开了一种条形沉沙过滤池,其通过在悬空过滤室底面上设置滤网提高滤水效率,并且使系统故障率降低,但并未提出合理的泥沙清除措施及防止滤网堵塞的适用措施。现有的沉沙池设计存在的问题是泥沙沉降效率及回用率较低,结构设计缺少合理的理论基础,关键是缺乏有效的结构优化及设计参数选择方法。

[0003] 计算流体力学(CFD)通过计算机数值计算及图像显示方法,在时间和空间上定量的描述流场数值解,以其本身的适用性、灵活性及在降低设计成本、缩短开发周期方面的优势,在结构优化设计方面得到了较为广泛的应用。但未见应用此方法对引黄滴灌过程中沉沙池进行结构优化及选择最佳设计参数。

发明内容

[0004] 针对上述问题,本发明的目的是提供一种泥沙沉降率高,能够及时排沙,适用范围广,且占地少、造价低、建设方便的含沙水源滴灌用沉沙池及其优化方法。

[0005] 为实现上述目的,本发明采取以下技术方案:一种含沙水源滴灌用沉沙池,其特征在于:它包括沿水流方向依次设置的稳流消能段、过滤段、静水沉沙段和集水段;所述稳流消能段为一长条形渠道,其两侧相对设置有若干调流齿,两侧的各所述调流齿间隔交替设置,且沿水流方向具有一定的倾斜角度;所述过滤段为弧形过滤渠道,连接所述稳流消能段和宽于所述稳流消能段的静水沉沙段;所述静水沉沙段为长条形渠道,所述静水沉沙段的底面设置成逆坡的形式,沿水流方向逐渐变高,所述逆坡上沿水流方向并排设置有若干斜板,各所述斜板拼接成一层覆盖在所述逆坡的上表面,所述斜板的表面沿水流方向设置呈拱形结构,相邻两所述斜板之间形成倒三角形的沉沙池;在所述静水沉沙段的底面泥沙沉积处设置有若干涡管,各所述涡管沿截断水流的方向横向设置,从所述静水沉沙段内的一

侧倾斜通向另一侧,所述涡管底部的高度低于所述斜板和逆坡的表面,所述涡管的顶部沿涡管轴向开设有一条形口,所述涡管的两端均设置有一副池;所述集水段为长条形渠道,该段的宽度与所述静水沉沙段的宽度相同,所述集水段内与所述静水沉沙段的连接处设置有一直角三角堰,所述直角三角堰上水平间隔设置有若干条形的取水槽,各所述取水槽位于所述静水沉沙段的上方,各所述取水槽的侧壁上均设置有若干进水孔,各所述取水槽的顶部设置有取水口。

[0006] 采用卵石在所述稳流消能段的入口处增设渗滤坝。

[0007] 所述稳流消能段的末端与所述过滤段的连接处设置有拦污栅。

[0008] 所述静水沉沙段的底面泥沙沉积处,水流沙相体积分数超过平均含沙量的 30% 处设置有若干所述涡管。

[0009] 各所述取水槽的顶部设置的所述取水口为梯形,下窄上宽。

[0010] 上述一种含沙水源滴灌用沉沙池的优化方法,其包括以下步骤:1) 根据现场情况和操作人员的经验,选取稳流消能段的长度、宽度、内部调流齿的长度 $L_{调}$ 、调流齿的数目 $n_{调}$ 范围、同侧相邻两个调流齿之间的间距 $s_{调}$ 范围、调流齿与水流前进方向的夹角 $\theta_{调}$ 范围;选取静水沉沙段的长度,宽度;逆坡的坡度 $\theta_{逆}$ 范围;斜板的拱形高度 $h_{斜}$ 范围,斜板的拱形坡度 $r_{斜}$ 范围;涡管的直径 $D_{涡}$ 范围, $D_{涡} = (1/5 \sim 1/3)h_{静}$, 式中: $h_{静}$ 为静水沉沙段的所需水深,选取 $h_{静}$ 的范围;涡管顶部的条形口的开口宽度 $b_{涡}$ 范围, $b_{涡} = D_{涡} \sin(\beta_{涡}/2)$, $\beta_{涡}$ 为涡管与水流前进方向之间的夹角,选取 $\beta_{涡}$ 的范围;2) 根据步骤 1) 选取的经验值,建立微灌沉沙池分步计算结构模型,具体分别为建立消能稳流段、静水沉沙段和所提出的沉沙池整体的模型,对模型进行网格划分和设置计算域的边界条件;3) 采用两相流模型对步骤 2) 中所建立各三维模型进行分步求解,逐级计算选择最优结构参数,具体如下:第一步:对稳流消能段的模型进行逐级计算求解:以调流齿的根部无泥沙淤积且静水沉沙段的出口流量满足灌区所需灌溉用水量,为调流齿最优布置形式评判标准,对调流齿的各项参数进行逐级模拟选择;内部调流齿的长度 $L_{调}$ 设置为稳流消能段宽度的 1/2,其他参数设定:①在调流齿数目 $n_{调}$ 范围内,选取若干值分别进行模拟;基于模拟结果,依据上述调流齿最优布置形式评判标准确定 $n_{调}$ 的最优取值区间;②在同侧相邻两个调流齿之间的间距 $s_{调}$ 范围内,选取若干值分别进行模拟;基于模拟结果,依据上述调流齿的最优布置形式评判标准,确定 $s_{调}$ 的最优取值区间;③在调流齿与水流前进方向的夹角 $\theta_{调}$ 范围内,选取若干值分别进行模拟;基于模拟结果,依据上述调流齿最优布置形式评判标准,确定 $\theta_{调}$ 的最优取值区间;通过对以上各项参数的逐级选择,确定调流齿的最优数目 $\theta_{调}$ 、间距 $s_{调}$ 及其与水流前进方向夹角 $\theta_{调}$ 的最优取值区间;第二步:对静水沉沙段进行逐级计算模拟:首先,设定静水沉沙段的长度 $L_{静}$ 为步骤 1) 中所提出的长度的 2 倍;当静水沉沙段内某断面的沙相含量小于 200mg/L 时,认为此时泥沙沉积较完全,此断面即为静水沉沙段的终断面,得到静水沉沙段的最优长度;设置静水沉沙段的设计深度 $H_{静}$ 范围, $H_{静}$ 高于静水沉沙段的所需深度 $h_{静}$ 范围 0.2m ~ 0.5m, 根据 $H_{静}$ 得到宽深比 $\alpha_{静}$ 范围,在宽深比 $\alpha_{静}$ 范围内选取若干值分别进行计算模拟,根据泥沙沉降率确定 $\alpha_{静}$ 的最优取值区间;然后,静水沉沙段布设为最优长度,选取最优取值区间内的宽深比,取水槽均匀布设在段尾,采用梯形取水口进行模拟;增设优化结构,具体为:①底面泥沙沉降处水流沙相体积分数大于初始值的 30% 处增设涡管,并在涡管的两端出口处设置副池;涡管的直径 $D_{涡} = (1/5 \sim 1/3)h_{静}$;涡管顶部条形口的开口宽度 b

$r_{\text{涡}} = D_{\text{涡}} \sin(\beta_{\text{涡}}/2)$;在涡管的直径 $D_{\text{涡}}$ 范围内选取若干值进行计算模拟,根据泥沙排除效果确定涡管直径 $D_{\text{涡}}$ 的最优取值区间;在 $\beta_{\text{涡}}$ 的取值范围内选取若干值进行计算模拟,根据泥沙排除效果确定 $\beta_{\text{涡}}$ 的最优取值区间;②在斜板的拱形高度 $h_{\text{斜}}$ 范围内,选取若干值进行计算模拟,根据斜板间泥沙沉降率确定斜板高度 $h_{\text{斜}}$ 的最优取值区间;设定斜板的拱形坡度 $r_{\text{斜}}$ 范围 1:1 ~ 1:2;在逆坡的坡度 $\theta_{\text{逆}}$ 范围内,选取若干值进行计算模拟,根据底面泥沙沉降率确定逆坡坡度 $\theta_{\text{逆}}$ 的最优取值区间;第三步:对稳流消能段和静水沉沙段整体进行逐级计算模拟;分别在稳流消能段调流齿的最优数目 $n_{\text{调}}$ 、间距 $s_{\text{调}}$ 、其与水流前进方向夹角 $\theta_{\text{调}}$ 的最优取值区间和静水沉沙段的宽深比 $\alpha_{\text{静}}$ 、涡管的直径 $D_{\text{涡}}$ 、涡管顶部条形口的开口宽度 $b_{\text{涡}}$ 、斜板的拱形高度 $h_{\text{斜}}$ 、斜板的拱形坡度 $r_{\text{斜}}$ 及逆坡坡度 $\theta_{\text{逆}}$ 的最优取值区间内各选出若干值,组成若干组设计参数进行计算模拟,根据泥沙沉降率和工程所需精度,最终确定稳流消能段和静水沉沙段各结构的最优设计参数。

[0011] 本发明由于采取以上技术方案,其具有以下优点:1、本发明在稳流消能段内增设调流齿,当水流流经调流齿时,主流区流速较高部分直接冲顶在调流齿的迎水面,并沿调流齿进行多次换向流动,因此,可以使水流动能急剧减小,达到调节水流流态,提高流体均匀度的目的。2、本发明在古河床地区采用卵石在稳流消能段的入口处增设渗滤坝,因此,可有效降低水流湍动能,提高流体均匀度。3、本发明在静水沉沙段底面泥沙沉积部位,沙相体积分数超过平均含沙量的 30% 处增设涡管,并在涡管出口处设置副池;当沉降的泥沙运动至涡管处,大部分泥沙随渠底水流进入涡管,入管泥沙在管内螺旋流的作用下被卷扬,当螺旋流达到一定强度,呈悬移状态的泥沙随螺旋流带至副池,待副池泥沙自然沉降后,将泥沙取做他用,及时排沙,有效提高泥沙回用率。4、本发明将静水沉沙段底坡设置为逆坡,在占地面积不变的条件下,增加了泥沙沉降距离;在静水沉沙段底面除设置涡管外,还设置斜板,相邻两斜板间分别构建为一个小型沉沙池,此结构可较好地改善颗粒沉降过程中的水力条件,增加泥沙沉降面积并加速泥沙沉降。5、本发明的取水槽均匀布设在静水沉沙段段尾,采用梯形取水口,符合表层清水入槽流态,增加了清水取用面积。6、本发明在模拟过程中,充分考虑现有高含沙水源沙相表面因生物膜的生成而产生的黏性对水沙两相流动的影响,采用两相流模型对沉沙池内水沙两相流动进行计算模拟,并在颗粒参数设置时,对其动力黏度进行合理选择;该设计方法简单易行,在尽可能符合流体真实流态的前提下,使优化设计更加精确与合理,适应于大范围的推广与应用。7、本发明的优化方法首先对沉沙池进行分段数值模拟,其次对其整体进行计算模拟,分布计算,逐级寻优,最终确定各部件的最优设计参数;引用计算流体力学软件对引黄滴灌过程中沉沙设施内水沙两相流动进行数值模拟,可得到流体内部速度场及浓度场的求解结果,符合今后农业节水灌溉技术领域的发展趋势。本发明沉沙池的结构设计具有合理的理论基础,能实现滴灌水利用自重进行大颗粒自然沉降的目的,可有效提高沉沙池泥沙沉降率及回用率,降低水流湍动能,提高水流均匀度,具有有效的结构优化及设计参数选择方法,可在采用高含沙水源进行滴灌的农业节水灌溉领域推广应用。

附图说明

[0012] 图 1 是本发明沉沙池结构俯视示意图

[0013] 图 2 是本发明沉沙池结构纵向剖面示意图

- [0014] 图 3 是现有技术中沉沙池稳流消能段的横截面速度矢量图
[0015] 图 4 是本发明沉沙池稳流消能段设置调流齿后的横截面速度矢量图
[0016] 图 5 是现有技术中沉沙池静水沉沙段底面沙相体积分数图
[0017] 图 6 是本发明沉沙池静水沉沙段底面沙相体积分数图

具体实施方式

[0018] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细的描述。

[0019] 如图 1、图 2 所示,本发明的沉沙池包括沿水流方向依次设置的稳流消能段 1、过滤段 2、静水沉沙段 3 和集水段 4。

[0020] 本发明的稳流消能段 1 为一长条形渠道,稳流消能段 1 的两侧相对设置有若干调流齿 11,各调流齿 11 竖向设置,两侧的各调流齿 11 间隔交替设置,且沿水流方向具有一定的倾斜角度。稳流消能段 1 设置的各调流齿 11 可有效降低水流湍动能,调节水流流态,提高流体均匀度。稳流消能段 1 的末端与过滤段 2 的连接处设置有拦污栅 12。

[0021] 本发明的过滤段 2 为弧形过滤渠道,连接稳流消能段 1 和宽于稳流消能段 1 的静水沉沙段 3。

[0022] 本发明的静水沉沙段 3 为长条形渠道,且该段的宽度宽于稳流消能段 1 的宽度。静水沉沙段 3 的底面设置成逆坡 31 的形式,沿水流方向逐渐变高,在占地面积不变的情况下,增加了泥沙沉降距离。在逆坡 31 上沿水流方向并排设置有若干斜板 32,各斜板 32 拼接成一层覆盖在逆坡 31 的上表面,斜板 32 的表面沿水流方向设置呈拱形结构,即斜板 32 的横截面为拱形,相邻两斜板 32 之间形成倒三角形的小型沉沙池,可以增加泥沙沉降面积并加速泥沙沉降。在静水沉沙段 3 的底面泥沙沉积处,水流沙相体积分数超过平均含沙量的 30% 处设置有若干涡管 33,各涡管 33 沿截断水流的方向横向设置,从静水沉沙段 3 内的一侧倾斜通向另一侧,涡管 33 底部的高度低于斜板 32 和逆坡 31 的表面,涡管 33 的顶部沿涡管轴向开设有条形口,涡管 33 的两端均设置有一副池 34,绝大部分泥沙随渠底水流通过涡管 33 顶部的条形口进入涡管 33 内,并利用水流螺旋排沙技术将大量沉积的泥沙及时通过涡管 33 排入副池 34,达到排出静水沉沙段 3 的目的,以避免淤积泥沙。

[0023] 本发明的集水段 4 为长条形渠道,该段的宽度与静水沉沙段 3 的宽度相同,集水段 4 内与静水沉沙段 3 的连接处设置有一直角三角堰 41,直角三角堰 41 向上方凸起,且在直角三角堰 41 上水平间隔设置有若干条形取水槽 42,各取水槽 42 位于静水沉沙段 3 的上方,各取水槽 42 的侧壁上均设置有若干进水孔 43,各取水槽 42 的顶部设置为梯形取水口,下窄上宽。通过静水沉沙段 3 的水流通过直角三角堰 41 进入集水段 4。

[0024] 上述实例中,在古河床地区,可采用卵石在稳流消能段 1 的入口处增设渗滤坝 5,以便有效降低水流湍动能,提高流体均匀度。

[0025] 本发明沉沙池的水流流向为:

[0026] 1) 水流首先进入稳流消能段 1,在流经稳流消能段 1 内的调流齿 11 时,主流区流速较高部分的水流直接冲顶在调流齿 11 的迎水面上,并沿各调流齿 11 进行多次换向流动,水流动能急剧减小,达到调节水流流态,提高流体均匀度的目的。

[0027] 2) 水流通过过渡段 2 进入静水沉沙段 3,静水沉沙段 3 内设置逆坡 31,可加速泥沙沉降,并在占地面积不变的情况下,增加了泥沙的沉降距离;静水沉沙段 3 内的逆坡上 31

设置有斜板 32, 相邻两斜板 32 间分别构建为一个小型沉沙池, 此结构能够较好地改善颗粒沉降过程中的水利条件, 增加泥沙沉降面积并加速泥沙沉降; 当沉降的泥沙运动至涡管 33 处, 绝大部分泥沙随渠底水流进入涡管 33, 入管泥沙在管内螺旋流的作用下被卷扬, 当螺旋流达到一定强度, 呈悬移状态的泥沙随螺旋流带至副池 34, 待副池 34 内的泥沙自然沉降后, 将泥沙取做他用。

[0028] 3) 水流通过静水沉沙段 3 后进入直角三角堰 41, 直角三角堰 41 上设置取水槽 42, 相对干净的水流通过取水槽 42 上的进水孔 43 进入取水槽 42, 通过取水槽 42 顶部的梯形取水口进行取水用于滴灌, 同时高出直角三角堰 41 的水流入集水段 4。

[0029] 4) 集水段 4 内储存已进行初步沉沙过滤、从表层收集的清水, 该段内的水可以待取用或进行再次过滤。

[0030] 本发明沉沙池的优化方法, 包括以下步骤:

[0031] 1) 根据现场情况和操作人员的经验, 设置沉沙池模型, 该模型的稳流消能段 1 的长度为 4m, 宽度为 1m, 内部调流齿 11 的长度 $L_{调}$ 设置为稳流消能段 1 宽度的 1/2, 调流齿 11 的数目 $n_{调}$ 一般在 16 个以内, 两侧交替间隔均匀分布, 同侧相邻两个调流齿 11 之间的间距 $s_{调}$ 取值范围为 $L_{调} \sim 2L_{调}$, 调流齿 11 与水流前进方向的夹角 $\theta_{调}$ 的取值范围为 $65^\circ \sim 75^\circ$ 。

[0032] 静水沉沙段 3 的长度为 6m, 宽度为 3m。逆坡 31 的坡度 $\theta_{逆}$ 范围为 $3^\circ \sim 5^\circ$ 。斜板 32 的拱形高度 $h_{斜}$ 范围为 0.1m \sim 0.3m, 斜板 32 的拱形坡度 $r_{斜}$ 范围为 1:1 \sim 1:2。在水流沙相体积分数超过平均含沙量 (初始值, 初始值一般选用平均含沙量) 的 30% 处设置有若干涡管 33, 涡管 33 的直径 $D_{涡}$ 由经验公式 $D_{涡} = (1/5 \sim 1/3) h_{静}$ 确定, 式中: $h_{静}$ 为静水沉沙段 3 的所需水深。根据 $b_{涡} = D_{涡} \sin(\beta_{涡}/2)$ 确定涡管 33 顶部的条形口的开口宽度, 其中 $\beta_{涡} = 60^\circ \sim 90^\circ$, 为涡管 33 与水流前进方向之间的夹角。

[0033] 上述数值的选取是根据现场情况和操作人员的经验, 因此, 现场情况不同, 选取的经验值也可以不同。

[0034] 2) 根据步骤 1) 确定的经验值, 建立微灌沉沙池分步计算结构模型, 具体分别为建立消能稳流段 1、静水沉沙段 2 和所提出的沉沙池整体的模型, 对模型进行网格划分和设置计算域的边界条件, 具体如下:

[0035] 采用针对用户的虚拟产品设计和工艺设计 UG NX6.0 软件创建沉沙池分段三维模型, 应用计算流体力学 (CFD) 前处理软件 GAMBIT 对模型进行网格划分, 网格采用 Hex/Wedge 形式, 对物理边界变化较大区域, 如取水槽等部分进行网格加密。入口采用速度入口, 出口设置为压力出口。

[0036] 3) 应用 CFD 商用软件 FLUENT, 采用两相流模型对步骤 2) 中所建立的各三维模型进行分步求解, 逐级计算选择最优结构参数, 具体如下。

[0037] 沉沙池内部流体流动可视为典型的粘性不可压缩流动, 满足连续方程和动量方程, 采用两相流模型对沉沙池内水沙两相流动进行求解。求解过程中充分考虑沙相的粒径及表面黏度对两相流动的影响。沉沙池水面表层设置为无剪切力的自由表面, 其余壁面设置为无滑移壁面条件, 采用标准壁面函数来求解近壁面区域的流动。湍流模型采用标准 $k-\epsilon$ 模型, 采用非定长耦合隐式计算方法, 压力项为二阶迎风格式, 采用 SIMPLE 算法实现压力速度耦合。具体为按照以下四步进行求解:

[0038] 第一步: 对稳流消能段 1 的模型进行逐级计算求解。以调流齿 11 的根部无泥沙淤

积且静水沉沙段 3 的出口流量满足灌区所需灌溉用水量,例如 $150\text{m}^3/\text{s} \sim 300\text{m}^3/\text{s}$,为调流齿最优布置形式评判标准,对调流齿 11 的各项参数进行逐级模拟选择。调流齿 11 的长度 $L_{\text{调}}$ 设定为稳流消能段 1 宽度的 $1/2$,其他参数设定:①调流齿数目 $n_{\text{调}}$,在 16 个以内(两侧均匀分布),初次模拟可设定为 6 个、12 个和 18 个分别进行模拟。基于模拟结果,依据上述调流齿最优布置形式评判标准确定 $n_{\text{调}}$ 的最优取值区间;②同侧相邻两个调流齿 11 之间的间距 $s_{\text{调}}$ 的取值范围为 $L_{\text{调}} \sim 2L_{\text{调}}$,初次模拟可取 $s_{\text{调}}$ 为 $L_{\text{调}}$ 、 $1.5L_{\text{调}}$ 和 $2L_{\text{调}}$ 分别进行模拟。基于模拟结果,依据上述调流齿 11 的最优布置形式评判标准,确定 $s_{\text{调}}$ 的最优取值区间;③调流齿 11 与水流前进方向的夹角 $\theta_{\text{调}}$ 的取值范围为 $65^\circ \sim 75^\circ$,初次模拟可取 $\theta_{\text{调}}$ 为 65° 、 70° 和 75° 分别进行模拟。基于模拟结果,依据上述调流齿 11 最优布置形式评判标准,确定 $\theta_{\text{调}}$ 的最优取值区间。通过对以上各项参数的逐级选择,确定调流齿 11 的最优数目 $n_{\text{调}}$ 、间距(同侧) $s_{\text{调}}$ 及其与水流前进方向夹角 $\theta_{\text{调}}$ 的最优取值区间。

[0039] 第二步:对静水沉沙段 3 进行逐级计算模拟。首先,静水沉沙段 3 的长度 $L_{\text{静}}$ 设置为步骤 1)中所提出的长度的 2 倍,即 12m 进行计算模拟。当静水沉沙段 3 内某断面的沙相含量小于 $200\text{mg}/\text{L}$ 时,可认为此时泥沙沉积较完全,此断面即为静水沉沙段 3 的终断面,得到静水沉沙段 3 的最优长度。静水沉沙段 3 的设计深度 $H_{\text{静}}$ 范围为 $3 \sim 8\text{m}$,宽深比 $\alpha_{\text{静}}$ 范围为 $0.5 \sim 1.5$,分别取 0.5 、 1.0 和 1.5 进行计算模拟,根据泥沙沉降率确定 $\alpha_{\text{静}}$ 的最优取值区间。然后,静水沉沙段 3 布设为最优长度,选取最优取值区间内的宽深比,取水槽 42 均匀布设在段尾,采用梯形取水口进行模拟。分析静水沉沙段 3 的底面泥沙沉降较多位置及取水槽 42 等相关结构参数对泥沙沉降效率的影响,并增设优化结构,具体为:①底面泥沙沉降处水流沙相体积分数大于初始值的 30% 处增设涡管 33,并在涡管 33 的两端出口处设置副池 34。涡管 33 的直径 $D_{\text{涡}}$ 由经验公式 $D_{\text{涡}} = (1/5 \sim 1/3)h_{\text{静}}$ 确定,式中 $h_{\text{静}}$ 为静水沉沙段 3 的所需水深,低于静水沉沙段 3 的设计深度 $H_{\text{静}}$ $0.2\text{m} \sim 0.5\text{m}$,根据灌区所需用水量的实际情况设定。根据 $b_{\text{涡}} = D_{\text{涡}} \sin(\beta_{\text{涡}}/2)$ 确定涡管 33 顶部条形口的开口宽度,其中 $\beta_{\text{涡}} = 60^\circ \sim 90^\circ$ 。分别取 $D_{\text{涡}}$ 为 $1/3h_{\text{静}}$ 、 $1/4h_{\text{静}}$ 和 $1/5h_{\text{静}}$ 进行计算模拟,根据泥沙排除效果确定涡管直径 $D_{\text{涡}}$ 的最优取值区间。分别取 $\beta_{\text{涡}}$ 为 60° 、 75° 和 90° 进行计算模拟,根据泥沙排除效果确定 $\beta_{\text{涡}}$ 的最优取值区间;②斜板 32 的拱形高度(拱形横断面顶点到底边的垂直距离) $h_{\text{斜}}$ 范围为 $0.1\text{m} \sim 0.3\text{m}$,分别取 $h_{\text{斜}}$ 为 0.1m 、 0.2m 和 0.3m 进行计算模拟,根据斜板 32 间泥沙沉降率确定斜板高度 $h_{\text{斜}}$ 的最优取值区间。斜板 32 的拱形坡度 $r_{\text{斜}}$ 范围为 $1:1 \sim 1:2$ 。逆坡 31 的坡度 $\theta_{\text{逆}}$ 范围为 $3^\circ \sim 5^\circ$,分别取 $\theta_{\text{逆}}$ 为 3° 、 4° 和 5° 分别进行计算模拟,根据底面泥沙沉降率确定逆坡坡度 $\theta_{\text{逆}}$ 的最优取值区间。

[0040] 第三步:对稳流消能段 1 和静水沉沙段 3 整体进行逐级计算模拟。分别在稳流消能段 1 的调流齿 11 最优数目 $n_{\text{调}}$ 、间距(同侧) $s_{\text{调}}$ 、其与水流前进方向夹角 $\theta_{\text{调}}$ 的最优取值区间和静水沉沙段 3 的宽深比 $\alpha_{\text{静}}$ 、涡管 33 的相关参数、斜板的拱形高度 $h_{\text{斜}}$ 、斜板的拱形坡度 $r_{\text{斜}}$ 及底面逆坡坡度 $\theta_{\text{逆}}$ 的最优取值区间内各选出多个值,组成多组设计参数进行计算模拟,根据泥沙沉降率和工程所需精度等,最终确定稳流消能段 1 和静水沉沙段 3 各结构的最优设计参数。

[0041] 4) 如图 3 ~ 6 所示,分别对现有技术中的沉沙池整体结构和采用本发明优化后的沉沙池整体结构进行模拟,得到优化前后的流速场、相体积分布等参数变化情况,通过对比现有技术和采用本发明优化后的静水沉沙段出口处沙相体积分数,确定本发明沉沙池内

泥沙沉降效率的提高。

[0042] 下面以河套灌区某灌溉面积引黄滴灌用沉沙池为例,具体说明沉沙池结构优化的设计步骤:

[0043] 如图 1 和图 2 所示,根据经验,设置沉沙池模型,该模型的稳流消能段长度为 4m,宽度为 1m,内部调流齿的长度 $L_{调}$ 设置为稳流消能段宽度的 1/2,调流齿的数目 $n_{调}$ 一般在 16 个以内,两侧交替间隔均匀分布,同侧相邻两个调流齿之间的间距 $s_{调}$ 取值范围为 $L_{调} \sim 2L_{调}$,调流齿与水流前进方向的夹角 $\theta_{调}$ 的取值范围为 $65^\circ \sim 75^\circ$ 。

[0044] 静水沉沙段的长度为 6m,宽度为 3m。逆坡的坡度 $\theta_{逆}$ 范围为 $3^\circ \sim 5^\circ$ 。斜板的拱形高度 $h_{斜}$ 范围为 0.1m \sim 0.3m,斜板的拱形坡度 $r_{斜}$ 范围为 1:1 \sim 1:2。水流沙相体积分数超过平均含沙量的 30% 处设置有若干涡管,涡管的直径 $D_{涡}$ 由经验公式 $D_{涡} = (1/5 \sim 1/3) h_{静}$ 确定,式中 $h_{静}$ 为静水沉沙段内的水深。根据 $b_{涡} = D_{涡} \sin(\beta_{涡}/2)$ 确定涡管顶部的开口宽度,其中 $\beta_{涡} = 60^\circ \sim 90^\circ$ 。

[0045] 然后,利用计算流体力学(CFD)技术的灵活性及可视化优势,通过对沉沙池重要部位(稳流消能段和静水沉沙段)进行分步数值模拟,逐级选择所提出沉沙池结构的最优设计参数。具体操作步骤如下:

[0046] (1) 基于提出的沉沙池模型,建立微灌沉沙池分步结构模型,具体为分别建立稳流消能段、静水沉沙段和所提出沉沙池整体的模型。对模型进行网格划分和设置计算域的边界条件。采用针对用户的虚拟产品设计和工艺设计 UG NX6.0 软件创建沉沙池分段三维模型,采用 CFD 前处理软件 GAMBIT 对整模型进行网格划分,网格采用 Hex/Wedge 形式,对物理边界变化较大区域,如取水槽等部分进行网格加密。入口采用速度入口,水相速度设置为 1.5m/s,沙相速度设置为 1.0m/s,出口设置为压力出口。

[0047] (2) 应用 CFD 商用软件 FLUENT 软件,采用两相流模型对步骤(1)中所建各模型分步进行逐级计算求解,逐级计算选择最优结构参数。沉沙池内部流体流动可视为典型的粘性不可压缩流动,满足连续方程和动量方程,采用欧拉模型对沉沙池内水沙两相流动进行求解。考虑沙相的粒径及表面黏度对两相流动的影响,颗粒粒径设置为 $5 \times 10^{-5}m$,颗粒动力黏度设置为 $1.003 \times 10^{-3}kg/m \cdot s$ 。沉沙池水面表层设置为无剪切力的自由表面,其余壁面设置为无滑移壁面条件,采用标准壁面函数来求解近壁面区域的流动。湍流模型采用标准 $k-\epsilon$ 模型,采用非定长耦合隐式计算方法,压力项为二阶迎风格式,采用 SIMPLE 算法实现压力速度耦合。具体为按照以下四步进行求解:

[0048] 第一步:对稳流消能段模型进行逐级计算求解。如图 3 所示,在稳流消能段内未增设调流齿时,水流流经稳流消能段后,其流速整体介于 0.8m/s \sim 1.5m/s 间,较初始状态未发生显著变化,泥沙仍处于积极运动状态,不利于泥沙的沉降。如图 4 所示,稳流消能段内部增设调流齿后,水流流经调流齿时,主流区流速较高部分直接冲顶在调流齿迎水面,并沿调流齿多次换向流动,水流动能急剧减小,调节水流流态,提高流体均匀度。以调流齿的根部无泥沙淤积且静水沉沙段的出口流量满足灌区所需灌溉用水量,即 $213.65m^3/s$ 为调流齿最优布置形式评判标准,对调流齿的各项结构参数进行逐级模拟选择。调流齿长度 $L_{调}$ 设定为稳流消能段宽度的 1/2,即 0.5m,其他参数设定:①调流齿数目 $n_{调}$,在 16 个以内(两侧均匀分布),初次模拟可取 $\theta_{调} = 6$ 个、12 个和 18 个分别进行模拟。基于模拟结果,依据上述调流齿最优布置形式评判标准确定 $n_{调}$ 的最优取值区间为 6 \sim 12 个;②同侧相邻两个调流齿

之间的间距 $s_{调}$ 的取值范围为 $L_{调} \sim 2L_{调}$, 即 0.5m ~ 1m 间, 初次模拟取 $s_{调}=0.5m$ 、0.75m 和 1m 分别进行模拟。基于模拟结果, 依据上述调流齿最优布置形式评判标准, 确定 $s_{调}$ 的最优取值区间为 0.5m ~ 0.75m; ③调流齿与水流前进方向的夹角 $\theta_{调}$ 的取值范围为 $65^\circ \sim 75^\circ$, 初次模拟可取 $\theta_{调}=65^\circ$ 、 70° 和 75° 分别进行模拟。基于模拟结果, 依据上述调流齿最优布置形式评判标准, 确定 $\theta_{调}$ 的最优取值区间为 $70^\circ \sim 75^\circ$ 。

[0049] 通过对以上各项参数的逐级选择, 确定调流齿最优数目 $\theta_{调}$ 最优取值区间为 6 ~ 12 个、间距(同侧) $s_{调}$ 的最优取值区间为 0.5m ~ 0.75m 和调流齿与水流前进方向夹角 $\theta_{调}$ 的最优取值区间为 $70^\circ \sim 75^\circ$ 。

[0050] 第二步: 对静水沉沙段进行逐级计算模拟。首先, 静水沉沙段的长度 $L_{静}$ 设置为最开始所提出的长度的 2 倍, 即 $L_{静}=12m$ 进行计算模拟。分析模拟结果可知, 在距静水沉沙段入口 $0.7L_{静}$, 即 8.4m 断面处, 沙相含量小于 200mg/L, 可认为此时泥沙沉积较完全, 即此断面为静水沉沙段的终断面, 得到静水沉沙段的最优长度 $L_{静优}=8.4m$ 。根据河套灌区某灌溉面积的实际情况, 静水沉沙段内的所需水深 $h_{静}$ 为 3m, 确定静水沉沙段深度 $H_{静}$ 为 3.5m, 宽深比 $\alpha_{静}$ 介于 0.5 ~ 1.5 间, 分别取 0.5、1.0 和 1.5 进行计算模拟, 根据泥沙沉降率确定宽深比的最优取值区间为 0.5 ~ 1.0。然后, 静水沉沙段的长度设置为 8.4m, 选取最优取值区间内的宽深比 0.8, 取水槽均匀布设在段尾, 采用梯形取水口进行模拟。分析静水沉沙段底面泥沙沉降较多位置及取水槽等相关结构参数对泥沙沉降效率的影响, 并增设优化结构, 具体为: ①底面泥沙沉降处水流沙相体积分数大于平均含沙量的 30% 处增设涡管, 并在涡管出口处设置副池。由图 5 可知, 在距静水沉沙段入口 $0.25L_{静优}=2.1m$ 和 $0.75L_{静优}=6.3m$ 处底面水流沙相体积分数分别为 4.03% 和 4.06%, 均大于平均含沙量的 30%, 即 4%, 故分别在这两处增设涡管。当沉降的泥沙运动至涡管处, 绝大部分泥沙随渠底水流进入涡管, 入管泥沙在管内螺旋流的作用下被卷扬, 当螺旋流达到一定强度, 呈悬移状态的泥沙随螺旋流带至副池。待副池泥沙自然沉降后, 将泥沙取做他用。涡管的直径 $D_{涡}$ 由经验公式 $D_{涡} = (1/5 \sim 1/3) h_{静}$ 确定, 式中 $h_{静}$ 为静水沉沙段 3 内的所需水深, 即 3m。根据 $b_{涡} = D_{涡} \sin(\beta_{涡}/2)$ 确定涡管 33 顶部条形口的开口宽度, 其中 $\beta_{涡}=60^\circ \sim 90^\circ$ 。分别取 $D_{涡}=1m$ 、0.75m 和 0.6m 进行计算模拟, 根据泥沙排除效果确定涡管直径的最优取值区间为 0.75m ~ 1m。分别取 $\beta_{涡}$ 为 60° 、 75° 和 90° 进行计算模拟, 根据泥沙排除效果确定 $\beta_{涡}$ 的最优取值区间为 $60^\circ \sim 75^\circ$; ②斜板的拱形高度 $h_{斜}$ 范围为 0.1m ~ 0.3m, 分别取 $h_{斜}$ 为 0.1m、0.2m 和 0.3m 进行计算模拟, 根据斜板间泥沙沉降率确定斜板高度的最优取值区间为 0.2m ~ 0.3m。斜板的拱形坡度 $r_{斜}$ 范围为 1:1 ~ 1:2。相邻两斜板间分别构建为一个小型沉沙池, 此结构较好改善颗粒沉降过程中的水利条件, 增加泥沙沉降面积并加速泥沙沉降。底坡设置为逆坡, 逆坡的坡度 $\theta_{逆}$ 范围为 $3^\circ \sim 5^\circ$, 分别取 $\theta_{逆}$ 为 3° 、 4° 和 5° 分别进行计算模拟, 根据底面泥沙沉降率确定逆坡坡度的最优取值区间为 $3^\circ \sim 4^\circ$, 此设计可加速泥沙沉降, 并在占地面积不变条件下, 增加了泥沙沉降距离。

[0051] 第三步: 对稳流消能段和静水沉沙段整体进行逐级计算模拟。分别在稳流消能段调流齿最优数目 $n_{调}$ 、间距(同侧) $s_{调}$ 、其与水流前进方向夹角 $\theta_{调}$ 的最优取值区间和静水沉沙段的宽深比 $\alpha_{静}$ 、涡管的相关参数、斜板的拱形高度 $h_{斜}$ 、斜板的拱形坡度 $r_{斜}$ 及底面逆坡坡度 $\theta_{逆}$ 的最优取值区间内各选出六个值, 组成六组设计参数进行模拟, 具体为: ① $n_{调}=6$, $s_{调}=0.5m$, $\theta_{调}=70^\circ$, $\alpha_{静}=0.5$, $D_{涡}=0.75m$, $\beta_{涡}=60^\circ$, $h_{斜}=0.20m$, $r_{斜}=1:1$, $\theta_{逆}=3.0^\circ$;

② $n_{调}=7, s_{调}=0.55m, \theta_{调}=71^\circ, \alpha_{静}=0.6, D_{涡}=0.80m, \beta_{涡}=61^\circ, h_{斜}=0.22m, r_{斜}=1:1.2, \theta_{逆}=3.2^\circ$; ③ $n_{调}=8, s_{调}=0.6m, \theta_{调}=72^\circ, \alpha_{静}=0.7, D_{涡}=0.85m, \beta_{涡}=62^\circ, h_{斜}=0.24m, r_{斜}=1:1.4, \theta_{逆}=3.4^\circ$; ④ $n_{调}=9, s_{调}=0.65m, \theta_{调}=73^\circ, \alpha_{静}=0.8, D_{涡}=0.90m, \beta_{涡}=63^\circ, h_{斜}=0.26m, r_{斜}=1:1.6, \theta_{逆}=3.6^\circ$; ⑤ $n_{调}=10, s_{调}=0.7m, \theta_{调}=74^\circ, \alpha_{静}=0.9, D_{涡}=0.95m, \beta_{涡}=64^\circ, h_{斜}=0.28m, r_{斜}=1:1.8, \theta_{逆}=3.8^\circ$; ⑥ $n_{调}=11, s_{调}=0.75m, \theta_{调}=75^\circ, \alpha_{静}=1.0, D_{涡}=1.0m, \beta_{涡}=65^\circ, h_{斜}=0.30m, r_{斜}=1:2, \theta_{逆}=4.0^\circ$ 。根据泥沙沉降率等最终确定稳流消能段和静水沉沙段的最优设计参数为第五组参数,即⑤ $n_{调}=10, s_{调}=0.7m, \theta_{调}=74^\circ, \alpha_{静}=0.9, D_{涡}=0.95m, \beta_{涡}=64^\circ, h_{斜}=0.28m, r_{斜}=1:1.8, \theta_{逆}=3.8^\circ$ 。则得到沉沙池各部分结构的最优参数如下:

[0052] 沉沙池稳流消能段长度为 4.0m,宽度为 1.0m,调流齿与来水方向夹角为 74° ,调流齿长度设定为 0.5m,同侧相邻两个调流齿的间距为 0.7m,调流齿数目为 10 个(两侧均匀分布);沉沙池静水沉沙段长度设定为 8.4m,宽深比为 0.9,深度为 3.5m,则宽度为 3.6m。在静水沉沙段距入口 2.1m 和 6.3m 处两侧分别设置涡管。涡管直径为 0.95m,由于 $\beta_{涡}=64^\circ$ 时沉沙效果最好,故涡管开口宽度 $b_{涡}=0.95 \times \sin 32^\circ = 0.5m$,涡管与水流前进方向之间的夹角设定为 60° 。副池的长度设定为 1m,宽为 0.5m。取水槽数目设定为 4 个,槽深设定为 0.1m,槽长为 1m,取水口采用梯形取水口。静水沉沙段底面逆坡坡度设置为 3.8° ,底面斜板高度设定为 0.28m,坡度设定为 1:1.8。经过优化,出口处沙相体积分数由 3.53% 降至 1.94%,泥沙沉降效率提高。

[0053] (3) 分别对所提出沉沙池锥形整体结构和优化后沉沙池整体结构进行模拟,得到优化前后的流速场、相体积分布等参数变化情况,通过对比优化前后静水沉沙段出口处沙相体积分数,确定沉沙池内泥沙沉降效率的提高。对比图 5 和图 6 可知,经过优化,出口处沙相体积分数由 3.53% 降至 1.94%,泥沙沉降效率提高;原静水沉沙段泥沙淤积最多位置的沙相体积分数由 4.06 降至 1.98%,且静水沉沙段底面泥沙沉积处沙相体积分数较未设置涡管时大幅减少,可见泥沙被有效排入副池,泥沙回用率提高。

[0054] 综上所述,应用本发明设计方法得到的引黄滴灌用沉沙池最佳设计参数如下:

[0055] 沉沙池稳流消能段长度为 4.0m,宽度为 1.0m,调流齿与来水方向夹角为 74° ,调流齿长度设定为 0.5m,同侧相邻两个调流齿的间距为 0.7m,调流齿数目为 10 个(两侧均匀分布);沉沙池静水沉沙段长度设定为 8.4m,宽深比为 0.9,深度为 3.5m,则宽度为 3.15m。在静水沉沙段距入口 2.1m 和 6.3m 处两侧分别设置涡管。涡管直径 $D_{涡}$ 为 0.95m,由于 $\beta_{涡}=64^\circ$ 时沉沙效果最好,故涡管开口宽度 $b_{涡}=0.95 \times \sin 32^\circ = 0.5m$,涡管与水流前进方向之间的夹角设定为 60° 。副池的长度设定为 1m,宽为 0.5m。取水槽数目设定为 4 个,槽深设定为 0.1m,槽长为 1m,取水口采用梯形取水口。静水沉沙段底面逆坡坡度设置为 3.8° ,底面斜板高度设定为 0.28m,坡度设定为 1:1.8。经过优化,出口处沙相体积分数由 3.53% 降至 1.94%,泥沙沉降效率提高。

[0056] 上述各实施例仅用于说明本发明,其中各部件的结构、连接方式、参数选择等都是可以有所变化的,凡是在本发明技术方案的基础上进行的等同变换和改进,均不应排除在本发明的保护范围之外。

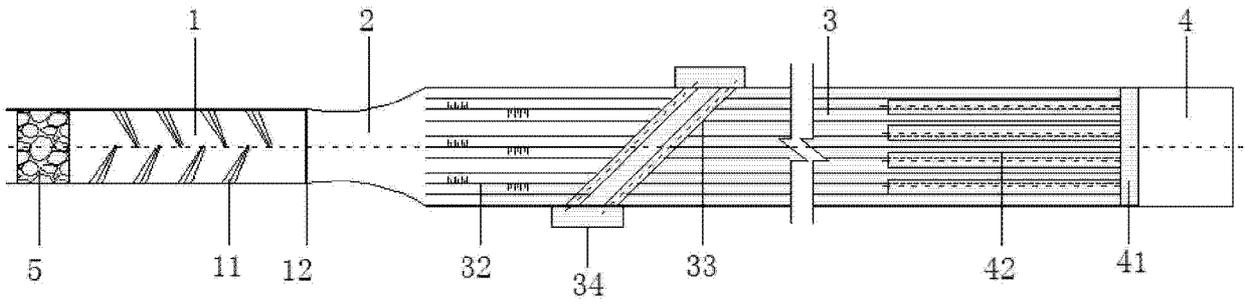


图 1

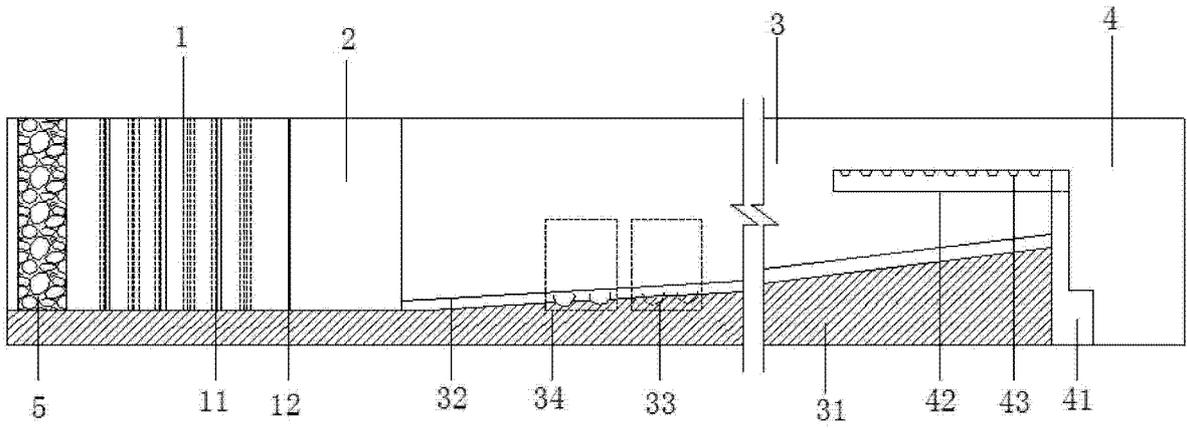


图 2

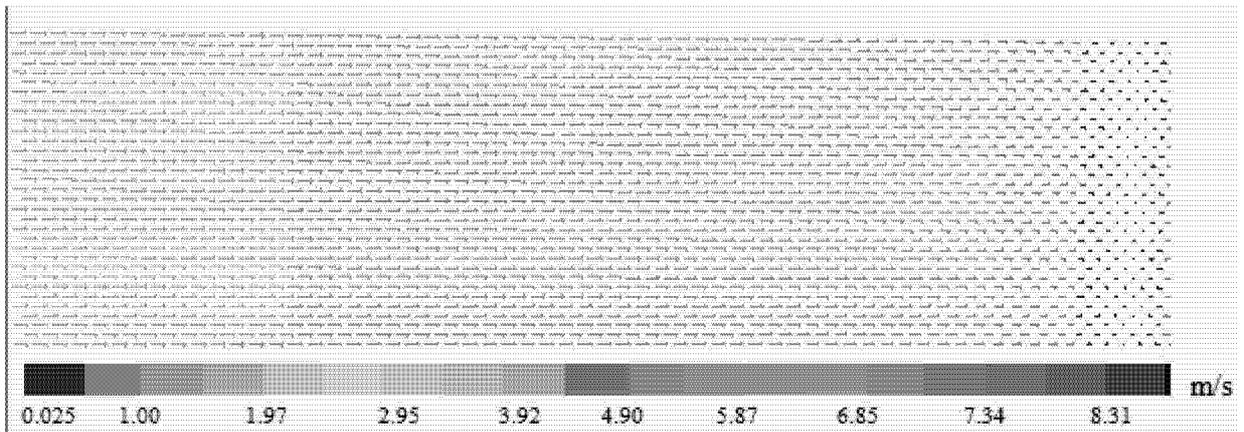


图 3

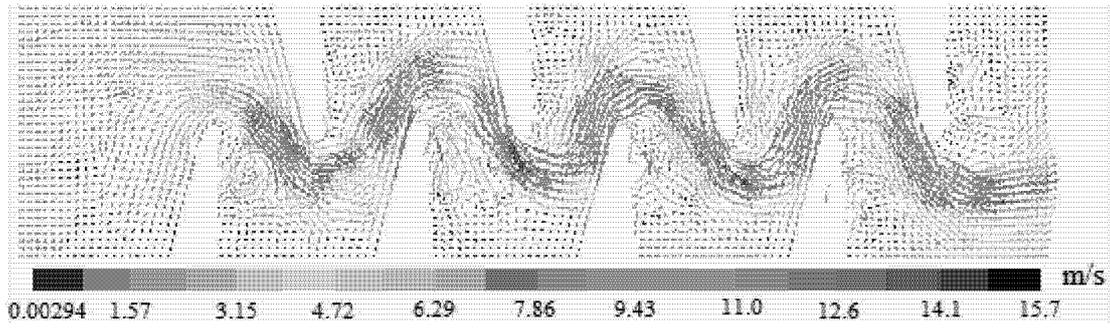


图 4

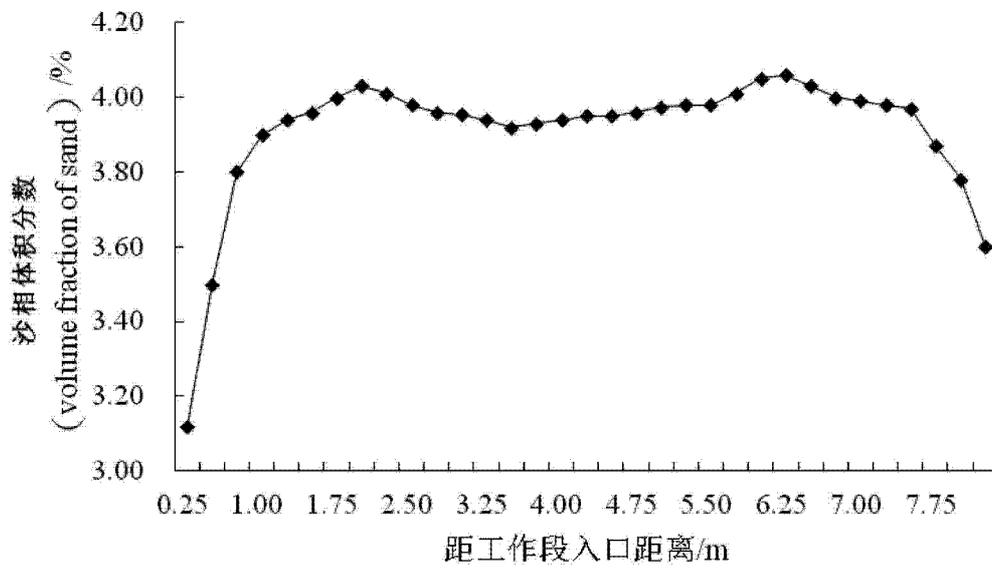


图 5

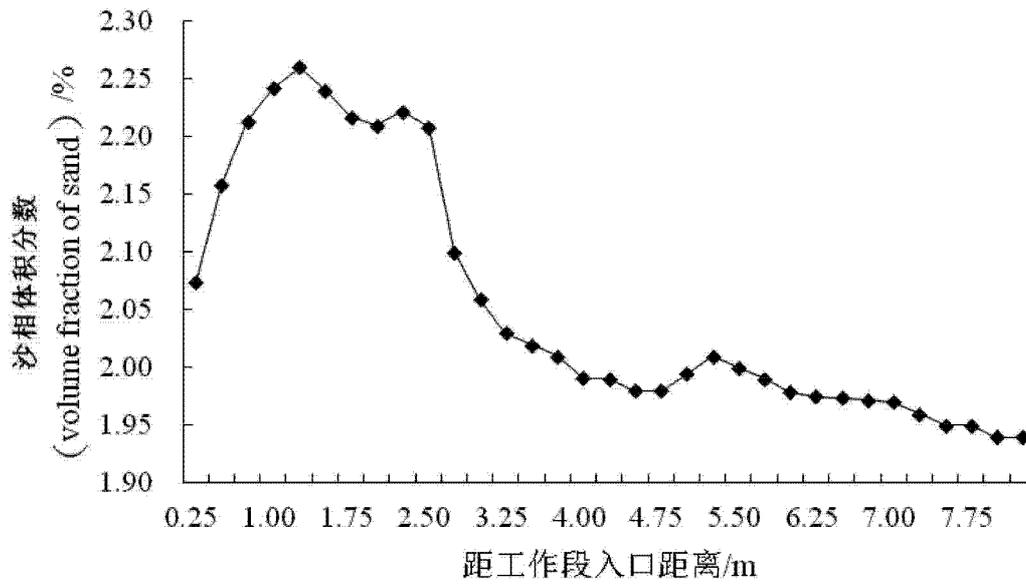


图 6