



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 211856261 U

(45)授权公告日 2020.11.03

(21)申请号 201922318246.4

(22)申请日 2019.12.22

(73)专利权人 天津大学

地址 300350 天津市津南区海河教育园雅
观路135号天津大学北洋园校区

(72)发明人 张金凤 陈嘉禹 梁家雄 范爽
王峥 周惟於 桑爱杰

(74)专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代
理事务所 12201

代理人 刘子文

(51)Int.Cl.

G01N 15/04(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

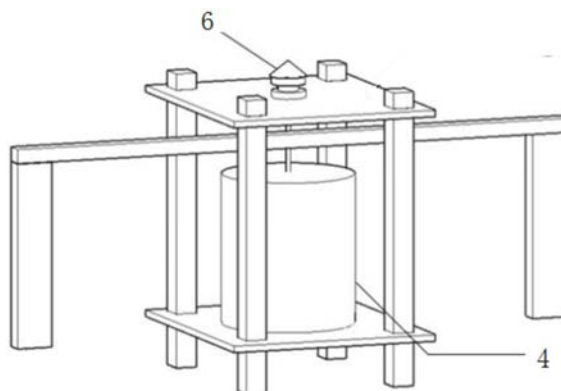
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)实用新型名称

温度和紊流同时可控的泥沙沉降速率观测
实验装置

(57)摘要

本发明公开了温度和紊流同时可控的泥沙沉降速率观测实验装置,包括支撑框架、沉降筒、温控装置、电机和测速装置,支撑框架上设有上层盛放板和下层盛放板,沉降筒放置于下层盛放板上,电机放置于上层盛放板上,上层盛放板上设有开孔,电机的输出轴通过连接杆和开孔连接有伸入沉降筒内部的螺旋桨,温控装置设置于沉降筒的内部,沉降筒的外壁从上到下等间距的设置水龙头,沉降筒的底部设有进出水阀门,测速装置由支撑柱、固定杆和测速仪器组成,支撑柱设置于支撑框架的两侧,固定杆通过支撑柱设置于沉降筒的上方,固定杆上安装有测速仪器。本发明兼备在泥沙沉降速率实验中同时对温度和紊动两个变量的调节能力。



1. 一种温度和紊流同时可控的泥沙沉降速率观测实验装置,其特征在于,包括支撑框架、沉降筒、温控装置、电机和测速装置,所述支撑框架上设有上层盛放板和下层盛放板,所述沉降筒放置于下层盛放板上,所述电机放置于上层盛放板上,所述上层盛放板上设有开孔,所述电机的输出轴通过连接杆和开孔连接有伸入沉降筒内部的螺旋桨,所述温控装置设置于沉降筒的内部,沉降筒的外壁从上到下等间距的设置水龙头,沉降筒的底部设有进出水阀门,所述测速装置由支撑柱、固定杆和测速仪器组成,所述支撑柱设置于支撑框架的两侧,固定杆通过支撑柱设置于沉降筒的上方,所述固定杆上安装有测速仪器。

2. 根据权利要求1所述一种温度和紊流同时可控的泥沙沉降速率观测实验装置,其特征在于,所述温控装置包括加热棒,所述加热棒靠近沉降筒的内壁放置,避免与螺旋桨发生碰撞。

3. 根据权利要求1所述一种温度和紊流同时可控的泥沙沉降速率观测实验装置,其特征在于,所述沉降筒的直径为螺旋桨的两到三倍,既能保证不与加热棒碰撞,也能保证螺旋桨相对于筒径足够大,能产生足够的紊流。

4. 根据权利要求1所述一种温度和紊流同时可控的泥沙沉降速率观测实验装置,其特征在于,所述固定杆上设有纵向位置调节装置和横向位置调节装置,纵向位置调节装置和横向位置调节装置内分别设有螺杆,所述螺杆上均设有摇杆,所述纵向位置调节装置上通过固定钢片和钢条固定所述测速仪器。

5. 根据权利要求1所述一种温度和紊流同时可控的泥沙沉降速率观测实验装置,其特征在于,所述固定杆上还设有卡尺。

温度和紊流同时可控的泥沙沉降速率观测实验装置

技术领域

[0001] 本发明属于对于泥沙沉降现象及规律的实验领域,具体涉及一种温度和紊流同时可控的泥沙沉降速率观测实验装置。

背景技术

[0002] 粘性泥沙作为淤泥质海岸的主要成分,其物理、化学性质直接影响了该类型海岸的基本特性,其性质会对海岸的演变、港池与航道淤积、吸附在泥沙颗粒上的有机物输移乃至海洋水生态环境产生直接或间接的影响。

[0003] 河口、海岸粘性泥沙的运动非常复杂,由一系列过程,如冲刷、沉积、固结、再悬扬、悬浮泥沙随水体的输送、浮泥流等所组成。而粘性泥沙运动的复杂性主要是由于细颗粒泥沙在河口海岸环境中发生絮凝而造成的。

[0004] 因此泥沙运动规律的研究意义愈发凸显。对于泥沙来说,其沉降速率是整个泥沙理论体系的基本物理量,是其重要的水力特性,对于泥沙淤积量的计算、沉沙池的设计等问题有着举足轻重的意义。目前,对于粗颗粒泥沙,其泥沙的沉降规律研究得已较为完备且清晰,一般与泥沙的粒径、水体粘性等因素有关;但对于细颗粒泥沙,因为受到絮凝作用的影响,其沉降规律较为复杂。

[0005] 粘性泥沙絮凝沉降的影响因素有很多,与自身泥沙的特性有关,比如自身的物质矿物组成,颗粒粒径大小,颗粒形态,含沙量等;受到环境介质条件的影响,比如水中离子的含量,有机物、微生物含量,盐度等;同时也与环境动力条件有关,水流剪切力亦会影响泥沙絮凝沉降。既与泥沙自身的特性有关,同时也与环境动力条件有关。

[0006] 在天然的河流中,一般不可能存在水流静止状态,均为紊流条件,所以对于泥沙在水体紊动情况下的絮凝沉降的研究具有较大的现实意义。与此同时,温度,作为一个常规研究变量,在颗粒泥沙沉速的研究中被认为是最重要的三个因子之一。对于水体紊动与温度条件,国内外已有许多学者针对这两个变量进行了大量的研究,但并未对二者对泥沙絮凝的联合效应进行分析。

发明内容

[0007] 本发明的目的是为了克服现有技术中的不足,提供一种温度和紊流同时可控的泥沙沉降速率观测实验装置,通过该装置进行实验研究,对于受到絮凝作用的影响,沉降规律较为复杂的细颗粒泥沙,利用带有温控装置的沉降筒作为容器,用螺旋桨搅拌装置进行水体紊动控制,通过浓度测量装置对水体高岭土浓度进行测量。利用不同时刻测量得到的泥沙浓度绘制含沙量变化曲线,并进行相关分析,得出泥沙沉降速度,总结出规律。最终实现能够进行温度和紊动两个条件同时控制的实验装置。

[0008] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:

[0009] 一种温度和紊流同时可控的泥沙沉降速率观测实验装置,包括支撑框架、沉降筒、温控装置、电机和测速装置,所述支撑框架上设有上层盛放板和下层盛放板,所述沉降筒放

置于下层盛放板上,所述电机放置于上层盛放板上,所述上层盛放板上设有开孔,所述电机的输出轴通过连接杆和开孔连接有伸入沉降筒内部的螺旋桨,所述温控装置设置于沉降筒的内部,沉降筒的外壁从上到下等间距的设置水龙头,沉降筒的底部设有进出水阀门,所述测速装置由支撑柱、固定杆和测速仪器组成,所述支撑柱设置于支撑框架的两侧,固定杆通过支撑柱设置于沉降筒的上方,所述固定杆上安装有测速仪器。

[0010] 优选地,所述温控装置包括加热棒,所述加热棒靠近沉降筒的内壁放置,避免与螺旋桨发生碰撞。

[0011] 优选地,所述沉降筒的直径为螺旋桨的两到三倍,既能保证不与加热棒碰撞,也能保证螺旋桨相对于筒径足够大,能产生足够的紊流。

[0012] 优选地,所述固定杆上设有纵向位置调节装置和横向位置调节装置,纵向位置调节装置和横向位置调节装置内分别设有螺杆,螺杆上设有摇杆,所述纵向位置调节装置上通过固定钢片和钢条固定所述测速仪器。

[0013] 优选地,所述固定杆上还设有卡尺。

[0014] 与现有技术相比,本发明的技术方案所带来的有益效果是:

[0015] 1.通过本发明装置即可实现在温度和紊动联合作用下观测泥沙絮凝沉降的规律,合理的安排加热装置,测速装置和搅拌装置在同一框架支架内的位置,使其互不干扰,最终实现良好的实验效果。

[0016] 2.为使得所有装置能够正常发挥作用而不互相干扰,应选择较大直径的沉降筒,将加热棒按六边形布置并靠近沉降筒壁放置,搅拌装置螺旋桨便不会破坏加热装置。加热棒深入筒底,使得整个沉降筒均匀受热。将搅拌装置螺旋桨放置接近于沉降筒底部,上方空间便可提供给观测装置。

[0017] 3.由于实验研究的特殊性,实验过程中需要在容器体内选择合适的流速测量点,本发明所设计的测速装置沿筒直径方向布置,在上层盛放板上开孔,设置了能够上下调节和沿直径方向左右调节的位置调节装置,使得测速仪器能够便捷地选择合适的测点,并且设置了卡尺,使得调节能够精确到毫米级。由于测速仪器贵重,本发明设计了固定时稳定,也能够较为轻易取下的固定钢条设计,使得测速仪器使用完毕后能够即时拆卸保存。

[0018] 4.本发明兼备在泥沙沉降速率实验中同时对温度和紊动两个变量的调节能力,通过推导流速和剪切率公式,利用剪切率代表紊流,从而获得螺旋桨转速和剪切率的关系,利用温控装置控制温度,最后用浓度测量装置测量泥沙浓度变化,用泥沙浓度变化推算泥沙沉降速率,最终实现温度和紊动联合作用下的泥沙沉降速率观测实验。

附图说明

[0019] 图1是本发明实验装置的结构示意图。

[0020] 图2是本发明所述螺旋桨的示意图。

[0021] 图3是本发明测速装置部分的立体结构示意图。

[0022] 图4是本发明搅拌装置连接处的示意图。

[0023] 图5是本发明整个实验装置的立体结构示意图。

[0024] 附图标记:1-支撑框架,2-上层盛放板,3-下层盛放板,4-沉降筒,5-测速仪器,6-电机,7-输出轴,8-法兰盘,9-连接钢杆,10-螺旋桨,11-进出水阀门,12-固定杆,13-支撑

柱,14-水龙头,15-加热棒,16-横向位置调节装置,17-纵向位置调节装置,18-横向螺杆,19-纵向螺杆,20-摇杆,21-固定钢条,22-卡尺

具体实施方式

[0025] 以下结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0026] 如图1至图5所示,本发明提出的一种温度和紊流同时可控的泥沙沉降速率观测实验装置,包括支撑框架1、沉降筒4、温控装置、电机6和测速装置,支撑框架1上设有上层盛放板2和下层盛放板3,沉降筒4放置于下层盛放板3上,电机6放置于上层盛放板2上,采用两层盛放板设计合理考虑了电机的放置位置,利于实验进行。

[0027] 上层盛放板2上设有开孔,电机6的输出轴7通过连接钢杆9和开孔连接有伸入沉降筒内部的螺旋桨10,螺旋桨由不锈钢制成;电机6输出轴的底端和连接钢杆9的顶端通过法兰盘8和螺栓连接,可实现即时拆卸。沉降筒的直径为螺旋桨的两到三倍,既能保证不与加热棒碰撞,也能保证螺旋桨相对于筒径足够大,能产生足够的紊流。

[0028] 本实施例中沉降筒4的高度为1000mm,外径为48cm,壁厚为1cm,距离沉降筒4底部15cm布置第一个出水水龙头14,之后在其正上方,每间隔20cm设置有一个出水水龙头,共有五个水龙头,并使其排成一竖列。沉降筒的底部还设有一个进出水阀门11。

[0029] 本发明包括的温度装置由加热与温控两个部分组成,温控部分为外置的温度控制器,加热部分主要由六根位于沉降筒内的加热棒15环形分布构成,并且直通接近底部,使得加热效果均匀有效;且加热棒靠近沉降筒的内壁放置,避免与螺旋桨发生碰撞;温控装置通过自动开关控制加热棒的工作。

[0030] 测速装置由支撑柱13、固定杆12和测速仪器5组成,支撑柱13设置于支撑框架1的两侧,固定杆12通过支撑柱13设置于沉降筒4的上方,固定杆12上设有纵向位置调节装置16、横向位置调节装置17和卡尺22,纵向位置调节装置16和横向位置调节装置17内分别设有纵向螺杆19和横向螺杆18,纵向螺杆19和横向螺杆18上均设有摇杆20,纵向位置调节装置17上通过固定钢片和固定钢条21固定测速仪器6。本实施例中加热棒和电机,测速仪器上均设有用电接口,用电接口与外部电源连接。

[0031] 本实施例中测速仪器固定杆12通过支撑柱13固定在地面上,保证测速仪器5在测速时不会有振动或抖动,提高测速的精确性,测速仪器5直接通过固定钢条21固定在纵向位置调节装置上的固定钢片上,并且固定钢条21能够较为轻易拆卸,由于测速仪器5的精密和贵重,在每次使用完均需要拆卸完整保存,如此设计使安置测速仪器既能满足牢固性和精确性,也能利于测速仪器拆装。通过纵向位置调节装置17和横向位置调节装置16能够调节测速仪器5在纵向及横向的位置。通过摇杆20和卡尺22的观测可使测速仪器5能够在毫米级准确地被调节与螺旋桨连接钢杆9的距离。

[0032] 在本实施方案中,具体使用本发明装置进行实验的步骤为:

[0033] 安装好各实验设备,将测速仪器固定于测速仪器固定钢片上,其便于后续调节位置;往沉降筒中加入约135L自来水,使水面位于距底部75cm处;调节电机转速 v ,调整测速仪器位置,使其流速测点垂向距底部51cm处,径向距筒壁距离6cm处,待水流稳定约1分钟后,测速仪器开始测速并记录,每次测速3个文件,每个文件连续记录1分钟;调节测速仪器位

置,使其流速测点分别距底部55cm、59cm、63cm、67cm处并重复上述记录方式;调节电机转速 v ,使其分别为20rpm、30rpm、40rpm,并重复步骤,最终得到共20组60个文件的流速数据。获得流速数据后即可推导电机转速 v 和剪切率 G 之间的关系,之后撤去测速仪器,在沉降筒加入实验样土高岭土,使用温控装置控制温度位于某一特定值并且上下浮动幅度很小,启动电机一段时间,使得沉降筒中高岭土分布均匀,通过所述测速仪器获得的转速和剪切率 G 之间的关系可获得紊动代表值剪切率为第一变量,温控装置控制的温度 T 为第二变量,使用浓度测量装置测量沉降筒中泥沙沉降浓度变化,便可计算出泥沙沉降速率,最终实现如发明所述温度和紊流同时可控的泥沙沉降速率观测实验

[0034] 在本实施方案中,推导电机转速和剪切率之间的关系,可通过以下公式。

[0035] Camp与Stein^[1]提出了紊动剪切率 G 与紊动能量耗散系数 ε 之间的关系,其表达式为:

$$[0036] \quad G = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\nu}} \quad (1)$$

[0037] ν 为流体的运动粘性系数,在紊流场中,紊动能量耗散系数 ε 和紊动空间积分尺度 l 有关,其表达式为:

$$[0038] \quad \varepsilon = A_{\varepsilon} \frac{u'^3}{l} \quad (2)$$

[0039] 式中, A_{ε} 是接近1的常数, u' 是紊动场的均方根流速, l 是紊动空间积分尺度。

[0040] Shy等^[2]认为当紊流场中只有某一点的速度时间序列时,空间紊动积分尺度 l 也可以通过时间积分尺度 l_t 求得,其表达式为:

$$[0041] \quad l = \sqrt{\frac{8}{\pi}} u' l_t \quad (3)$$

[0042] 式中, l_t 是标准化的时间相关函数 $R_t(r, t)$ 对时间的积分,即:

$$[0043] \quad l_t = \int_0^{t_0} R_t(r, t) dr \quad (4)$$

[0044] 式中, t_0 为 $R_t(r, t)$ 首次为0时的 t 值;时间相关函数表达式为: $R_t(r, t)$

$$[0045] \quad R_t(r, t) = \frac{u_{\tau} \cdot u_{\tau+t}}{u'^2} \quad (5)$$

[0046] 式中, u_{τ} 、 $u_{\tau+t}$ 表示测点间隔时间 t 的脉动流速,其他物理意义同前。

[0047] 将电机开至一定转速时,通过测速仪器测量脉动流速,在通过以上公式,便可获得电机转速和剪切率之间的关系。

[0048] 本实施例中的测速仪器为Acoustic Doppler Velocimeter声学多普勒测速仪器,所使用到的浓度测量装置可选用南开大学电子信息与光学工程学院刘伟伟课题组研制的微型悬浮固体图像传感器。该仪器由光源、探头(发光探头与接收探头)、光纤(传光光纤与光纤传像束)、相机等几部分组成。在装置工作时,将发光探头与接收探头相互连接,并把其放入待测浓度的水体中,打开光源,光从发光探头发出经过水体中颗粒的折射与发射,被接收探头所接收,接收探头将接收到的图像经过光纤传到相机里,并显示在计算机的显示器中,通过分析所拍摄的图像便可以得到水体中待测的浓度与颗粒的粒径。

[0049] 本发明并不限于上文描述的实施方式。以上对具体实施方式的描述旨在描述和说明本发明的技术方案,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,并不是限制性的。在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,本领域的普通技术人员在本发明的启示下还可做出很多形式的具体变换,这些均属于本发明的保护范围之内。

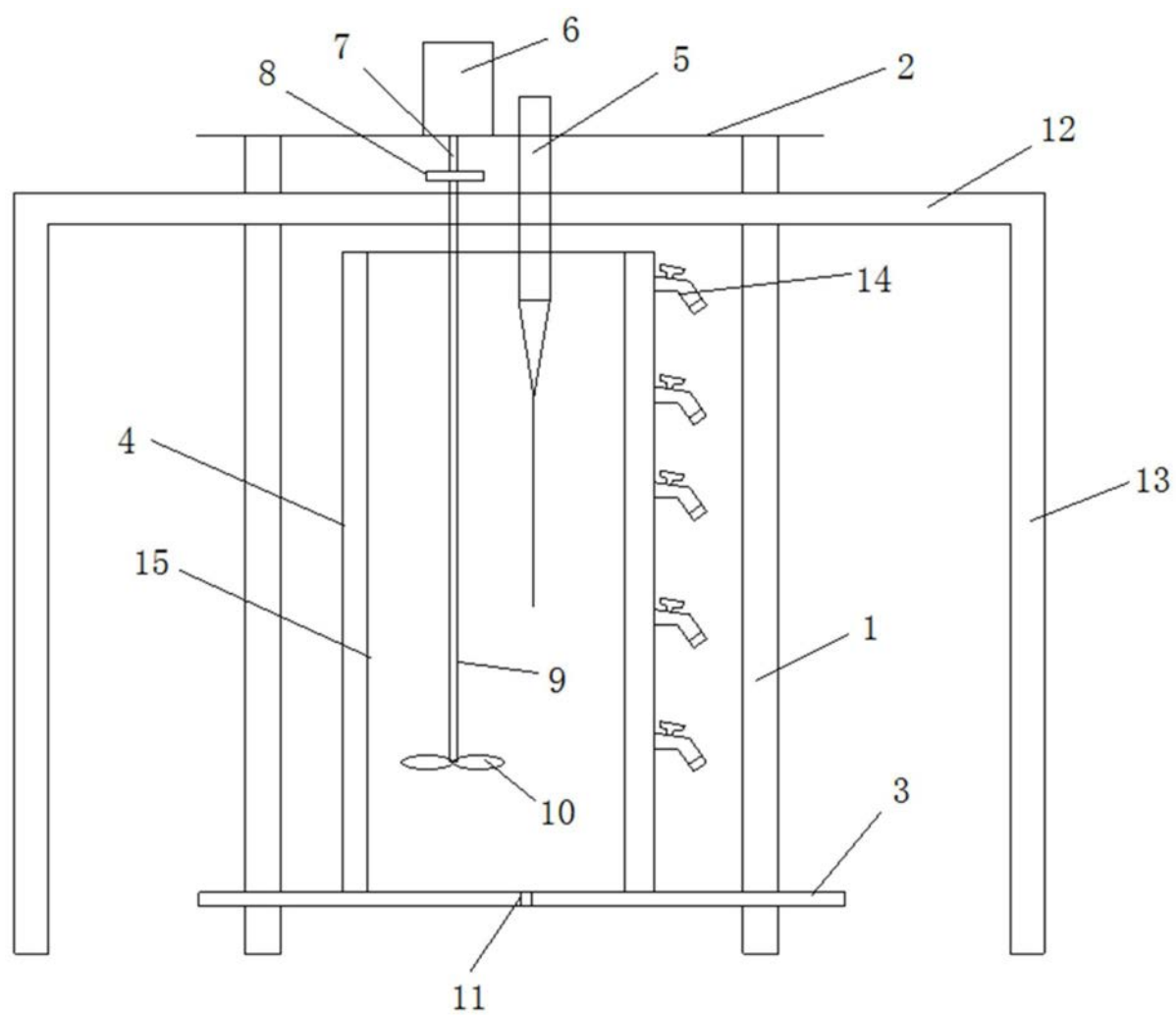


图1

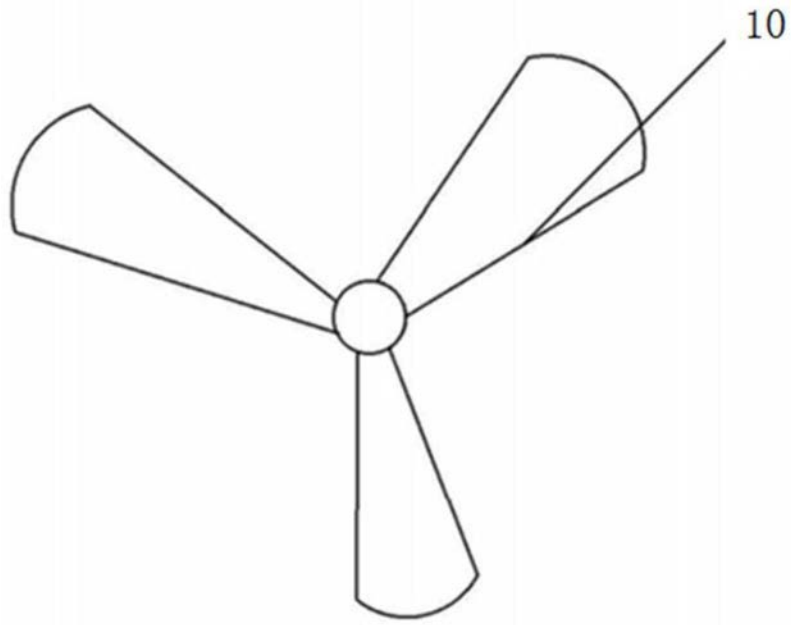


图2

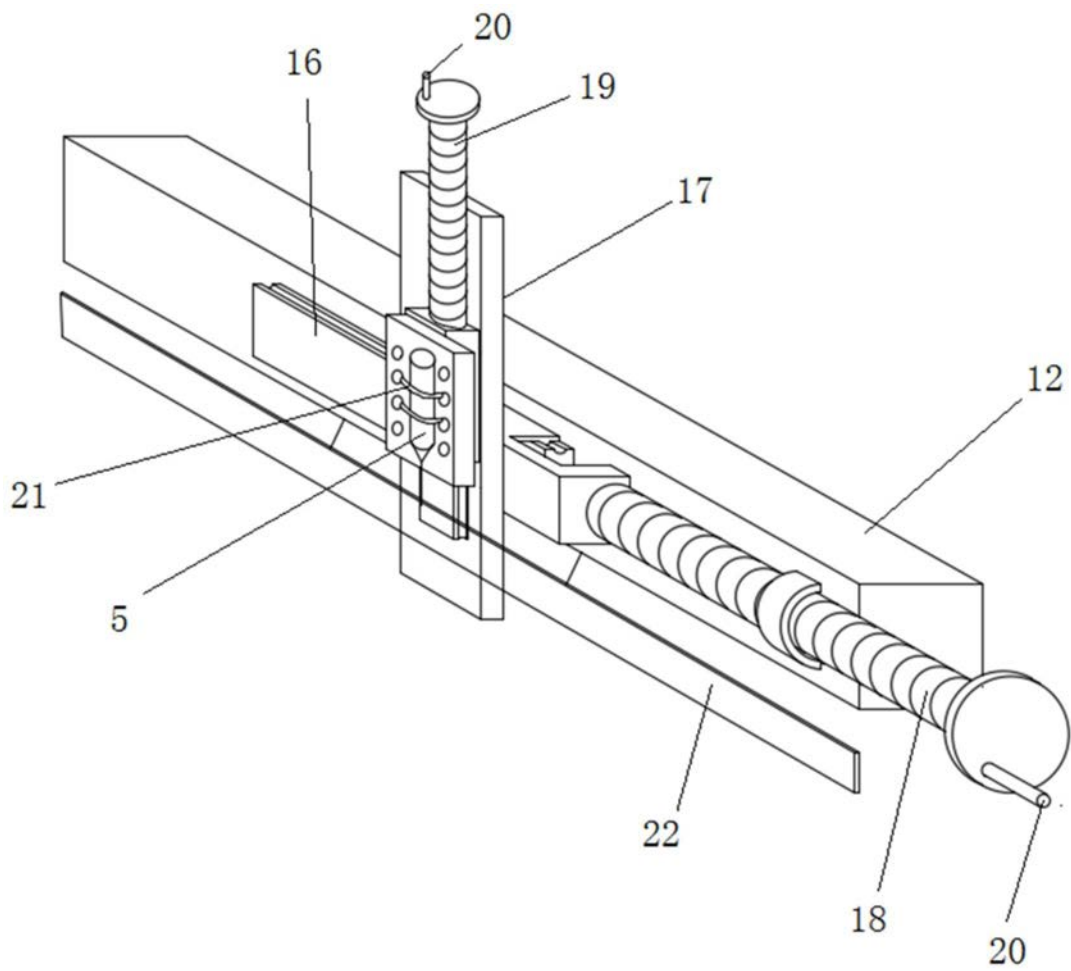


图3

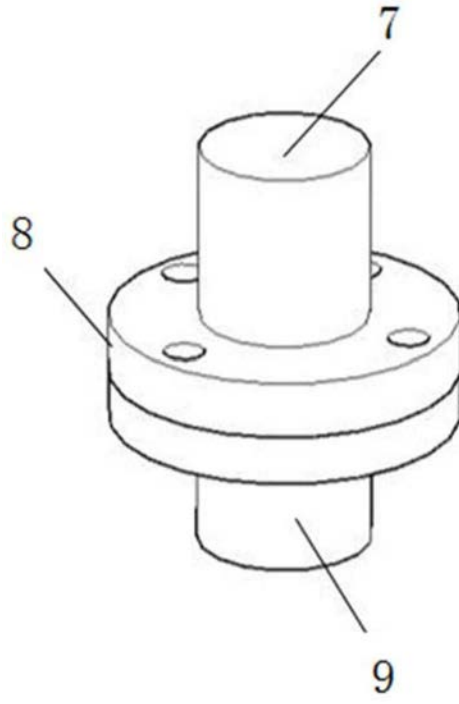


图4

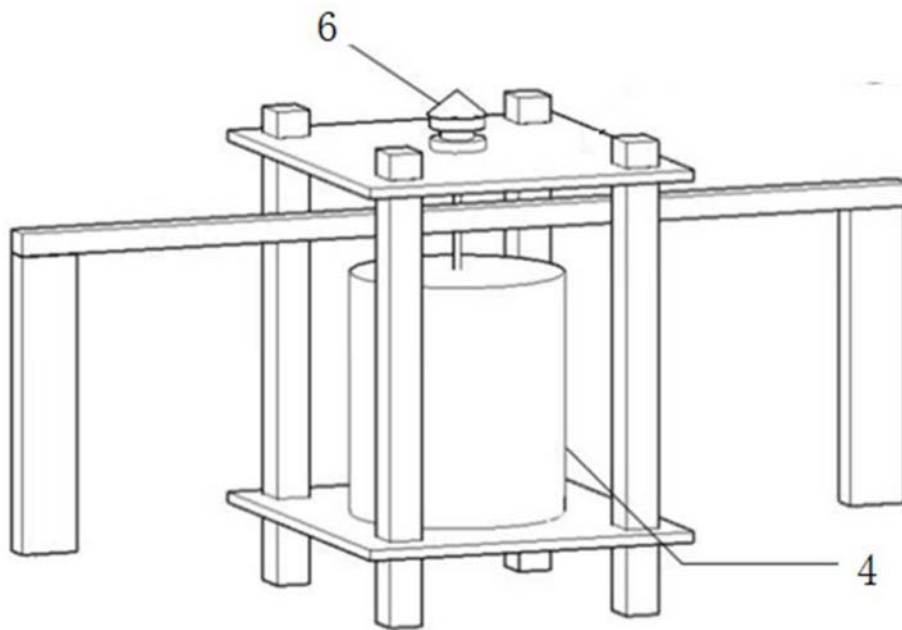


图5