



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109323967 A

(43)申请公布日 2019.02.12

(21)申请号 201811093839.9

(22)申请日 2018.09.19

(71)申请人 河海大学

地址 211106 江苏省南京市江宁开发区佛城西路8号

(72)发明人 陈俊 周政 殷小晶

(74)专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限公司 32224

代理人 董建林 祝蓉蓉

(51)Int.Cl.

G01N 15/04(2006.01)

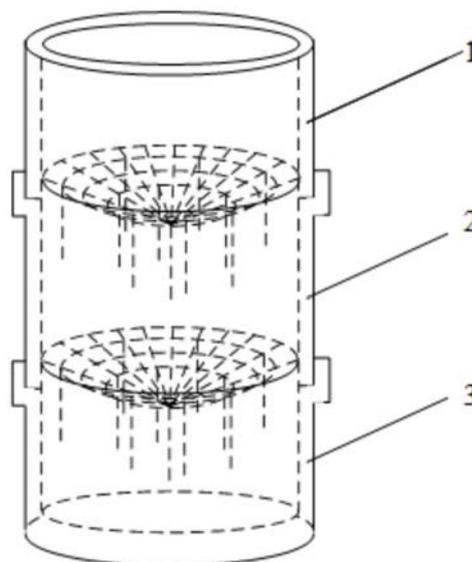
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置及其应用方法

(57)摘要

本发明公开一种多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置及其应用方法,测试装置包括依次相连的上、中、下三层无顶盖的圆筒;上层圆筒和中层圆筒的底部均为倒三角锥体的网片,所述网片的下侧竖直焊接有竖针;下层圆筒的底部为实心底盘。本发明多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置,能够模拟新拌多孔水泥混凝土中水泥浆在重力作用下沿孔隙和集料壁下渗的过程,并定量计算出水泥浆下沉率,实现水泥浆用量与水泥浆下沉率关系的建立,再建立水泥浆下沉率与渗透系数衰减率的关系,实现水泥浆用量与渗透系数衰减率的联系,通过对渗透系数衰减率的限制,反推适宜的水泥浆用量,以保证水泥浆不会过多下沉,保障多孔水泥混凝土具有良好的渗透系数。



1. 一种多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置,其特征在于,包括依次相连的上、中、下三层无顶盖的圆筒;上层圆筒和中层圆筒的底部均为倒三角锥体的网片,所述网片的下侧竖直焊接有竖针;下层圆筒的底部为实心底盘。

2. 根据权利要求1所述的多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置,其特征在于,所述圆筒、网片和竖针均为钢制材料。

3. 根据权利要求1所述的多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置,其特征在于,所述网片的网孔尺寸不大于2.3mm。

4. 根据权利要求1所述的多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置,其特征在于,所述上层圆筒和中层圆筒的网片分别焊接有十一根竖针,所述竖针布设在所述上层圆筒和中层圆筒的网片的网孔交点处。

5. 权利要求1~4任一所述的多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置的应用方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 采用多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置,选取某一固定水泥浆用量的多孔水泥混凝土,测量该多孔水泥混凝土在拌和后的不同时刻下含水泥混凝土的三层圆筒的质量,计算水泥浆下沉率;

(2) 按照步骤(1)的方式和条件,计算不同水泥浆用量下多孔水泥混凝土的水泥浆下沉率,建立水泥浆用量—水泥浆下沉率的关系;

(3) 根据步骤(2)计算的不同水泥浆用量下多孔水泥混凝土的水泥浆下沉率,建立水泥浆下沉率—渗透系数衰减率的关系;

(4) 建立水泥浆用量—水泥浆下沉率—渗透系数衰减率的关系;

(5) 以渗透系数衰变率不大于10%为标准,获得水泥浆用量的适宜值。

6. 根据权利要求5所述的多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置的应用方法,其特征在于,步骤(1)具体为:

S1. 将拌合均匀的某一固定水泥浆用量的多孔水泥混凝土分为质量相等的三份,分离水泥浆下沉率测试装置的三层圆筒,在下层圆筒内倒入第一份水泥混凝土,并加盖中层圆筒,使中层圆筒网片的竖针插入下层圆筒内的水泥混凝土中,在中层圆筒内倒入第二份水泥混凝土,并加盖上层圆筒,使上层圆筒网片的竖针插入中层圆筒内的水泥混凝土中,再在上层圆筒中倒入第三份水泥混凝土;

S2. 待测试装置放置一定时间后,分离三层圆筒,并立即称量各层圆筒与其内水泥混凝土的共同质量,然后立即重新装配好测试装置;

S3. 重复步骤S2四次,得到多孔水泥混凝土拌和后不同时刻下的含水泥混凝土的上、中、下三层圆筒质量;

S4. 选取第一次和第五次称取的质量,计算含水泥混凝土的上、中、下三层圆筒质量的变化量 $\Delta m_{上}$ 、 $\Delta m_{中}$ 和 $\Delta m_{下}$ ,再计算得到水泥浆下沉率 $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{|\Delta m_{上}| + |\Delta m_{中}| + \Delta m_{下}}{M} \times 100\%;$$

其中,M为多孔水泥混凝土的总质量。

7. 根据权利要求5所述的多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置的应用方法,其特征在于,步骤(3)具体为:

P1. 取某一固定水泥浆用量的第一多孔水泥混凝土, 制备成固定直径、高度的第一试件, 并按照步骤(1)计算出第一多孔水泥混凝土的水泥浆下沉率 $\alpha_1$ ;

P2. 另取第二多孔水泥混凝土, 在其他原料用量相同的基础上使其水泥浆用量比第一多孔水泥混凝土增加 $\alpha_1$ , 制备成与第一试件直径、高度相同的第二试件;

P3. 测试第一试件和第二试件的渗透系数 $\kappa_1$ 和 $\kappa_2$ , 计算第二试件与第一试件相比的渗透系数衰减率 $\beta$ :

$$\beta = \frac{\kappa_1 - \kappa_2}{\kappa_1} \times 100\%;$$

建立水泥浆下沉率—渗透系数衰减率的关系。

## 多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置及其应用方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于水泥混凝土材料组成设计领域,具体是多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置及其应用方法。

### 背景技术

[0002] 随着海绵城市建设的不断推进,具有吸水、蓄水、排水等功能的海绵道路迎来了快速发展阶段。目前,海绵道路的路面主要有多孔排水型的沥青路面和水泥路面两种形式供选择,在这两种多孔排水路面中,多孔水泥路面的建设成本相对较低,对原材料的选择相对宽松,对施工技术和质量控制的要求也相对较低,不仅如此,多孔水泥路面还能有效避免沥青路面高温稳定性差、老化速度快等缺陷。因此,相比于多孔沥青路面,多孔排水型水泥路面具有特有的优势,也将成为海绵城市建设中常用的道路路面形式。

[0003] 作为排水沥青路面建设的关键,多孔排水型沥青混凝土的组成设计方法、质量控制标准等等已经进行了大量研究,目前《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2017)对多孔沥青混凝土的原材料技术要求、配合比(组成)设计方法、性能要求等均有详细的规定的说明。但是,作为排水水泥路面的关键——多孔水泥混凝土,在原材料选择、组成设计等方面还没有形成统一的标准,工程人员主要参考普通水泥混凝土和多孔沥青混凝土进行设计,这不仅导致了多孔水泥混凝土选材和设计的随意性,而且造成了多孔水泥路面建成后,其排水、降噪等性能得不到有效保障,或者上述性能不能持久维持。因此,道路工程技术人员亟待解决多孔水泥混凝土组成设计方法缺失的问题。

[0004] 在多孔水泥混凝土组成设计时,主要涉及到集料级配、水灰比和水泥浆用量三个方面。多孔水泥混凝土的级配要求比较宽泛,主要采用单一粒径,或两、三档粗集料组成,级配设计不是混凝土组成设计的关键。多孔水泥混凝土中合理的水灰比,可以根据水灰比与混凝土强度、收缩等性能的关系加以确定,这与普通水泥混凝土、水泥稳定碎石中水灰比的确定类似。与级配和水灰比不同,水泥浆体用量是多孔水泥混凝土设计的关键,因为正常范围内水泥浆越多,水泥混凝土的流动性和粘聚性越好,但水泥浆过多,在新拌混凝土成型或多孔路面摊铺碾压过程中,水泥浆会沿孔隙下沉,造成下部的多孔混凝土孔隙被水泥浆堵塞,导致多孔水泥混凝土层下部的空隙率较小,影响多孔路面整体的渗透系数。因此,多孔水泥混凝土组成设计的核心是在考虑水泥浆下沉基础上确定适宜的水泥浆体用量,在此方面,目前没有成熟的测试装置和相应的方法。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是针对现有技术存在的问题,提供一种多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置。

[0006] 本发明的另一目的在于提供上述测试装置的应用方法,用以确定适宜的水泥浆量。

[0007] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0008] 一种多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置,包括依次相连的上、中、下三层无顶盖的圆筒;上层圆筒和中层圆筒的底部均为倒三角锥体的网片,所述网片的下侧竖直焊接有竖针;下层圆筒的底部为实心底盘。

[0009] 使用本发明测试装置时,将等质量的三份多孔水泥混凝土分别装入三层圆筒,能够模拟新拌多孔水泥混凝土中水泥浆在重力作用下沿孔隙和集料壁下渗的过程;通过本发明测试装置,能定量地测试水泥浆的下沉率,实现水泥浆用量与水泥浆下沉率关系的建立。此外,为了使下沉的水泥浆能快速导入下层,必须对上层和中层圆筒内下沉的水泥浆进行快速疏导,因此设置了竖针对水泥浆进行疏导。

[0010] 进一步的,所述圆筒、网片和竖针均为钢制材料。

[0011] 进一步的,所述网片的网孔尺寸不大于2.3mm,以保证装入上层圆筒和中层圆筒中的水泥混凝土粗集料颗粒不会落入下层。

[0012] 进一步的,所述上层圆筒和中层圆筒的网片分别焊接有十一根竖针,所述竖针布设在所述上层圆筒和中层圆筒的网片的网孔交点处。

[0013] 上述多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置的应用方法,包括以下步骤:

[0014] (1) 采用多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置,选取某一固定水泥浆用量的多孔水泥混凝土,测量该多孔水泥混凝土在拌和后的不同时刻下含水泥混凝土的三层圆筒的质量,计算水泥浆下沉率;

[0015] (2) 按照步骤(1)的方式和条件,计算不同水泥浆用量下多孔水泥混凝土的水泥浆下沉率,建立水泥浆用量—水泥浆下沉率的关系;

[0016] (3) 根据步骤(2)计算的不同水泥浆用量下多孔水泥混凝土的水泥浆下沉率,建立水泥浆下沉率—渗透系数衰减率的关系;

[0017] (4) 建立水泥浆用量—水泥浆下沉率—渗透系数衰减率的关系;

[0018] (5) 以渗透系数衰变率不大于10%为标准,获得水泥浆用量的适宜值。

[0019] 本发明通过测试不同水泥浆用量下多孔水泥混凝土的水泥浆下沉率,建立水泥浆用量—水泥浆下沉率的关系,然后测试因水泥浆下沉导致的渗透系数衰减率,建立水泥浆下沉率—渗透系数衰减率的关系,然后进一步建立水泥浆用量—水泥浆下沉率—渗透系数衰减率的关系,以控制渗透系数衰减率为目标,提出适宜的水泥浆用量,以保证水泥浆不会过多下沉,保障多孔水泥混凝土具有良好的渗透系数。

[0020] 进一步的,步骤(1)具体为:

[0021] S1. 将拌合均匀的某一固定水泥浆用量的多孔水泥混凝土分为质量相同的三份,分离水泥浆下沉率测试装置的三层圆筒,在下层圆筒内倒入第一份水泥混凝土,并加盖中层圆筒,使中层圆筒网片的竖针插入下层圆筒内的水泥混凝土中,在中层圆筒内倒入第二份水泥混凝土,并加盖上层圆筒,使上层圆筒网片的竖针插入中层圆筒内的水泥混凝土中,再在上层圆筒中倒入第三份水泥混凝土;

[0022] S2. 待测试装置放置一定时间后,分离三层圆筒,并立即称量各层圆筒与其内水泥混凝土的共同质量,然后立即重新装配好测试装置;

[0023] S3. 重复步骤S2四次,得到多孔水泥混凝土拌和后不同时刻下含水泥混凝土的上、中、下三层圆筒质量;

[0024] S4. 选取第一次和第五次称取的质量,计算含水泥混凝土的上、中、下三层圆筒质

量的变化量  $\Delta m_{上}$ 、 $\Delta m_{中}$ 和  $\Delta m_{下}$ ，再计算得到水泥浆下沉率 $\alpha$ ：

$$[0025] \quad \alpha = \frac{|\Delta m_{上}| + |\Delta m_{中}| + \Delta m_{下}}{M} \times 100\%;$$

[0026] 其中，M为多孔水泥混凝土的总质量。

[0027] 本发明方法选取了五个点进行称重，防止因混凝土集料接触、钢针插入密实等原因，引起个别点数据变动大，造成测试的不准确，当各个点数据差异不大时，则选取第一个和第五个点进行计算。

[0028] 进一步的，步骤(3)具体为：

[0029] P1. 取某一固定水泥浆用量的第一多孔水泥混凝土，制备成固定直径、高度的第一试件，并按照步骤(1)计算出第一多孔水泥混凝土的水泥浆下沉率 $\alpha_1$ ；

[0030] P2. 另取第二多孔水泥混凝土，在其他原料用量相同的基础上使其水泥浆用量比第一多孔水泥混凝土增加 $\alpha_1$ ，制备成与第一试件直径、高度相同的第二试件；

[0031] P3. 测试第一试件和第二试件的渗透系数 $\kappa_1$ 和 $\kappa_2$ ，计算第二试件与第一试件相比的渗透系数衰减率 $\beta$ ：

$$[0032] \quad \beta = \frac{\kappa_1 - \kappa_2}{\kappa_1} \times 100\%;$$

[0033] 建立水泥浆下沉率—渗透系数衰减率的关系。

[0034] 与现有技术相比，本发明的有益效果是：

[0035] 1、本发明多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置，能够模拟新拌多孔水泥混凝土中水泥浆在重力作用下沿孔隙和集料壁下渗的过程，并定量计算出水泥浆下沉率，为判断多孔水泥混凝土中水泥浆是否下沉提供判断依据，实现水泥浆用量与水泥浆下沉率关系的建立。

[0036] 2、本发明通过测试水泥浆下沉后混凝土的渗透系数，建立水泥浆下沉率与渗透系数衰减率的关系，实现水泥浆用量与渗透系数衰减率的联系，通过对渗透系数衰减率的限制，反推适宜的水泥浆用量，以保证水泥浆不会过多下沉，保障多孔水泥混凝土具有良好的渗透系数。

## 附图说明

[0037] 图1为本发明水泥浆下沉率测试装置的分离结构示意图；

[0038] 图2为本发明水泥浆下沉率测试装置的安装后结构示意图；

[0039] 图3为本发明实施例多孔水泥混凝土水泥浆用量与水泥浆下沉率的关系曲线；

[0040] 图4为本发明实施例多孔水泥混凝土水泥浆下沉率与渗透系数衰减率的关系曲线；

[0041] 图中：1、上层圆筒；2、中层圆筒；3、下层圆筒；4、网片；5、竖针。

## 具体实施方式

[0042] 下面将结合本发明中的实施例，对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动条件下所获得的所有其它实施例，都属

于本发明保护的范围内。

#### [0043] 实施例

[0044] 如图1和图2所示,一种多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置,包括通过螺纹结构依次相连的上、中、下三层无顶盖的圆筒,三层圆筒均为内径100mm的钢制圆筒;上层圆筒1和中层圆筒2的底部均为倒三角锥体的网片4,所述网片4为网孔尺寸2.0mm的钢制网片,所述网片4的锥体高度为20mm,所述网片4的最低点到相应圆筒的筒顶高度为120mm;所述网片4的下侧竖直焊接有十一根竖针5,所述竖针5布设在所述上层圆筒1和中层圆筒2的网片4的网孔交点处,所述竖针5为长度50mm的钢针,所述钢针按竖向三层分布,最高层六根,中间层四根,锥底一根;下层圆筒3的底部为实心底盘,所述下层圆筒3的高度为100mm。

[0045] 使用本发明测试装置时,将等质量的三份多孔水泥混凝土分别装入三层圆筒,能够模拟新拌多孔水泥混凝土中水泥浆在重力作用下沿孔隙和集料壁下渗的过程;通过本发明测试装置,能定量地测试水泥浆的下沉率,实现水泥浆用量与水泥浆下沉率关系的建立。

[0046] 上述多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置的应用方法,包括以下步骤:

[0047] (1) 将拌合均匀的水泥浆用量为 $351\text{kg}/\text{m}^3$ 的多孔水泥混凝土分为质量相同的三份,每份为800g,则多孔水泥混凝土的总质量M为2400g,其集料颗粒级配组成为:5~10mm粒径颗粒为77%,10~16mm粒径颗粒为23%;旋松和分离水泥浆下沉率测试装置的三层圆筒,在下层圆筒3内倒入第一份水泥混凝土,并加盖和旋紧中层圆筒2,使中层圆筒2网片4的竖针5插入下层圆筒3内的水泥混凝土中,在中层圆筒2内倒入第二份水泥混凝土,并加盖和旋紧上层圆筒1,使上层圆筒1网片4的竖针5插入中层圆筒2内的水泥混凝土中,再在上层圆筒1中倒入第三份水泥混凝土,为了保证水分没有过多蒸发,混凝土的装入和装置的拧紧需在5min内完成;

[0048] (2) 待测试装置放置5min后,分离三层圆筒,并立即称量各层圆筒与其内水泥混凝土的共同质量,然后立即重新装配好测试装置;

[0049] (3) 重复步骤(2)共五次,即得到多孔水泥混凝土在拌和后5min、10min、15min、20min和25min时含水泥混凝土的上、中、下三层圆筒质量,见表1;

[0050] (4) 选取拌和后5min和25min的时刻,计算含水泥混凝土的上、中、下三层圆筒质量的变化量 $\Delta m_{\text{上}}=-50\text{g}$ 、 $\Delta m_{\text{中}}=17\text{g}$ 、 $\Delta m_{\text{下}}=33\text{g}$ ,根据公式计算得水泥浆下沉率 $\alpha=4.17\%$ 。

[0051] (5) 按上述方法,分别获得水泥浆用量为 $390\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $429\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $468\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $507\text{kg}/\text{m}^3$ 的多孔水泥混凝土的水泥浆下沉率,结果见表2和图3;

[0052] (6) 对水泥浆用量为 $351\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $390\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $429\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $468\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $507\text{kg}/\text{m}^3$ 的第一多孔水泥混凝土,分别制备直径为100mm、高度为63.5mm的第一试件;

[0053] (7) 另取第二多孔水泥混凝土,在其他原料用量相同的基础上使其水泥浆用量比对应的第一多孔水泥混凝土分别增加4.17%、5.63%、7.25%、11.2%和15.7%,分别制备直径为100mm、高度为63.5mm的第二试件;

[0054] (8) 用渗透系数仪测试第一试件和第二试件的渗透系数 $k_1$ 和 $k_2$ ,见表3,计算第二试件与第一试件相比的渗透系数衰减率 $\beta$ ,建立水泥浆下沉率—渗透系数衰减率的关系;

[0055] (9) 建立水泥浆用量—水泥浆下沉率—渗透系数衰减率的关系,得到图4曲线;

[0056] (10) 依据图4中水泥浆用量与渗透系数衰减率,以10%的渗透系数衰减率为标准,对应的水泥浆用量为 $425\text{kg}/\text{m}^3$ ,该水泥浆用量即是此种多孔水泥混凝土适宜的水泥浆用

量。

[0057] 表1不同时刻下三层圆筒质量

[0058]

时间 (min)	5	10	15	20	25
上层圆筒质量 (g)	1254	1243	1230	1214	1204
中层圆筒质量 (g)	1262	1265	1271	1273	1279
下层圆筒质量 (g)	1309	1317	1328	1336	1342

[0059] 表2不同水泥浆用量下的水泥浆下沉率

[0060]

水泥浆用量 (kg/m <sup>3</sup> )	351	390	429	468	507
下沉率 (%)	4.17	5.63	7.25	11.2	15.7

[0061] 表3不同水泥浆用量下的渗透系数

[0062]

水泥浆用量 (kg/m <sup>3</sup> )	351	390	429	468	507
第一试件渗透系数 $\kappa_1$ (mm/s)	2.17	1.97	1.76	1.43	1.17
第二试件渗透系数 $\kappa_2$ (mm/s)	2.08	1.86	1.55	1.23	0.76
渗透系数衰减率 $\beta$ (%)	4.1	5.6	11.9	14.0	35.0

[0063] 本发明多孔水泥混凝土水泥浆下沉率的测试装置,能够模拟新拌多孔水泥混凝土中水泥浆在重力作用下沿孔隙和集料壁下渗的过程,并定量计算出水泥浆下沉率,实现水泥浆用量与水泥浆下沉率关系的建立,再建立水泥浆下沉率与渗透系数衰减率的关系,实现水泥浆用量与渗透系数衰减率的联系,通过对渗透系数衰减率的限制,反推适宜的水泥浆用量,以保证水泥浆不会过多下沉,保障多孔水泥混凝土具有良好的渗透系数。

[0064] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

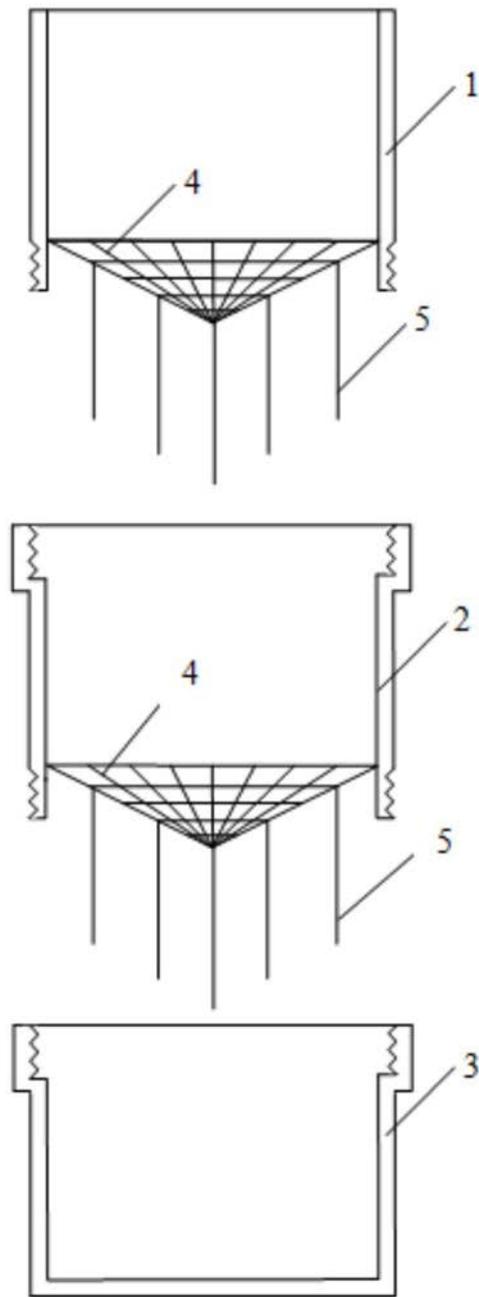


图1

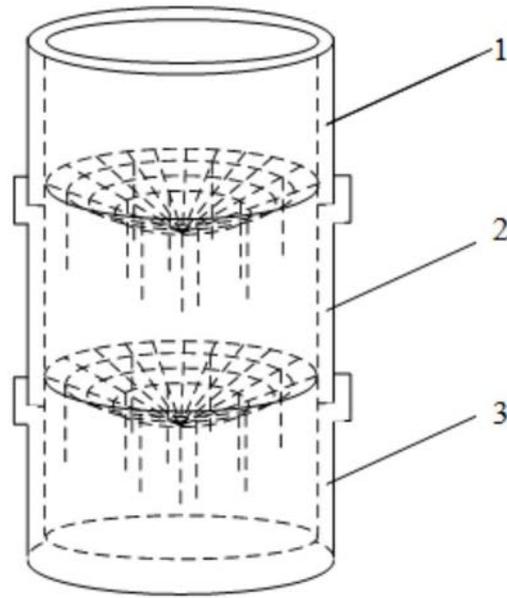


图2

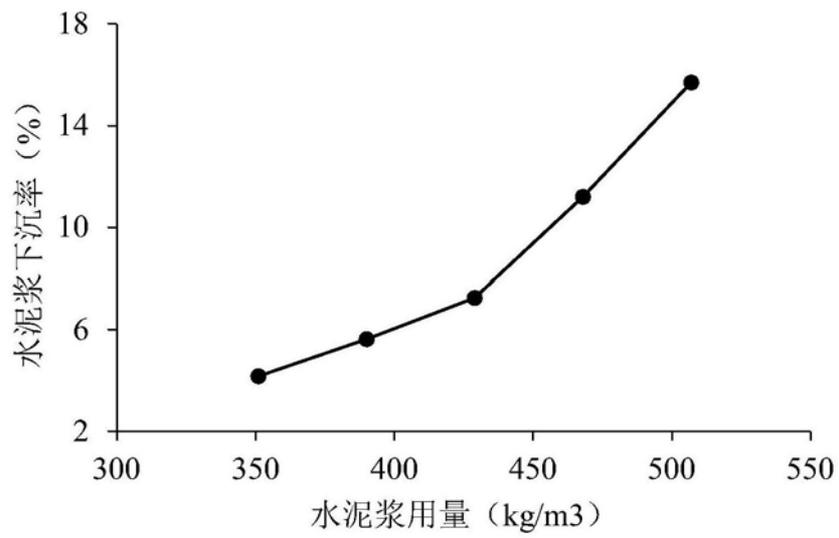


图3

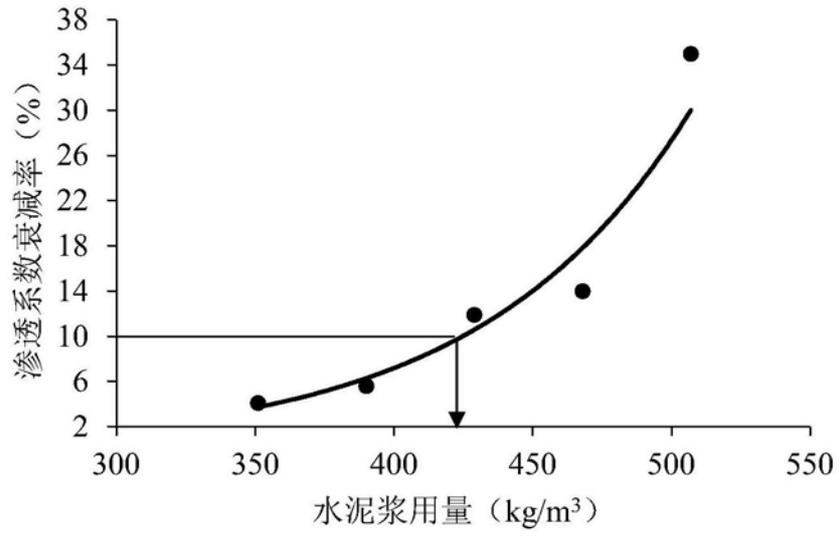


图4