(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109540227 B
(45)授权公告日 2020.06.30

(21)申请号 201811343976.3
(22)申请日 2018.11.13
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109540227 A
(43)申请公布日 2019.03.29
(73)专利权人 西北农林科技大学
地址 712100 陕西省西安市杨凌示范区邰城路3号
(72)发明人 王玉宝 杨娟 李鑫 王文娥
(74)专利代理机构 西安恒泰知识产权代理事务所 61216
代理人 史玫
(51)Int.Cl.
G01F 1/00(2006.01)
G01F 1/52(2006.01)

审查员 曹群

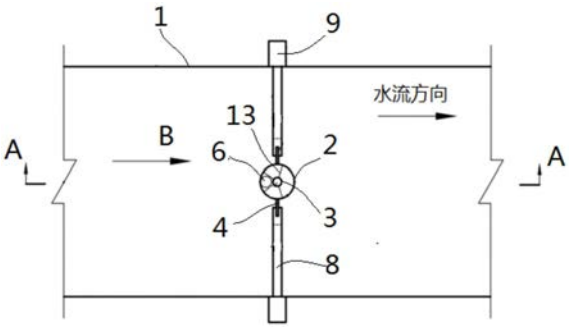
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种U形渠道流量测量装置及测量方法

(57)摘要

本发明公开了一种U形渠道流量测量装置及测量方法。所公开的装置包括测量筒，该测量筒内设有柱体，柱体与测量筒通过连接体固定连接；测量筒外壁上沿轴向开设有多个通孔，且多个通孔位于同一径向，柱体与测量筒内壁之间为积水区；测量筒外壁安装有板一和板二，板一和板二位于同一径向的两侧，多个通孔所位的径向与所述板一和板二所位的径向垂直。所公开的方法利用$Q = p(\frac{h}{B_c})^{\alpha_1}\varepsilon^{\alpha_2}i^{\alpha_3}B_c^{2.5}g^{0.5}$计算U形渠道流量。本发明中的量水柱两侧设置两板，在保证能够形成临界流的同时，有效缩减量水柱体积，并且柱内水深与驻点水深相等，测量柱内水深即可获得驻点水深。水深波动极小，方便测量并提高了精度。



CN 109540227 B

1.一种U形渠道流量测量装置,其特征在于,该测量装置包括测量筒,该测量筒内设有柱体,所述柱体与测量筒通过连接体固定连接;所述测量筒外壁上沿轴向开设有多个通孔,且所述多个通孔位于同一径向,所述柱体与测量筒内壁之间为积水区;所述测量筒外壁沿测量筒轴向安装有板一和板二,所述板一和板二位于同一径向的两侧,所述多个通孔所在的径向与所述板一和板二所位的径向垂直;

所述柱体包括内筒和固定杆,所述内筒与所述测量筒通过连接件连接,所述连接件位于柱体和测量筒的端部;

所述测量装置还包括水位测量传感器;

所述测量装置还包括安装装置,该安装装置包括两个安装杆和两个安装座,所述安装杆的一端设有安装槽,所述安装座用于安装杆的另一端,所述安装槽用于安装板一或板二。

2.如权利要求1所述的U形渠道流量测量装置,其特征在于,所述板一端部与一安装杆间连接有弹簧,所述板二与另一安装杆间安装有弹簧。

3.一种U形渠道流量测量方法,其特征在于,方法包括:利用式(1)计算U形渠道流量:

利用权利要求1所述的测量装置测量渠道内积水区的水深h和水深h对应的喉口宽度B_c,B_c=B-d,B为积水区内水深h对应的渠道宽度,m;d为测量筒外直径与两侧板一及板二的宽度之和,m;

利用式(1)计算U形渠道流量:

$$Q = p(\frac{h}{B_c})^{\alpha_1}\varepsilon^{\alpha_2}i^{\alpha_3}B_c^{2.5}g^{0.5} \quad (1)$$

式(1)中:

Q——流量;

h——积水区内水深,m;

ε——收缩比;

i——渠道底坡;

g——重力加速度,m/s^2;

p,α_1,α_2,α_3为参数。

4.如权利要求3所述的U形渠道流量测量方法,其特征在于,1/500≤i≤1/5000。

5.如权利要求3所述的U形渠道流量测量方法,其特征在于,p=0.3184,α_1=1.44235,α_2=-0.00182,α_3=0.0145。

6.如权利要求3所述的U形渠道流量测量方法,其特征在于,所述ε的取值范围为0.41≤ε≤0.67。

一种U形渠道流量测量装置及测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种渠道量水装置，尤其是涉及一种U形渠道移动式板柱量水槽。

背景技术

[0002] U形渠道是一种广泛应用于中国灌区的小型渠道。渠道横断面由下部的一段圆弧和上部与圆弧相切的两条直线组成，具有占地面积小、水力性能好、输水输沙能力强、输水水头损失小的特点。

[0003] 小型U形渠道最常用的量水方法是通过特设量水建筑物来量水，这类建筑物主要有固定式和移动式两类。U形末级渠道分布范围广且数量多，大量修建固定式量水槽投资较大且容易遭到破坏，因此，众多学者研发了多种安装拆卸简介，携带方便的移动式量水设备。

[0004] Hager(1985)根据临界流原理，提出了在渠道中放置圆柱来测量渠道中流量的移动式量水方法，分别在矩形、梯形、U形渠道中进行了原型试验并推导了相应的流量公式。

[0005] 何武全等(2006)和吉庆丰等(2007)对U形渠道移动式圆柱形量水槽的流量公式进行了进一步研究，提高了该种量水槽的测流精度。

[0006] 刘嘉美等(2013)在圆柱形量水槽尾部增加了V形尾翼，以减少水头损失、降低上下游水位差。

[0007] 从以上研究可以看出，目前较为实用的U形渠道移动式量水槽能够提供满足精度要求的流量测量。然而，这些移动式量水槽普遍存在体型较大、便携度不足的问题，此外，这些移动式量水槽适于量测的渠道断面结构尺寸研究也不够透彻，阻碍了移动式量水槽在灌区中的进一步推广和应用。

发明内容

[0008] 针对现有技术的缺陷或不足，本发明提供一种U形渠道流量测量装置。

[0009] 本发明的U形渠道流量测量装置包括测量筒，该测量筒内设有柱体，所述柱体与测量筒通过连接体固定连接；所述测量筒外壁上沿轴向开设有多个通孔，且所述多个通孔位于同一径向，所述柱体与测量筒内壁之间为积水区；所述测量筒外壁沿测量筒轴向安装有板一和板二，所述板一和板二位于同一径向的两侧，所述多个通孔所在的径向与所述板一和板二所位的径向垂直。

[0010] 一些实施方式中，本发明测量装置的柱体包括内筒和固定杆，所述内筒与所述测量筒通过连接件连接，所述连接件位于柱体和测量筒的端部。

[0011] 进一步，本发明测量装置还包括水位测量传感器。

[0012] 一些实施方式中，本发明测量装置还包括安装装置，该安装装置包括两个安装杆和两个安装座，所述安装杆的一端设有安装槽，所述安装座用于安装安装杆的另一端，所述安装槽用于安装板一或板二。

[0013] 优选的，本发明测量装置的板一端部与一安装杆间连接有弹簧，所述板二与另一

安装杆间安装有弹簧。

[0014] 同时，本发明提供了一种U形渠道流量测量方法，其特征在于，方法包括：

[0015] 利用权利要求1所述的测量装置测量渠道内积水区的水深h和水深h对应的喉口宽度B_c，B_c＝B-d，B为积水区内水深h对应的渠道宽度，m；d为测量筒外直径与两侧板一及板二的宽度之和，m；

[0016] 利用式(1)计算U形渠道流量：

[0017] $$Q = p(\frac{h}{B_c})^{\alpha_1}\varepsilon^{\alpha_2}i^{\alpha_3}B_c^{2.5}g^{0.5} \quad (1)$$

[0018] 式(1)中：

[0019] Q——流量；

[0020] h——积水区内水深，m；

[0021] ε——收缩比；

[0022] i——渠道底坡；

[0023] g——重力加速度，m/s^2；

[0024] p，α_1，α_2，α_3为参数。

[0025] 在一些实施方式中，本发明的1/500≤i≤1/5000。

[0026] 优选的，本发明的p＝0.3184，α_1＝1.44235，α_2＝-0.00182，α_3＝0.0145。

[0027] 优选的，本发明的ε的取值范围为：0.41≤ε≤0.67。

[0028] 与现有技术相比，本发明的优点如下：

[0029] 1.本发明测量装置由圆柱体以及在圆柱体两侧对称设置的两板组成，制作简单，成本低廉；量水柱与渠道的固定由底部垂直伸出的钢筋与上部插槽即可完成，安装拆卸方便。

[0030] 2.与现有圆柱形量水槽以及带尾翼圆柱形量水槽相比，本发明中的板柱量水槽通过在量水柱两侧设置两板，在保证能够形成临界流的同时，有效缩减量水柱体积。

[0031] 3.现有技术的移动式量水槽测量柱前的驻点水深(驻点即水流遇到障碍物时，在障碍物最前端形成的流速为零的点)来计算流量时，由于该水深存在一定波动，给水深量测带来困难、并对精度产生不利影响。本发明在量水柱圆柱部分迎水侧最前端设置沿外筒轴向等间距分布的通孔，使水流通过小孔进入圆柱内，测量柱内水深，柱内水深与驻点水深相等，测量柱内水深即可获得驻点水深。水深波动极小，方便测量并提高了精度。

[0032] 4.本发明装置尤其适用于测量U形渠道水深自弧形底以上至设计水深这一范围。在满足测量精度要求的前提下，量水槽适用的渠道底坡范围为1/500-1/5000，能够应用于灌区中大部分末级U形渠道。

附图说明

[0033] 图1为本发明测量装置的平面图；

[0034] 图2为图1的A-A剖视图；

[0035] 图3为图1的B向视图；

[0036] 图4为喉口断面示意图。

具体实施方式

[0037] 如无特殊说明，本发明所述的横截面或横断面为与水流方向垂直的截面所截的断面。

[0038] 本发明测量筒2、翼板4和U形渠道1共同形成临界流。柱体3一方面和测量筒2、通孔5共同构成连通器，另一方面用于驻点水深的量测时定位和固定移动式量水槽固定装置和测流中心线。通孔5实现筒内水深与驻点水深连通，使水进水量水柱内外筒之间的空腔，即测量装置的积水区。

[0039] 本发明装置在尺寸方面的设计选择只要能满足测量对象、测量精度要求即可。需要说明的是，具体实施时，可先根据渠道的横断面尺寸、水深范围以及本发明的收缩比范围，计算出测量装置总宽度范围，然后在此范围内选择各部件宽度。一种实施方案中，可选择两侧的翼板4宽度相同，其总宽度与外筒2的外直径相等。测量时，本发明的测量装置理想的位置关系是测量筒垂直安装在U形渠道中，测量筒的中轴线位于渠道的中轴线上，两侧翼板所在径向与中轴线垂直。安装好后，测量筒2、柱体3和翼板4最好等高且高出渠道顶部以5-10cm为宜。

[0040] 本发明采用量纲分析法推导板柱量水槽的流量公式，并根据原型观测试验结果进行回归分析得出公式中的相关参数，从而确定流量公式的最终形式。根据量纲和谐原理与U形渠道量水槽中水流的过流现象，推导流量公式为：

[0041] $$\frac{Q}{B_c^{5/2} g^{1/2}} = p\left(\frac{h}{B_c}\right)^{\alpha_1} \varepsilon^{\alpha_2} i^{\alpha_3}$$

[0042] 式中：

[0043] Q——流量，m^3/s；

[0044] h——积水区内的水深，m；

[0045] B_c——喉口宽度，如图4所示，B_c＝B-d，B为水深h对应的渠道宽度，m；d为测量筒外径与两侧翼板宽度之和，m；

[0046] ε——收缩比，$\varepsilon = \frac{A_c}{A_0}$，$A_0$为喉口断面处，水深h以下的渠道横断面面积；$A_c$为喉口断面处，水深h以下的过水横断面面积，即$A_c$等于$A_0$减去水深h以下的测量筒和两侧翼板的横断面面积；

[0047] i——渠道底坡；

[0048] g——重力加速度，m/s^2；

[0049] p，α_1，α_2，α_3，——参数。一种具体的确定所述参数p，α_1，α_2，α_3的方法是：

[0050] 采用渠道为有机玻璃材质的U形渠道，坡降可调节；

[0051] 渠道长12m，底弧直径40cm，中心角152°，高45cm；

[0052] 装置各部件的材质同样为有机玻璃，其尺寸如表1所示；

[0053] 设置五种不同宽度的量水柱(12.0cm、14.0cm、16.0cm、18.0cm、20.0cm)，6组流量(20L/s、25L/s、30L/s、35L/s、40L/s、45L/s)，4组底坡(1/500，1/1000，1/2000，1/5000)，共5×6×4＝120组工况。

[0054] 使用直角三角量水堰计量渠道中的实际流量，SCM60型水位测针测量积水区内，渠

道横断面中心线上水面至渠底的水深。在渠尾设置尾门调节渠道中水面高度，以保证自由出流。

[0055] 表1 量水柱尺寸表

序号	装置宽度(cm)	测量筒直径(cm)	单侧翼板宽度(cm)	测量筒高度(cm)
1	12.0	6.0	3.0	50.0
2	14.0	7.0	3.5	50.0
3	16.0	8.0	4.0	50.0
4	18.0	9.0	4.5	50.0
5	20.0	10.0	5.0	50.0

[0056]

[0057] 根据上述流量公式与原型试验观测结果，使用OriginPro 2017软件进行回归分析，公式中的参数取值分别为：p＝0.3184，α_1＝1.44235，α_2＝-0.00182，α_3＝0.0145。公式的决定系数R^2值为0.9933，接近于1，拟合精度较高，得到计算公式：

[0058] $$Q = 0.3184(\frac{h}{B_c})^{1.44235}\ \varepsilon^{-0.00182} i^{0.0145} B_c^{2.5} g^{0.5}$$。

[0059] 实施例1：

[0060] 如图1-3所示，该实施例的测量装置包括测量筒2、柱体3、两侧翼板4(即板一和板二)，其中柱体3位于测量筒2内，并且柱体3与测量筒2通过连接件固定连接，测量筒的迎水壁上开设有一列通孔5，为确保测量精度，通孔所位径向与两侧翼板所位径向垂直。

[0061] 为方便定位和安装固定，柱体3包括一内筒和固定杆7，采用这种结构时，安装时，将固定杆7穿过内筒插入渠道底部，结合内筒与测量筒通过连接件固定连接，实现测量装置整体固定。实际工程中固定杆可选用多种材质，例如钢筋。更可靠的方案是在渠道底部浇筑混凝土基座12，将固定杆安装在混泥土基座中，用于更好确定渠道中心线位置和固定量水柱。

[0062] 为便于装置两侧固定安装，可为测量装置配备安装结构，具体包括两个安装杆8和两个安装座9，测量时，两个安装座9对应安装在两侧渠道壁上，两根安装杆各自安装在两侧，安装杆的一端固定安装在安装座中，另一端可开设安装槽，该安装槽与相应侧的翼板4卡接，这样可防止装置移动式部分的旋转。在此结构基础上，更优选实施方式中的固定方式是，在安装杆与翼板间安装弹簧10，弹簧10的一端固定在安装杆8上，可选用螺丝固定，另一端固定在翼板顶端预留的孔洞上，用于拉紧测量装置。

[0063] 更优选的实施方案中，测量装置底部与渠道间设橡胶止水11，防止水流从量水柱底部和渠底的间隙通过。

[0064] 测量时，测量筒与柱体之间放置水位测量传感器6，也称无线遥测式高精度水位计，用于柱内水深自动量测与发射传输水位数据(例如亿拓传感科技，YT-LPC-00/YT-YL-0300系列传感器可满足装置的测量需求)。

[0065] 实施例2：

[0066] 该实施例是测量底弧直径40cm，中心角152°，高度45cm，渠顶宽度54cm，渠道底坡

1/2000U形渠道内的流量。所使用测量筒直径8cm、各通孔直径5mm、相邻通孔间距2cm、内部柱体直径为2cm，单侧翼板宽度为4cm，即量水柱总宽度为16cm。测量装置高出渠道5cm。

[0067] 数据观测：水流流过量水柱时，经由量水柱外筒上的进水孔5进入内外筒之间的积水区内，待量水槽中水流流态稳定后，由位于积水区内的无线遥测式高精度水位计测得测量筒内水深为0.2469m，该水深下的收缩比：$\varepsilon = \frac{A_c}{A_0} = 0.5314$。

[0068] 流量计算：将测得的量水柱内水深数据h、渠道横断面结构参数、量水槽喉口宽度B_c以及相应的渠道底坡i输入软件，软件中的公式自动计算出渠道中的过流流量。流量计算公式为：

[0069] $$Q = 0.3184(\frac{h}{B_c})^{1.44235}\varepsilon^{-0.00182}i^{0.0145}B_c^{2.5}g^{0.5} = 0.03043(m^3/s)$$

[0070] 用现有技术中的直角三角形量水堰测得实际的过槽流量为0.03007m^3/s。

[0071] 本发明装置测量的相对误差为：

[0072] $$\left|\frac{0.03043 - 0.03007}{0.03007}\right| = 1.20\%$$

[0073] 相对误差小于5％，满足测流精度要求。

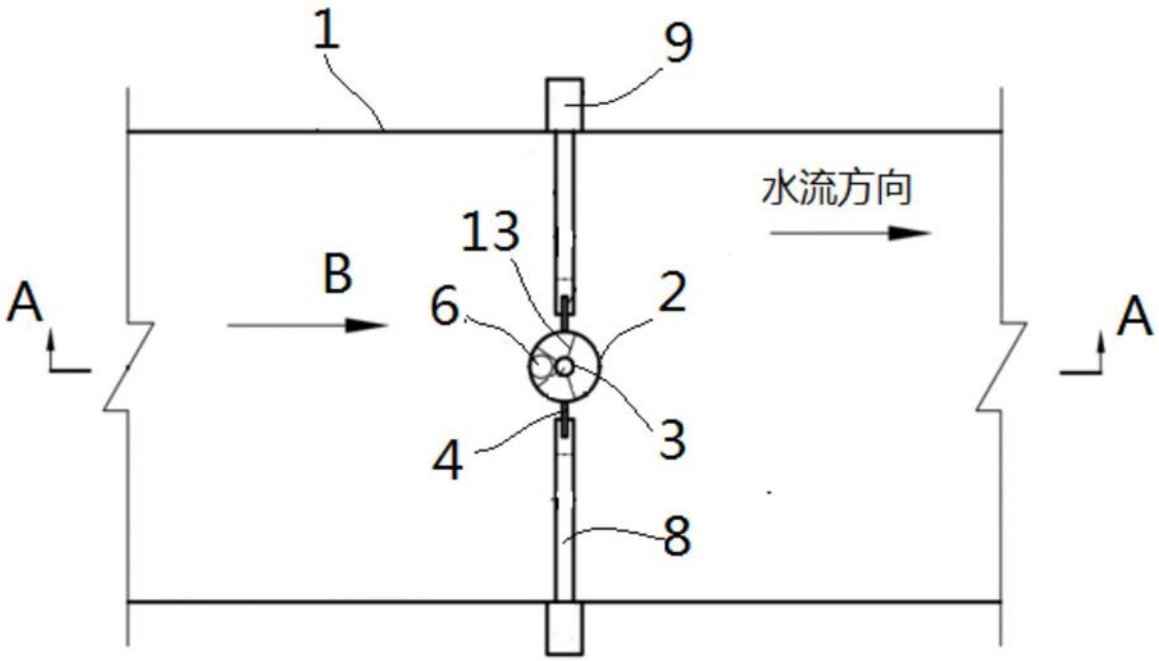


图1

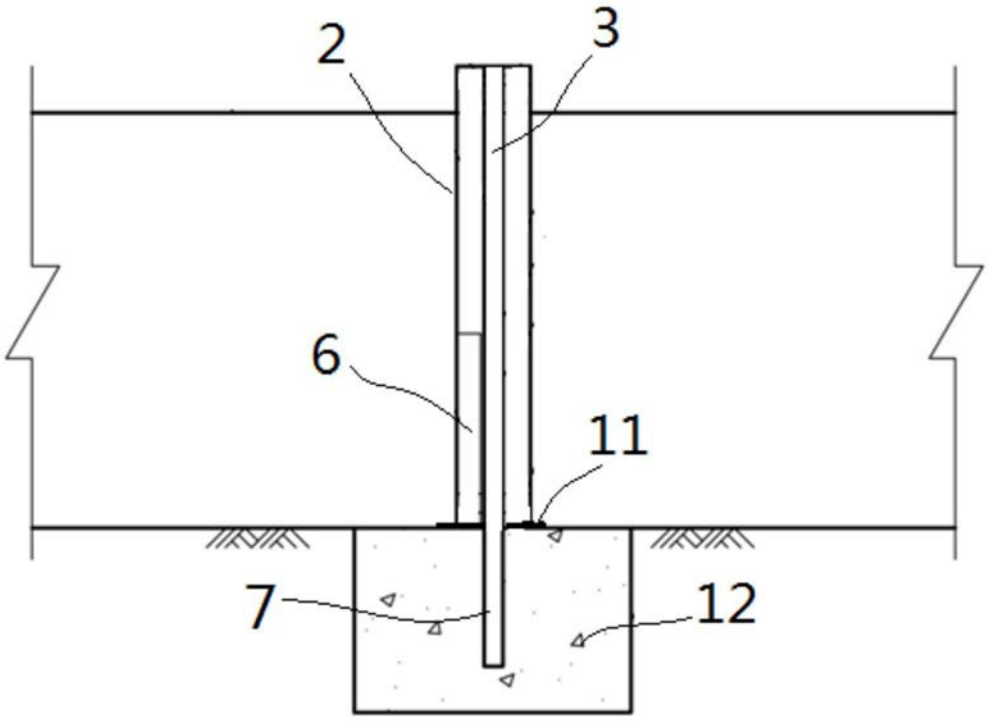


图2

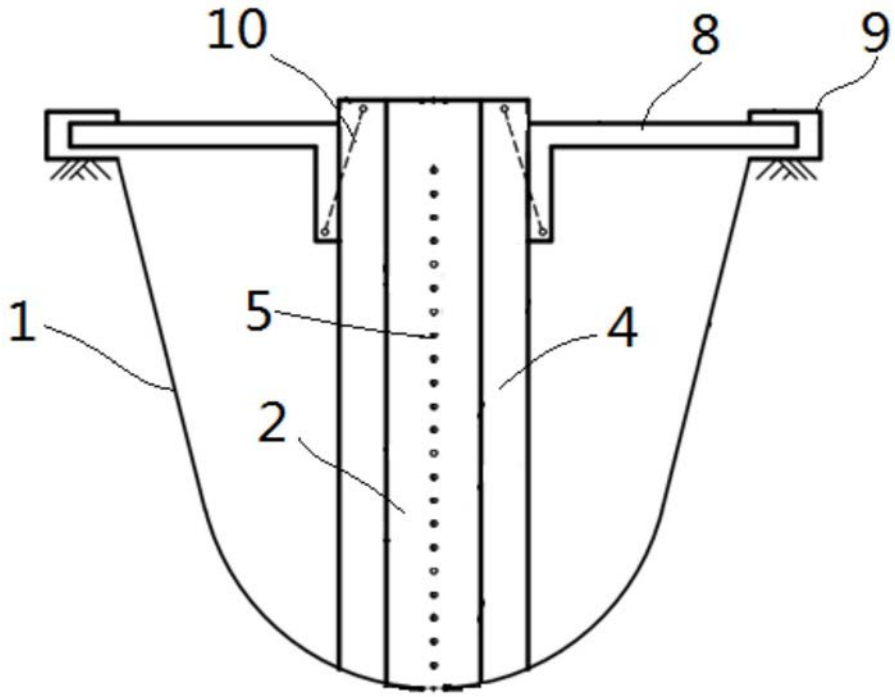


图3

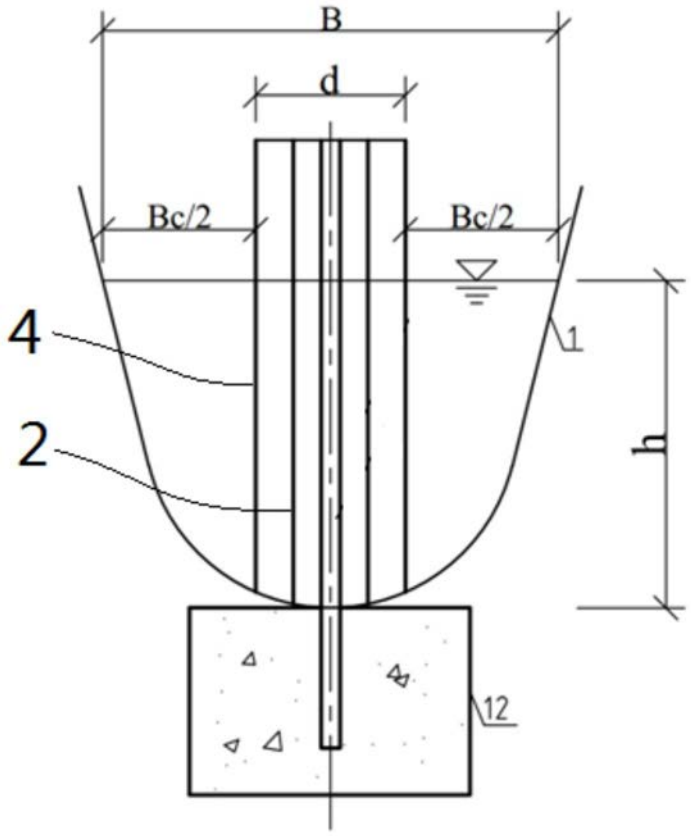


图4