

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102032902 A

(43) 申请公布日 2011. 04. 27

(21) 申请号 201010502055. 4

(22) 申请日 2010. 09. 30

(71) 申请人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市甘井子区凌工路  
2号

(72) 发明人 徐向舟 徐飞龙 刘亚坤 王书芳

(74) 专利代理机构 大连理工大学专利中心  
21200

代理人 梅洪玉

(51) Int. Cl.

G01C 11/00(2006. 01)

G01C 11/02(2006. 01)

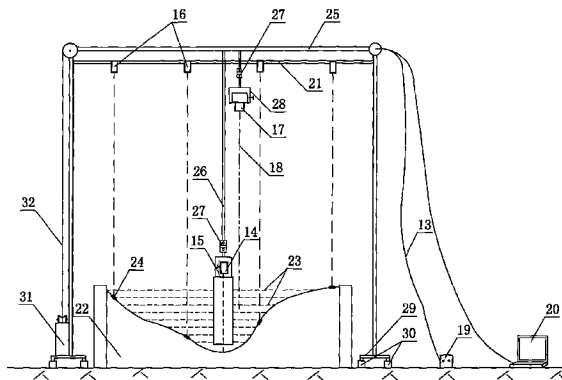
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种冲刷地形的三维观测方法

(57) 摘要

一种冲刷地形的三维观测方法,属于地形测量领域。其特征是通过全平面激光投射机和地形图像标定装置向被测冲刷地形发射全平面激光和激光定位点斑;全平面激光在地形表面形成等高线,激光定位点斑则作为地形图像尺寸率定和变形校正的控制点;按一定步距平移或升降全平面激光投射机,利用图像采集装置采集不同起始高程的地形图像并经计算机软件进行叠加融合,实现地形表面点的密集采集;依据图像中激光线条的几何信息获取地形表面点的三维坐标,得到微间距数字地形等高线图,实现对冲刷地形的非接触式三维测量及其三维模型的计算分析。整套系统具有较高的观测效率和精度,适用于河工模型试验中地形三维观测方面研究。



1. 一种冲刷地形的三维观测方法,利用冲刷地形的三维观测装置,获取被测冲刷地形(22)表面点群的空间坐标信息,经计算机软件率定、校正、叠加融合不同起始高程的地形图像,形成被测地形微间距的数字地形等高线图,实现对冲刷地形(22)的非接触式三维测量及其三维模型的计算分析;其特征包括如下步骤:

1) 把不同起始高程的地形图像导入到计算机软件,根据激光定位点斑(24)的坐标值对地形图像进行尺寸率定和变形校正,并根据各面激光之间的已知间距依次对图像中的激光线条进行赋值,形成不同起始高程的地形等值线图,按起始高程大小顺序逐次叠加融合不同起始高程的地形等值线图,便形成微间距的数字地形等高线图,实现对冲刷地形(22)的非接触式三维测量;

2) 全平面激光投射机向其周围冲刷地形(22)发射一组已知间距、水平的全平面激光(23),并与地形表面相交形成一组清晰可见的激光线条,作为地形的等高线;在全平面激光投射机自重的作用下,通过激光投射机顶部的万向节(27)自动调节全平面激光(23)的水平角度,使全平面激光(23)与水平面平行;利用点斑式激光模组(16)向被测冲刷地形(22)发射出一组相互平行且与水平面垂直的激光线,激光线与地形表面相交形成一组激光定位点斑(24),激光定位点斑(24)在水平面投影点的相对位置已知,作为地形图像尺寸率定和变形校正的控制点;

3) 通过移动支架滑动底座(29)使全平面激光投射机水平移动至被测冲刷地形(22)的最低高程点的正上方;通过主机升降机(31)按设定步距逐次升高或降低全平面激光投射机,改变激光投射机的底部高程,分别采集不同起始高程的地形图像;每次升降全平面激光投射机时,利用激光测距仪(14)精确测量其顶部到底部被测地形最低高程点的距离;由已知固定参考点的高程值和各面激光的已知间距即换算得到地形图像中各激光线条的高程值;

4) 控制数码相机(17)拍摄地形表面的激光线条和激光定位点斑(24),获取地形表面点群的空间坐标信息;利用相机重心定位盒(28)准确地确定数码相机(17)的重心位置,再配合万向节(27),在数码相机(17)自重作用下,自动调整数码相机(17)的拍摄角度,使相机主光轴(18)垂直于水平面;

所述的一种冲刷地形的三维观测装置,由全平面激光投射机、图像采集装置、地形图像标定装置、主机升降装置、固定支架结构和供电系统组成;全平面激光投射机包括多组一字线型激光模组(1)、固定套环(2)、固定螺丝(3)、微调螺丝(4)、弹簧(5)、微调支板(6)、水平固定隔板(7)、竖向固定隔板(8)、投射机主梁(9)、顶盖板(10)、侧盖板(11)、激光测距仪(14)、测距仪固定架(15)和万向节(27)组;全平面激光投射机通过万向节(27)、连接杆(26)与支架(25)连接固定;一字线型激光模组(1)通过固定套环(2)和固定螺丝(3)与微调支板(6)固定连接,通过微调螺丝(4)与水平固定隔板(7)连接,各个一字线型激光模组(1)之间采用并联电路连接,由稳压直流电源(19)提供电压;同一层的多个一字线型激光模组(1)沿圆环形的水平固定隔板(7)切向互成一夹角并排均匀布设,每层水平固定隔板(7)分为三个单元;通过调节微调螺丝(4)改变弹簧(5)的长度微调一字线型激光模组(1)发射出的面激光角度;水平固定隔板(7)与竖向固定隔板(8)、顶盖板(10)与侧盖板(11)都通过螺栓连接;

图像采集装置由数码相机(17)、计算机(20)、相机重心定位盒(28)和万向节(27)组

成；数码相机(17)固定在相机重心定位盒(28)中,通过万向节(27)与支架(25)连接,相机主光轴(18)垂直于全平面激光(23)；相机重心定位盒(28)准确定位相机的重心；计算机(20)控制数码相机(17)采集地形图像数据；

全平面激光投射机向被测冲刷地形(22)发射一组水平的全平面激光(23),与地形表面相交形成一组地形高程标示激光线条,同时地形图像标定装置向被测冲刷地形(22)发射一组激光定位点斑(24),图像采集装置实时采集冲刷地形(22)表面的空间坐标信息；

地形图像标定装置由点斑式激光模组(16)和固定支板(21)组成；点斑式激光模组(16)均匀布设在固定支板(21)上,接通电源后向被测地形发射一组相互平行且与水平面垂直的激光线；主机升降装置由主机升降机(31)和钢丝绳(32)组成；主机升降机(31)以设定步距逐次升高或降低全平面激光投射机,改变其底部高程；固定支架结构由支架(25)和支架滑动底座(29)组成。

## 一种冲刷地形的三维观测方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于地形测量技术领域,涉及到河工模型冲刷地形观测的方法。

### 背景技术

[0002] 在地形测量领域研究中,传统的测量方法是水准仪加经纬仪单点的接触式测量,随着计算机视觉理论技术的长足发展,激光测距、超声波测距、近景摄影测量、结构光测量等高效的非接触式测量方法在实践中体现出其巨大的应用潜力。目前,国内外河工模型研究中,除传统的观测技术外,常用的地形观测技术主要有以下三类:

[0003] 第一类,激光测距技术,通过向目标表面发射脉冲激光束和接受经目标表面返回的激光束,以光速在空气中传播速度为定值这一原理精确测量物体表面点到测距仪的距离,以三角定位原理计算被测物体表面点的三维坐标。激光测距仪、三维激光扫描仪是这一类的技术产品。其中三维激光扫描仪由于其具有测量精度和效率高等优点被广泛使用,同时,三维激光扫描仪是个黑箱系统,难以检校,维护困难,设备成本昂贵,一定程度上限制了其使用范围。

[0004] 第二类,超声波技术,是一种基于回声定位原理,利用超声波的发射、传播、穿透和反射等性能探测地形地貌的技术。超声地形仪具有无接触、无扰动的测量特点,对测量模型不产生干扰并能有效消除浑水中悬沙的干扰,实时校正水温水质对传播速度的影响,能够在实验室内外复杂地形及浑浊水体快速实现水下地形的测量。但是超声地形仪的测量精度受盐度水深等引起的声速变化和池底声波反射率的影响,有待于进一步提高其抗干扰和抗水声混响的能力,同时,超声地形仪测量仍属于单点、多点式的测量方式,效率有待提高。

[0005] 第三类,近景摄影测量技术,是基于双目视差原理,通过已知两个或多个摄像机近距离(距离小于100m)来获取公共视场内物体上特征点的三维坐标。张祖勋等研制的多基线数字近景摄影测量系统(张祖勋,杨生春,张剑清等.多基线-数字近景摄影测量[J].地理空间信息,2007,5(1):1-4),在较高精度的三维测量和变形观测已有成功应用实例。在自然景物中,由于物体表面的特征点并不明显,产生了两幅图像中的特征点匹配的模糊性和不唯一性,这样在施测前一般需要在被测目标表面上设置人工标志点和一定数量的控制点,测量时间较长,同时像点的匹配过程和算法比较复杂。

[0006] 结构光法是基于近景摄影测量的一种新的技术形式,它利用光源向被测物体投射光图案(光点、光线条、光栅条、光网格等),通过光视觉传感器采集物体表面被测区域图像信息,依据几何定位原理、物与像之间的透视成像关系来提取图像中光图案系列点的空间坐标信息,实现获取物体表面深度信息的一种测量方法,属于主动视觉测量方法(王宗义.线结构光视觉传感器与水下三维探测[D].哈尔滨工程大学,2005:4-12.)。结构光视觉传感器不仅具有快速、精确、高分辨力、抗干扰性好等优点,且该类传感器结构简单、经济、易于实现。目前,线结构光法及多线结构光法已广泛应用于大型工件检测安装、反向工程等技术领域。

[0007] 在河工模型研究中,模型三维信息数据采集是模型演变过程研究的一项重要工

作,而采集设备不仅要求具有良好精度和可操作性,同时需具备较高的工作效率。徐向舟等三维地貌观测方法、装置首次将结构光测量法应用于边坡重力侵蚀三维地貌的实时观测(徐向舟,徐飞龙,赵超,王书芳,张红武,三维地貌观测装置,中国发明专利,申请号:201010144655.8,2010-4-12.徐向舟,徐飞龙,赵超,许翼,郭向阳,三维地貌观测方法,中国发明专利,申请号:201010144689.7,2010-4-12.),该观测装置具有一定的观测精度和较高观测效率,但难应用于河工模型冲刷地形,特别是冲刷凹坑类的地形观测。本发明旨在基于线结构光法基础上,研究一种能够适应河工模型中各种地形的、快速精确的、简单经济的三维测量系统。

## 发明内容

[0008] 本发明利用全平面激光投射机向其周围空间发射一组与水平面平行的全平面激光,全平面激光与被测地形表面相交形成一组反映地形轮廓的激光线条,通过图像采集装置采集被测区域的地形图像信息,依据图像中激光线条的几何信息获取地形表面点的三维坐标,实现对冲刷地形的非接触式三维测量;按一定步距平移或升降全平面激光投射机,得到不同起始高程的地形图像并进行叠加处理,密集采集地形表面点,得到微间距数字地形等高线图。

[0009] 本发明的技术方案如下:

[0010] 一种冲刷地形的三维观测装置,包括全平面激光投射机、图像采集装置、地形图像标定装置、主机升降装置、固定支架结构和供电系统;

[0011] 全平面激光投射机包括多组一字线型激光模组、激光测距仪、激光模组微调支架、投射机主梁、固定隔板、盖板和万向节,全平面激光投射机的长度由被测地形最大高差确定。一字线型激光模组可采用红、绿光两种光色型号,功率可采用 50 ~ 100mW,数量由投射机的长度和观测精度要求确定;每组一字线型激光模组通过激光模组微调支架布设在一个圆环型的水平固定隔板上,激光模组之间采用并联电路连接,由稳压直流电源提供额定电压;通过激光模组微调支架微调并接通电源后,同一层水平固定隔板上的一组一字线型激光模组发射出一个全平面的激光面;多层相互平行水平固定隔板上的多组一字线型激光模组发射出一组间距已知、相互平行的全平面激光,该组全平面激光与地形表面相交所形成一组清晰可见的激光线条,该组激光线条反映地形表面的几何特征信息。同一层的多个一字线型激光模组沿圆环型的水平固定隔板切向互成一夹角并排均匀布设;为方便装置安装于维护,每一层圆环型的水平固定隔板分为三个单元。在全平面激光投射机自重的作用下,通过激光投射机顶部的万向节自动调节全平面激光的水平角度,使全平面激光与水平面平行。

[0012] 在与全平面激光垂直的铅垂平面上,每根激光线条在该平面投影线之间的距离为设计间距,则实现对地形在该方向上的一维定位,即地形高程定位;在与全平面激光平行的水平平面上,激光线条在该平面上的投影线能够直接反映地形水平面方向的几何特征,则实现对沟坡面在水平面上的二维定位。因此,每根激光线即为地形等高线。

[0013] 地形图像标定装置由点斑式激光模组和固定支板组成。点斑式激光模组可采用红、绿两种光色型号,功率可选用 5 ~ 50mW,数量由被测沟坡面范围确定,均匀布设在固定支板上,通电后向被测地形表面发射一组相互平行且与水平面垂直的激光线。该组激光线与

地形表面相交形成明亮的激光定位点斑,激光定位点斑在水平面上的投影点的相对位置不变,是一组已知的水平面点坐标。根据这组点坐标实现地形图像的尺寸率定和变形校正,为地形观测提供真实准确的地形底图。

[0014] 图像采集装置由数码相机、计算机、相机重心定位盒和万向节组成。数码相机选用单反相机并匹配标准定焦镜头,能够清晰分辨出地形表面的激光线条和激光定位点斑,并能配合计算机程序遥控拍摄;相机重心定位盒能够准确地确定相机的重心位置,再配合万向节,利用数码相机自重作用,自动调整数码相机的拍摄角度,使相机主光轴垂直于水平面。

[0015] 主机升降装置由主机升降机和钢丝绳组成,主机升降机采用步进电机作为动力源,控制全平面激光投射机底部高程。通过移动支架滑动底座使全平面激光投射机水平移动至被测冲刷地形的最低高程点的正上方;通过主机升降机按一定步距逐次升高或降低全平面激光投射机,改变激光投射机的底部高程,分别采集不同起始高程的地形图像。每次升降全平面激光投射机时,利用激光测距仪精确测量其顶部到底部被测地形最低高程点的距离,由已知固定参考点的高程值和各面激光的已知间距即可换算得到地形图像中各激光线条的高程值。

[0016] 把不同起始高程的地形图像导入到计算机软件,首先根据激光定位点斑的坐标值对地貌图像进行尺寸率定和变形校正,其次根据各面激光之间的已知间距依次对图像中的激光线条进行赋值,形成不同起始高程下的地形等值线图,按起始高程大小顺序逐次叠加融合不同起始高程的地形等值线图,便形成微间距的数字地形等高线图,实现对冲刷地形的非接触式三维测量。

[0017] 本发明的有益效果是能够快速准确地采集冲刷地形表面点群的空间坐标信息;输出微间距的数字地形等高线图及相应的地形高程图;结合计算软件形成地形的三维模型,进行地形表面的点空间坐标、面积、体积、断面等分析计算;整套系统具有较高的观测效率和观测精度,适用于河工模型试验中地形观测、冲刷量定量观测等方面研究。

## 附图说明

[0018] 附图 1 是本发明的工作原理图。

[0019] 附图 2 是本发明的全平面激光投射机构造图。

[0020] 附图 3 是本发明的激光模组微调支架构造图。

[0021] 图中:1 一字线型激光模组;2 固定套环;3 固定螺丝;4 微调螺丝;5 弹簧;

[0022] 6 微调支板;7 水平固定隔板;8 竖向固定隔板;9 投射机主梁;10 顶盖板;

[0023] 11 侧盖板;12 激光出射孔;13 模组供电线路;14 激光测距仪;

[0024] 15 测距仪固定架;16 点斑式激光模组;17 数码相机;18 相机主光轴;

[0025] 19 稳压直流电源;20 计算机;21 固定支板;22 冲刷地形;23 全平面激光;

[0026] 24 激光定位点斑;25 支架;26 连接杆;27 万向节;28 相机重心定位盒;

[0027] 29 支架滑动底座;30 可制动脚轮;31 主机升降机;32 钢丝绳。

## 具体实施方式

[0028] 以下结合附图和实施例对本发明进行进一步说明。

[0029] 实施例 1

[0030] 冲刷地形观测方法具体步骤如下：

[0031] 步骤 1

[0032] 安装全平面激光投射机，把它调整到合适的观测高度，接通电源使全平面激光投射机向其周围空间地形发射一组水平的全平面激光 23。全平面激光投射机通过连接杆 26 与支架 25 连接固定，在其自重的作用下通过万向节 27 自动调平全平面激光 23 的水平角度，使全平面激光与水平面平行。全平面激光投射机中的多组一字线型激光模组 1 通电后通过侧盖板 11 上的激光出射孔 12 向冲刷地形 22 发射一组已知间距的、相互平行的全平面激光 23，与冲刷地形 22 表面相交形成一组清晰可见的激光线条，该组激光线反映冲刷地形 22 的表面几何特征。见图 1 和图 2。

[0033] 其中，全平面激光投射机由多组一字线型激光模组 1、固定套环 2、固定螺丝 3、微调螺丝 4、弹簧 5、微调支板 6、水平固定隔板 7、竖向固定隔板 8、投射机主梁 9、顶盖板 10、侧盖板 11、模组供电线路 13、激光测距仪 14、测距仪固定架 15 和万向节 27 组成；一字线型激光模组 1 通过固定套环 2 和固定螺丝 3 与微调支板 6 固定连接，通过微调螺丝 4 与水平固定隔板 7 连接；水平固定隔板 7 与竖向固定隔板 8、侧盖板 11 与顶盖板 10 都通过螺栓连接。通过调节微调螺丝 4 改变弹簧 5 的长度微调一字线型激光模组 1 发射出的面激光角度；全平面激光投射机长度由被观测冲刷地形 22 最大高差确定。

[0034] 一字线型激光模组 1 的数量由全平面激光投射机长度和观测精度要求确定，之间采用并联电路连接，由稳压直流电源 19 和供电线路 13 提供 3 ~ 5V 电压，通过微调螺丝 4 和弹簧 5 微调一字线型激光模组 1 发射出的面激光。见图 2 和图 3。

[0035] 步骤 2

[0036] 在被测冲刷地形 22 上方的固定支板 21 上，均匀布设至少 4 个点斑式激光模组 16，通电后向冲刷地形 22 发出一组相互平行且与水平面垂直的激光线，与冲刷地形 22 相交形成明亮的激光定位点斑 24；激光定位点斑 24 水平面投影点之间的相对位置应根据冲刷地形 22 大小设定，作为地形图像尺寸率定和变形校正的控制点。点斑式激光模组 16 之间采用并联电路连接，功率可为 5 ~ 50mW，由额定稳压直流电源 19 提供电力。

[0037] 步骤 3

[0038] 调节数码相机 17 拍摄角度，使相机的主光轴与水平面垂直，由计算机 20 程序控制数码相机 17 采集被测地形 22 上激光线条和激光定位点斑 24 图像信息。相机重心定位盒 28 确定相机的重心，数码相机 17 在自重的作用下，通过相机重心定位盒 28 上端的万向节 27 自动调节数码相机 17 拍摄角度，使相机主光轴 18 垂直于水平面。

[0039] 步骤 4

[0040] 控制主机升降机 31 按一定步距升高或降低全平面激光投射机，改变全平面激光投射机底部高程，每升高或降低一次全平面激光投射机，计算机 20 遥控数码相机 17 拍摄一次地形图像，得到一组不同起始高程的地形图像，同时激光测距仪 14 测量一次投射机顶部到底部地形的距离。

[0041] 步骤 5

[0042] 把地形图像导入到计算机软件，依据激光定位点斑 24 已知设定的坐标值对地形图像进行尺寸率定和变形校正，对图像中的激光线条进行赋值并转化为等值线，叠加不同

起始高程图像中的等值线图形成微间距数字地形等高线图；同时建立被测冲刷地形 22 的三维模型，进行相关计算分析。



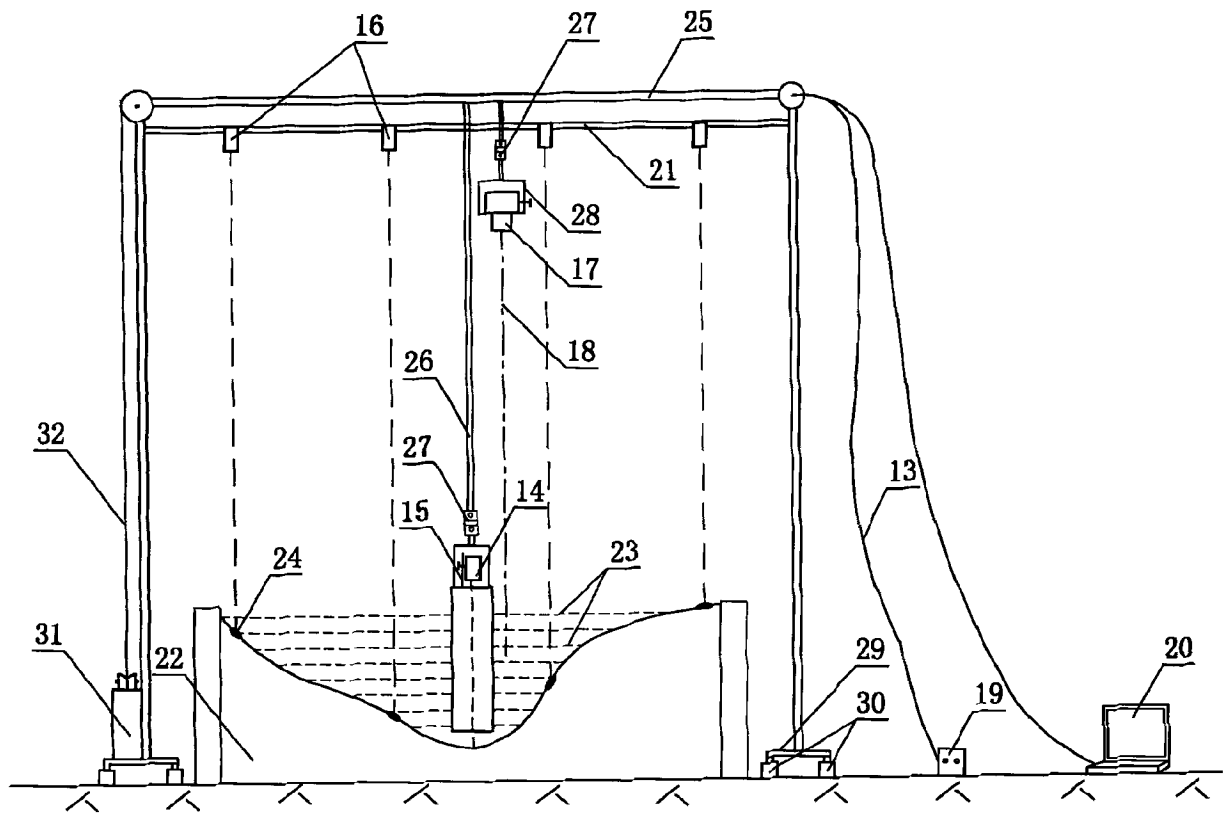


图 1

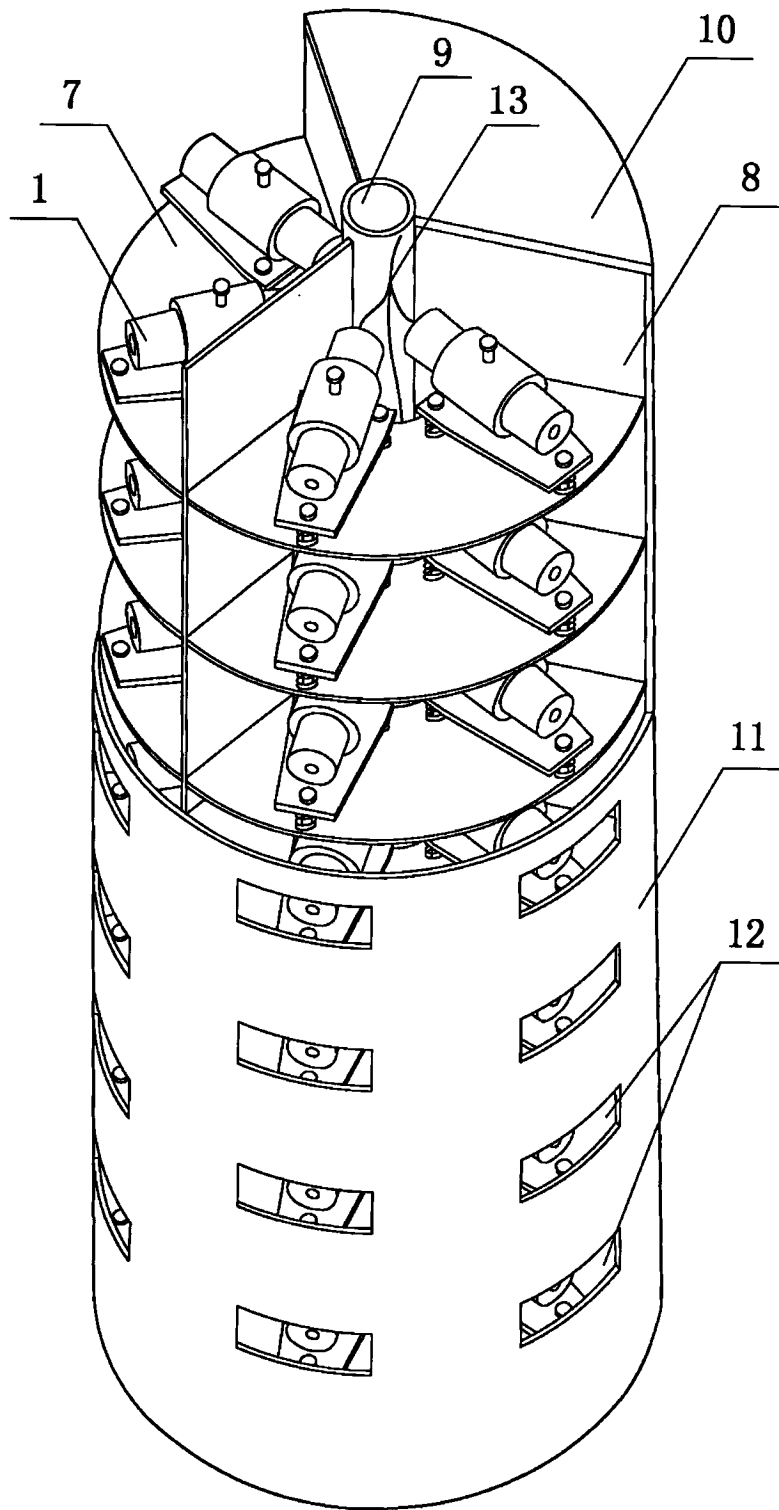


图 2

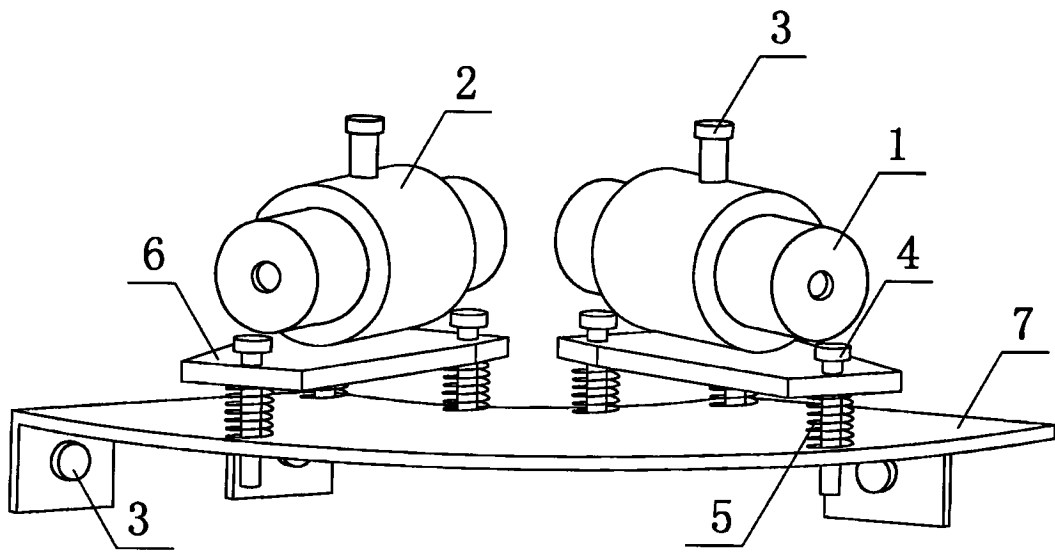


图 3