



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203053517 U

(45) 授权公告日 2013. 07. 10

(21) 申请号 201320030033. 1

(22) 申请日 2013. 01. 21

(73) 专利权人 南京理工大学

地址 210094 江苏省南京市玄武区孝陵卫
200 号

(72) 发明人 丁勇 方海东

(74) 专利代理机构 南京理工大学专利中心
32203

代理人 朱显国

(51) Int. Cl.

G01F 23/14 (2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

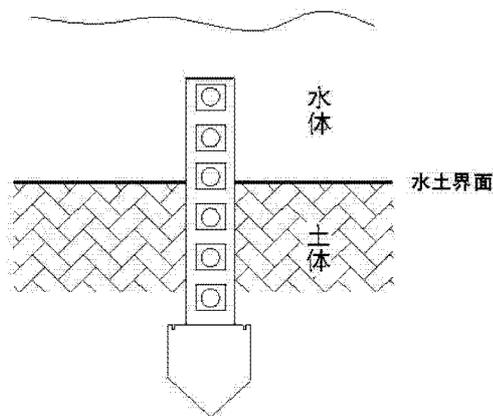
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 实用新型名称

光纤光栅水土界面传感器

(57) 摘要

本实用新型公开了一种光纤光栅水土界面传感器,由固定架和测压管组成。固定架起到保护和固定测压管的作用;测压管由管身和一系列按深度间隔排布的光纤光栅传感探头组成,探头为双面构造,正面承受管外水土压力,背面承受管内水压力,通过测量正面和背面的压力差可以精确测量管外侧土压力,再对不同深度的侧向土压力进行拟合计算,最终得到水土界面的深度位置。本实用新型的光纤光栅水土界面传感器不受水体紊流和土体输移的干扰,测试精度高,可根据使用条件和要求改变测量精度和测量深度范围;本实用新型可按照监测需求,在多个监测地点植入光纤光栅水土界面传感器,实现一个区域的冲刷和淤积监测。



1. 光纤光栅水土界面传感器,其特征在于:包括固定架和测压管;固定架包括保护段(1)和锚固段(2),锚固段(2)固定在保护段(1)的底端;锚固段(2)顶面周向开有固定槽(21),用于在光纤光栅水土界面传感器安装时固定钢护筒,保护段(1)在固定槽(21)范围之内;测压管包括测压管管身(3)、透水板(32)和若干个相同的光纤光栅传感探头(31),并设有注水口(33);透水板(32)固定在测压管管身(3)的一个侧面,其他三侧沿纵向分别布置若干个相同的光纤光栅传感探头(31),注水口(33)焊接在测压管管身(3)的顶端;测压管固定在固定架的保护段(1)内。

2. 根据权利要求1所述的光纤光栅水土界面传感器,其特征在于:所述注水口(33)可密封。

3. 根据权利要求1所述的光纤光栅水土界面传感器,其特征在于:所述光纤光栅传感探头(31)为单膜式传感探头或双膜式传感探头。

4. 根据权利要求3所述的光纤光栅水土界面传感器,其特征在于:所述单膜式传感探头包括面板(3110)、背环(3111)、测压膜(3112)、防水膜(3113)、刻写在光纤导线(314)上的光纤光栅(313)、第一螺母(3114)和第二螺母(3115);光纤导线(314)的一端与光纤光栅(313)相连,另一端从背环(3111)中引出;光纤光栅(313)粘接在测压膜(3112)和防水膜(3113)内侧的中间部位;面板(3110)上开有一圆洞,圆洞面积为面板(3110)面积的 $1/2 \sim 4/5$,背环(3111)为金属环片,背环(3111)的内直径与圆洞内直径相同,测压膜(3112)和防水膜(3113)固定在面板(3110)与背环(3111)之间,面板(3110)与背环(3111)通过第一螺母(3114)固定连接,单膜式传感探头通过第二螺母(3115)固定在测压管管身(3)上。

5. 根据权利要求3所述的光纤光栅水土界面传感器,其特征在于:所述双膜式传感探头包括两个完全相同的传压部件和一个传感部件,传压部件包括受压壳(3120)、内膜(3123)和硅油(3122);受压壳(3120)为一次成型的金属盖,受压壳(3120)的盖面作为外膜,受压壳(3120)内壁侧面靠近封闭端开有一圈凹槽,内膜(3123)焊接在该凹槽外边缘;硅油(3122)填充在内膜(3123)和受压壳(3120)封闭端之间;传感部件包括传压片(3124)、等强度悬臂梁(3125)、支座(3126)、光纤光栅(313)和光纤导线(314);等强度悬臂梁(3125)窄端插入传压片(3124)中,宽端上下表面分别粘有相同的两个支座(3126),中部上下表面分别粘有光纤光栅(313);光纤导线(314)一端与光纤光栅(313)相连,另一端从与上述光纤光栅(313)同侧的支座(3126)和受压壳(3120)中引出;传感部件位于两个完全相同的传压部件中部,将两个完全相同的传压部件和传感部件压合封装形成双膜式传感探头。

光纤光栅水土界面传感器

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种土木水利工程监测装置,具体涉及一种光纤光栅水土界面传感器。

背景技术

[0002] 水流对桩基的冲刷使桥墩附近的基础被逐渐冲蚀是桥梁结构被破坏的重要原因之一。桥墩通常对于水流起阻碍作用,进而导致在桥墩附近水流流速过快并产生漩涡,冲蚀桥墩附近基础,使桥梁处于不安全的状态。这种状态下的桥梁带着隐患工作,又很难被发现。一旦桥梁由于冲刷产生破坏,这种破坏属于脆性破坏,具有突然性,会引起严重后果。另一方面江河堤防是我国防洪工程体系的重要组成部分。目前我国建有各类堤防 25 万 km,其中主要堤防 6.75 万 km。我国堤防一般傍河而建堤线选择受到河势条件制约,地基多为第四纪松散沉积物,其物质组成、分布及厚度变化大,地质条件复杂。我国河流的堤岸冲刷和淤积现象十分普遍,如长江中下游的堤岸冲刷、北江大堤险段的堤脚淘刷等,堤岸冲刷严重威胁堤防安全。因此,冲刷和淤积对桥梁和堤岸造成的破坏已经成为研究的焦点。

[0003] 目前的冲刷和淤积监测方法主要有工深度尺、声纳、雷达和时域反射计 (TDR) 等,但是这些方法在实际工程应用中具有很大局限性,比如有离线、精度低、稳定性差、成本高和传感元件耐久性差等缺点,难于实时、准确监测桩基和堤岸的冲刷和淤积状态。

[0004] 光纤光栅传感技术除了具有普通光纤传感技术的本质防爆、抗腐蚀、抗电磁干扰、对电绝缘、无电传输等许多优点外,还有一些明显优于其它光纤传感技术的特点:波长编码的数字式传感,使用可靠性高,寿命长,能进行长期安全监测。由于以上优点,目前光纤测量已广泛应用于结构的健康监测中。通过对国内外的相关专利文献的查阅和分析来看,国内外对基于光纤光栅的冲刷和淤积监测系统研究较少,目前国内东南大学开发了一种长标距光纤光栅冲刷传感器,该传感器包括弹性直杆和与弹性直杆封装为一体的长标距光纤光栅传感探头阵列。其原理是利用水流对弹性直杆作用而使得布设在弹性直杆上的位于泥层上方的长标距光纤光栅波长由应变作用发生较大变化,从而获得冲刷深度。但是这种方法容易受到水下土体输移的干扰。大连理工大学开发了一种基于光纤光栅的冲刷传感器,其传感探头一旦由于冲刷而露出河床的时候,传感器两侧将产生动水压力,传感探头装置两侧的膜片产生变形,带动连杆的运动,并继而带动装置内的等强度梁发生挠曲,并由封装在等强度梁上的光纤光栅监测其应变,从而判断有无冲刷。其原理是由于在动水中柱体绕流,在其迎流面和背流面分别产生正的和负的动水压力,使得等强度梁发生变形。但是这种传感器受探头数量限制、无法精确测量水土界面位置,容易受到水下紊流干扰。

发明内容

[0005] 本实用新型的目的在于提供一种具有高精度度、高耐久性、温度自适应以及能够抵御水土输移干扰的光纤光栅水土界面传感器,用以监测水下由于冲刷、淤积等作用而造成水土界面深度变化。

[0006] 实现本实用新型目的的技术解决方案为：一种光纤光栅水土界面传感器包括固定架和测压管，固定架包括保护段和锚固段；锚固段位于保护段底端。锚固段顶面周向开有固定槽，用于在光纤光栅水土界面传感器安装时固定钢护筒，保护段在固定槽范围之内；测压管包括测压管管身、透水板和若干个相同的光纤光栅传感探头，并设有注水口；透水板固定在测压管管身的一个侧面，其他三侧沿纵向分别布置若干个相同的光纤光栅传感探头，注水口焊接在测压管管身的顶端；测压管固定在固定架的保护段内。保护段是由 L 形型钢焊接而成的格构式管架；锚固段为圆锥形，顶面设有圆形固定槽，保护段在固定槽范围之内。

[0007] 测压管竖直安装在固定架保护段内，测压管管身为方形（也可采用圆形），底面封闭，顶面设可封闭的注水口；四个侧面中有一个侧面为透水面，由透水板组成；其他三个侧面为传感面，沿纵向均匀布置相同的光纤光栅传感探头，承受管外的水土压力和管内的水压力。

[0008] 针对不同的水文地质条件和测量要求，光纤光栅传感探头的形式有两种：单膜式传感探头和双膜式传感探头。

[0009] 单膜式传感探头包括面板、背环、测压膜、防水膜、刻写在光纤导线上的光纤光栅、第一螺母和第二螺母；光纤导线的一端与光纤光栅相连，另一端从背环中引出；光纤光栅粘接在测压膜和防水膜内侧的中间部位；面板上开有一圆洞，圆洞面积为面板面积的 $1/2 \sim 4/5$ ，背环为金属环片，背环的内直径与圆洞内直径相同，测压膜和防水膜固定在面板与背环之间，面板与背环通过第一螺母固定连接，单膜式传感探头通过第二螺母固定在测压管管身上。

[0010] 双膜式传感探头包括两个完全相同的传压部件和一个传感部件，传压部件包括受压壳、内膜和硅油；受压壳为一次成型的金属盖，受压壳盖面作为外膜，受压壳内壁侧面靠近封闭端开有一圈凹槽，内膜焊接在该凹槽外边缘；硅油填充在内膜和受压壳封闭端之间；传感部件包括传压片、等强度悬臂梁、支座、光纤光栅和光纤导线；等强度悬臂梁窄端插入传压片中，宽端上下表面分别粘有相同的两个支座，中部上下表面分别粘有光纤光栅；光纤导线一端与光纤光栅相连，另一端从与上述光纤光栅同侧的支和受压壳中引出；传感部件位于两个完全相同的传压部件中部，将两个完全相同的传压部件和一个传感部件压合封装形成双膜式传感探头。

[0011] 一般情况下，单膜式传感探头用于浅水环境的监测，双膜式传感探头用于深水环境的监测，也可根据实际情况进行选择。

[0012] 本实用新型与现有技术相比，其显著优点：

[0013] (1) 本实用新型的测量原理简单可靠，不易受水土输移的干扰：在水中的传感器，管内是水压力，而管外是水体输移产生的水压力，所以光纤光栅传感探头测量得到的有可能是正压力（迎水流面），也可能是负压力（背水流冲刷面）。在土中的传感器，由于受到土压力的作用，无论水流发生什么样的变化，其光纤光栅传感探头测量得到的都是正压力，如果土体出现输移，也只会最多两个方向上造成比静止土压力更大的侧向土压力，在同一高度的三只传感器总有一只可以不受土体输移的干扰。因此，水体输移只会对水中的探头造成正负变动，对土中的传感器没有任何干扰，而土体输移的干扰也可以通过同一高度的三只传感器进行抵消；

[0014] (2) 本实用新型的光纤光栅水土界面传感器制作工艺简单。本实用新型主要有固

定架和多个光纤光栅传感探头组成的测压管,制作简单,安装方便,有广阔的应用前景和良好的经济效益;

[0015] (3) 本实用新型的测试精度高,其测试精度可达 0.1m,并且可以根据具体要求改变精度,其精度主要可以通过改变光纤光栅传感探头数量以及探头间距大小实现;

[0016] (4) 本实用新型无需对安装位置进行限制,只要保证有两个不同深度的光纤光栅传感探头在土层中即可;

[0017] (5) 本实用新型可对多点同时进行冲刷监测,可按照监测需求,在多个监测点植入光纤光栅水土界面传感器,实现一个区域的整体冲刷和淤积监测。

附图说明

[0018] 图 1 为本发明的光纤光栅水土界面传感器原理图。

[0019] 图 2 为本发明的固定架结构示意图;其中图 2 (a) 为固定架前视图,图 2 (b) 为固定架 1-1 剖面图,图 2 (c) 为固定架 2-2 剖面图。

[0020] 图 3 为本发明的测压管结构示意图;其中图 3 (a) 为测压管前视图,图 3 (b) 为测压管 1-1 剖面图。

[0021] 图 4 为本发明的单膜式传感探头结构示意图;其中图 4 (a) 为单膜式传感探头后视图,图 4 (b) 为单膜式传感探头右视图。

[0022] 图 5 为本发明的双膜式传感探头结构示意图。

[0023] 图中各标号:保护段 1,锚固段 2,固定槽 21,测压管管身 3,光纤光栅传感探头 31,面板 3110,背环 3111,测压膜 3112,防水膜 3113,第一螺母 3114,第二螺母 3115,受压壳 3120,硅油 3122,内膜 3123,传压片 3124,等强度悬臂梁 3125,支座 3126,光纤光栅 313,光纤导线 314,透水板 32,注水口 33。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图对本实用新型作进一步详细描述。

[0025] 结合图 1、图 2 和图 3,本实用新型的一种光纤光栅水土界面传感器,包括固定架和测压管;固定架包括保护段 1 和锚固段 2,锚固段 2 固定在保护段 1 底端。保护段 1 是由 L 形型钢焊接而成的格构式管架;锚固段 2 为钢制圆锥筒,顶面设有圆形固定槽 21,保护段 1 在固定槽 21 范围之内。测压管包括测压管管身 3、透水板 32 和若干个相同的光纤光栅传感探头 31,并设有注水口 33;透水板 32 固定在测压管管身 3 的一个侧面,其他三侧沿纵向分别布置若干个相同的光纤光栅传感探头 31,注水口 33 焊接在测压管管身 3 的顶端,且注水口 33 可密封;测压管固定在固定架的保护段 1 内。

[0026] 光纤光栅传感探头 31 根据形式可分为单膜式传感探头和双膜式传感探头。

[0027] 结合图 4,单膜式传感探头包括面板 3110、背环 3111、测压膜 3112、防水膜 3113、刻写在光纤导线 314 上的光纤光栅 313、第一螺母 3114 和第二螺母 3115;光纤导线 314 的一端与光纤光栅 313 相连,另一端从背环 3111 中引出;光纤光栅 313 粘接在测压膜 3112 和防水膜 3113 内侧的中间部位;面板 3110 上开有一圆洞,圆洞面积为面板 3110 面积的 $1/2 \sim 4/5$,背环 3111 为金属环片,背环 3111 的内直径与圆洞内直径相同,测压膜 3112 和防水膜 3113 固定在面板 3110 与背环 3111 之间,面板 3110 与背环 3111 通过第一螺母 3114 固定连接,

单膜式传感探头通过第二螺母 3115 固定在测压管管身 3 上。

[0028] 结合图 5, 双膜式传感探头包括两个完全相同的传压部件和一个传感部件, 传压部件包括受压壳 3120、内膜 3123 和硅油 3122; 受压壳 3120 为一次成型的金属盖, 受压壳 3120 的盖面作为外膜, 受压壳 3120 内壁侧面靠近封闭端开有一圈凹槽, 内膜 3123 焊接在该凹槽外边缘; 硅油 3122 填充在内膜 3123 和受压壳 3120 封闭端之间; 传感部件包括传压片 3124、等强度悬臂梁 3125、支座 3126、光纤光栅 313 和光纤导线 314; 等强度悬臂梁 3125 窄端插入传压片 3124 中, 宽端上下表面分别粘有相同的两个支座 3126, 中部上下表面分别粘有光纤光栅 313; 光纤导线 314 一端与光纤光栅 313 相连, 另一端从与上述光纤光栅 313 同侧的支座 3126 和受压壳 3120 中引出; 传感部件位于两个完全相同的传压部件中部, 将两个完全相同的传压部件和一个传感部件压合封装形成双膜式传感探头。

[0029] 光纤光栅传感探头 31 数量可以实际使用要求的精度进行设置, 其光纤导线 314 在测压管管身 3 顶部引出。封装形成的测压管具有很好的对环境的耐久性。

[0030] 本结合图 1 和图 3, 实用新型的光纤光栅水土界面传感器的制作安装方法, 包括以下几个步骤:

[0031] (a1) 制作固定架保护段 1 和锚固段 2, 锚固段 2 固定在保护段 1 底端;

[0032] (a2) 制作测压管管身 3, 管身 3 上方设置可封闭式注水口 33, 管身 3 的一个侧面安装透水板 32, 其他三个侧面沿纵向开设传感探头 31 的安装窗口;

[0033] (a3) 制作光纤光栅传感探头 31, 将光纤光栅传感探头 31 依次沿纵向固定到测压管管身 3 上, 光纤导线 314 从顶部引出;

[0034] (a4) 将测压管装到固定架保护段 1 内, 顶部用螺栓固定;

[0035] (a5) 将一粗细适中空心的钢护筒套在固定架外侧, 其中钢护筒的内直径大于保护段 1 的外直径, 且钢护筒正好可以卡在锚固段 2 上部的固定槽 21 中, 钢护筒套在保护段 1 上并且钢护筒下端卡在固定槽 21 中;

[0036] (a6) 将钢护筒连同光纤光栅水土界面传感器一同立置于监测点;

[0037] (a7) 锤击钢护筒, 使钢护筒带动光纤光栅水土界面传感器插入土中, 直至光纤光栅水土界面传感器的大部分在水土界面以下、小部分在水土界面以上的位置, 然后拔出钢护筒, 完成单个光纤光栅水土界面传感器最终的安装。如果安装位置附近有水下结构, 也可将固定架安装在水下结构表面。

[0038] 上述单膜式传感探头的制作方法, 包括以下几个步骤:

[0039] (a31-1) 将光纤光栅 313 粘接在向背环 3111 一侧的测压膜 3112 上;

[0040] (a32-1) 将光纤导线 314 一端与光纤光栅 313 连接, 另一端引出背环 3111;

[0041] (a33-1) 在光纤光栅 313 另一侧表面覆盖一层防水膜 3113;

[0042] (a34-1) 将面板 3110 与背环 3111 通过第一螺母 3114 互夹对接。

[0043] 结合图 5, 上述双膜式传感探头的制作方法, 包括以下几个步骤:

[0044] (a31-2) 将两片内膜 3123 分别焊接在两块受压壳 3120 内壁凹槽外边缘;

[0045] (a32-2) 在内膜 3123 与受压壳 3120 封闭端之间充填硅油 3122;

[0046] (a33-2) 将等强度悬臂梁 3125 窄端插入传压片 3124, 宽端上下表面粘上支座 3126, 中部上下表面贴有光纤光栅 313;

[0047] (a34-2) 将光纤导线 314 一端与光纤光栅 313 连接, 另一端从与上述光纤光栅 313

同侧的支座 3126 和受压壳 3120 中引出；

[0048] (a35-2) 将传感部安装于两个完全相同的传压部件中部,两个完全相同的传压部件和一个传感部件压合封装形成双膜式传感探头。

[0049] 本实用新型的光纤光栅水土界面传感器,可以根据冲刷(或淤积)区域的监测要求,布设由多个传感器组成的光纤光栅水土界面监测系统,经由传输光缆连接到监控中心,实现该区域冲刷(或淤积)状态的远程实时自动监测。

[0050] 本实施例中,保护段 1 与锚固段 2 用焊接或者螺栓连接;测压管安装在固定架保护段 1 内,顶部螺栓连接。

[0051] 本实施例中,测压管管身 3 为 PE 塑料材质;单膜式传感探头测压膜 3112 为磷铜薄膜材质,防水膜 3113 为高分子防水薄膜材质,背环 3111 为不锈钢环片材质;双膜式传感探头受压壳 3120、内膜 3123 均为磷铜材质。

[0052] 本实用新型光纤光栅水土界面传感器的工作原理如下:

[0053] 本实用新型光纤光栅水土界面传感器主要是利用水土界面下土体侧向土压力与深度正相关的原理而设计的:水下土体内的水平方向压力由土体侧向压力和水压力组成,并且伴随着深度的增加,土体侧向压力和水压力也相应增大,而水体中的水平方向压力则只有水体压力,因此,通过一只能够正面受土体侧向压力和水压力作用、背面受水压力作用的光纤光栅传感探头 31,测量正面和背面的压力差就能够得到土体侧向压力,将若干只这样的光纤光栅传感探头 31 按一定深度间隔放置在水下(部分埋入土中),就可以拟合出土体侧向压力随深度变化的压力分布曲线,最终得到土体侧向压力为零的临界深度位置,即为冲刷面高度。

[0054] 本实用新型的光纤光栅水土界面传感器,可以根据冲刷(或淤积)区域的监测要求,布设由多个传感器组成的光纤光栅水土界面监测系统,经由传输光缆连接到监控中心,实现该区域冲刷(或淤积)状态的远程实时自动监测。

[0055] 以上显示和描述了本实用新型的基本原理和主要特征和本实用新型的优点。本行业的技术人员应该了解,本实用新型不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本实用新型的原理,在不脱离本实用新型精神和范围的前提下,本实用新型还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本实用新型范围内。本实用新型要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

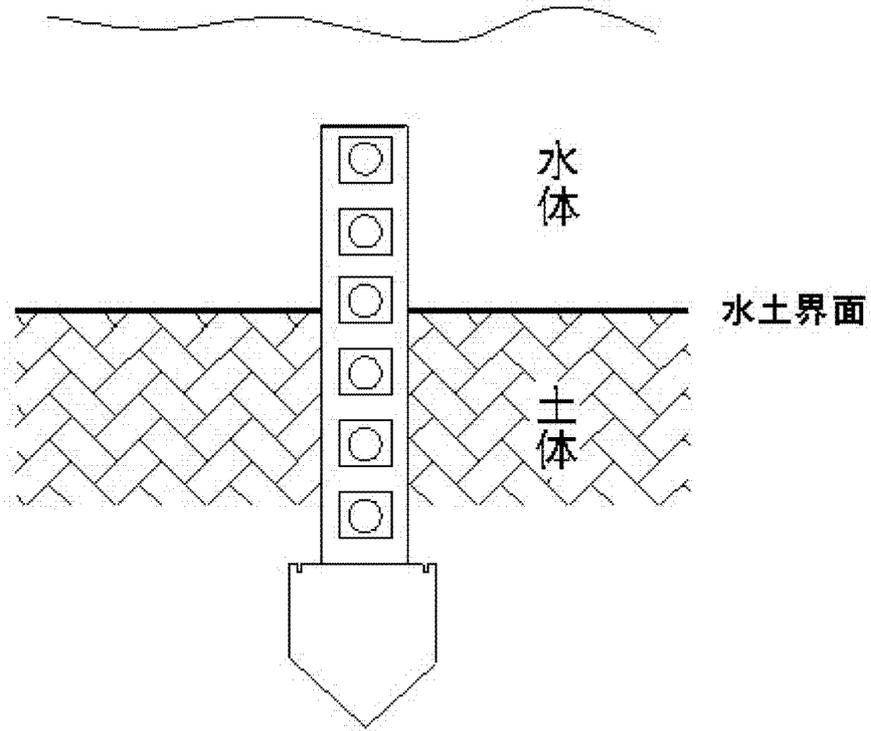


图 1

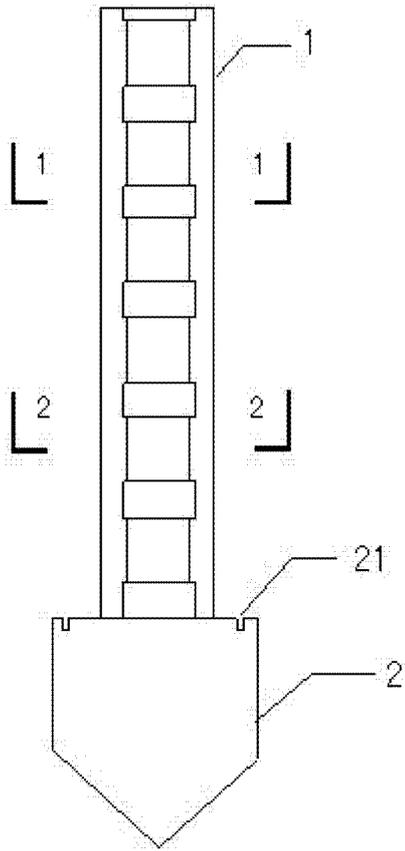


图 2(a)



图 2(b)

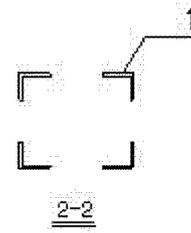


图 2(c)

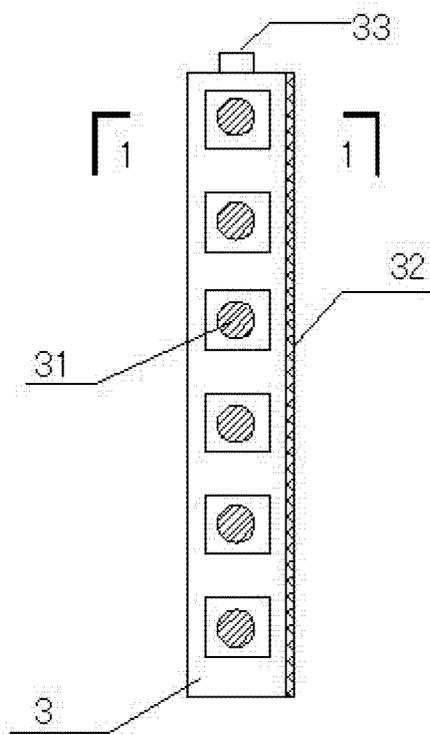


图 3(a)

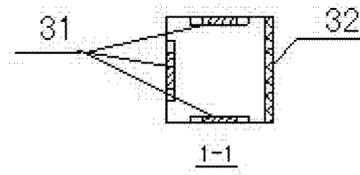


图 3(b)

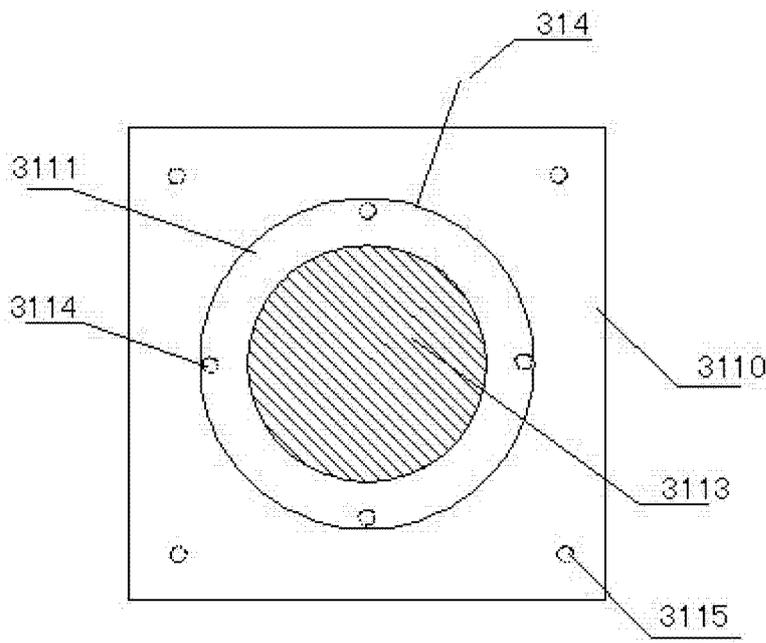


图 4(a)

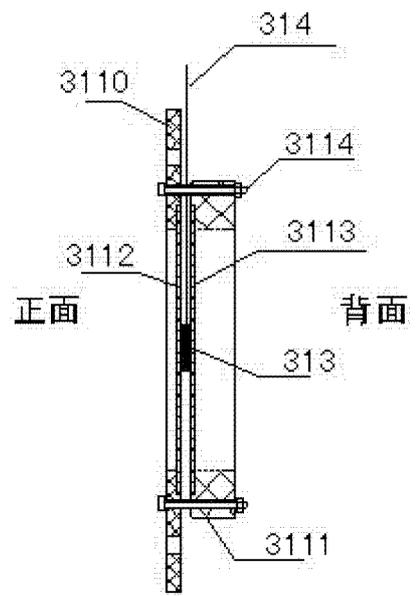


图 4(b)

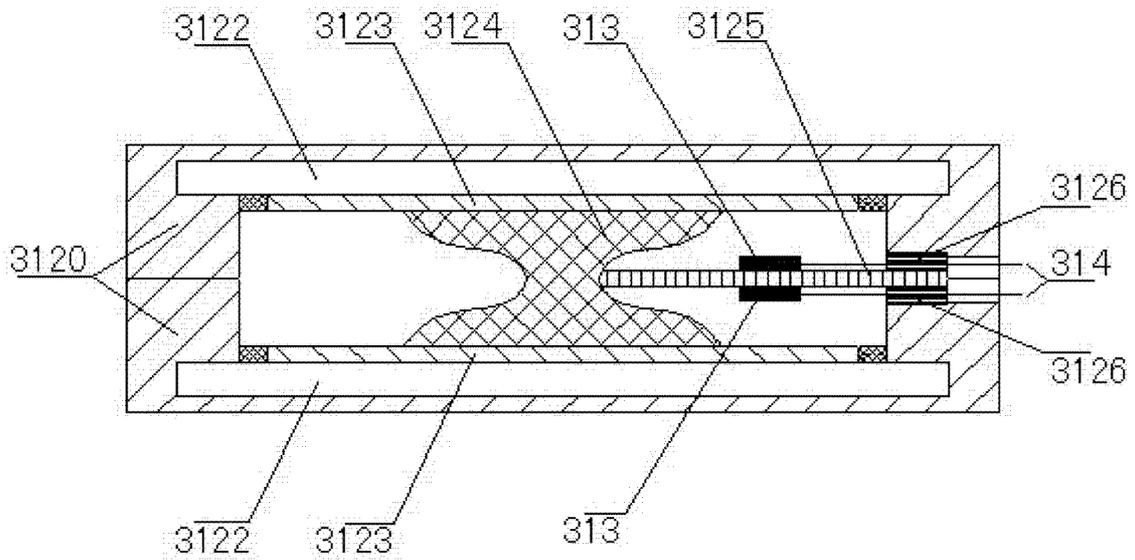


图 5