



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103591939 A

(43) 申请公布日 2014. 02. 19

(21) 申请号 201310520389. 8

(22) 申请日 2013. 10. 29

(71) 申请人 中国科学院力学研究所  
地址 100190 北京市海淀区北四环西路 15 号

(72) 发明人 臧志鹏 高福平 姜海洋

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11390  
代理人 王艺

(51) Int. Cl.  
G01C 11/02(2006. 01)  
G01C 13/00(2006. 01)

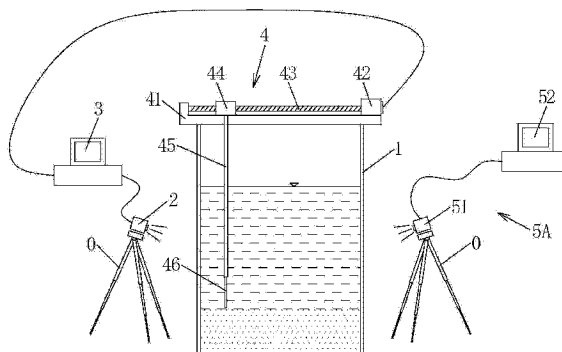
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

基于主动立体视觉技术的模拟海床地形测量方法及测量装置

(57) 摘要

本发明公开一种基于主动立体视觉技术的模拟海床地形测量方法及测量装置,本发明采用立体视觉技术,即将双目相机布置在实验水槽的外侧,透过实验水槽的玻璃侧壁非接触地测量模拟海床的地形变化,不会对局部流场产生干扰,而且可以对整个模拟海床地形进行同步采集;本发明将主动视觉技术用于水下测量,即利用辅助的结构光透过实验水槽的玻璃侧壁照射水下地形,在地形上形成密集的结构化纹理或者点阵,使相机更容易分辨,同时也增加了地形特征点的数量,结合以高分辨率相机,可以获得较高精度的地形数据。本发明具有能够非接触、同步、高精度地测量模拟海床地形的优点,解决了现有技术存在的对应问题。



1. 一种基于主动立体视觉技术的模拟海床地形测量方法,其特征在于包括以下步骤:(1)在至少有一侧壁上有玻璃的实验水槽的一玻璃侧壁外侧布置双目相机,使双目相机正对该玻璃侧壁的玻璃,相机镜头对准实验水槽中模拟海床的被测地形,将双目相机通过数据线与控制主机内的图像采集卡连接,由控制主机自动采集图像,并进行分析和处理;(2)用标定系统标定双目相机对距离其不同远近位置处的点所采集到的图像的空间坐标,标定系统至少包括一上面精确地绘有黑白相间正方块图案的平板状标定板,标定时,将标定板竖直伸入实验水槽内,使标定板的中心高度与正式实验时海床的平均高度一致,标定板上绘有黑白相间正方块图案的面与双目相机正对的玻璃侧壁平行,且朝向双目相机侧,然后,使标定板沿水平方向一步步地从实验水槽的靠近双目相机的玻璃侧壁处移动到正对的远离双目相机的侧壁处,同时,双目相机对起始位置起每一步位置处的标定板进行图像采集,直到终点位置,以确定在不同位置处采集到的图像的空间标定系数;标定完成后,将标定板提升至实验水槽的水面之上;(3)用砂雨法海床制备系统在实验水槽内制备出模拟海床;(4)用主动结构光系统向模拟海床投射一幅能覆盖整个被测量区域的静止的结构化纹理图像、网格图像或激光点阵图像,或定时出现的激光点阵图像,并设定好双目相机的拍摄频率;(5)用波流控制系统在实验水槽内产生波流,以模拟海流和波浪,进行正式的海床冲刷试验;(6)由双目相机对实验水槽中投射有图像的模拟海床地形进行拍摄,控制主机对采集到的模拟海床地形图像进行分析和处理,基于已有的标定系数,得到模拟海床地形的三维数据。

2. 一种基于主动立体视觉技术的模拟海床地形测量装置,其特征在于:包括实验水槽,砂雨法海床制备系统、波流控制系统、双目相机、控制主机、标定系统、主动结构光系统,所述实验水槽至少有一侧壁上有玻璃;所述双目相机布置在实验水槽的一玻璃侧壁的外侧,且正对该玻璃侧壁的玻璃,相机镜头对准实验水槽中模拟海床的被测地形;双目相机通过数据线与控制主机内的图像采集卡连接,由控制主机自动采集图像,并进行分析和处理;所述标定系统用于标定双目相机对距离其不同远近位置处的点所采集到的图像的空间坐标,所述标定系统至少包括一上面精确地绘有黑白相间正方块图案的平板状标定板;所述砂雨法海床制备系统用于在实验水槽内制备出模拟海床;所述波流控制系统用于在实验水槽内产生模拟海流和波浪,进行海床冲刷试验;主动结构光系统用于向模拟海床投射一幅能覆盖整个被测量区域的静止的结构化纹理图像、网格图像或激光点阵图像,或定时出现的激光点阵图像。

3. 根据权利要求2所述的基于主动立体视觉技术的模拟海床地形测量装置,其特征在于:所述标定系统包括底座、步进电机,滚珠丝杠、滑动螺母、连接杆、标定板,所述底座横跨在实验水槽的靠近双目相机的玻璃侧壁和另一相对的侧壁之上,底座的一端安装有步进电机,步进电机与所述控制主机连接,滚珠丝杠的一端与步进电机传动连接,另一端通过轴承设置在底座的另一端上,滑动螺母配合设置在滚珠丝杠上,滑动螺母上竖直安装连接杆,连接杆的下端竖直安装标定板。

4. 根据权利要求2所述的基于主动立体视觉技术的模拟海床地形测量装置,其特征在于:所述实验水槽至少有一组相对的侧壁上均有玻璃,所述双目相机和主动结构光系统分别正对布置在一组相对的玻璃侧壁的两侧。

5. 根据权利要求2所述的基于主动立体视觉技术的模拟海床地形测量装置,其特征在

于:所述主动结构光系统包括投影仪和投影主机,所述投影仪和投影主机连接,投影仪镜头对准实验水槽中模拟海床的被测地形,向模拟海床投射一幅能覆盖整个被测量区域的静止的结构化纹理图像或网格图像。

6. 根据权利要求 2 所述的基于主动立体视觉技术的模拟海床地形测量装置,其特征在于:所述主动结构光系统包括连续式激光器、激光导臂和激光点阵透镜,所述激光导臂一端连接连续式激光器的发射端,另一端连接激光点阵透镜,激光点阵透镜对准实验水槽中模拟海床的被测地形,且其发射的连续激光点阵覆盖实验水槽中模拟海床的被测地形。

7. 根据权利要求 2 所述的基于主动立体视觉技术的模拟海床地形测量装置,其特征在于:所述主动结构光系统包括同步器、脉冲式激光器、激光导臂和激光点阵透镜,所述同步器分别与脉冲式激光器、双目相机和控制主机连接,由控制主机设定同步器参数,同步控制双目相机采集频率和脉冲式激光器的照射频率,所述激光导臂一端连接脉冲式激光器的发射端,另一端连接激光点阵透镜,激光点阵透镜对准实验水槽中模拟海床的被测地形,且其发射的连续激光点阵覆盖实验水槽中模拟海床的被测地形。

## 基于主动立体视觉技术的模拟海床地形测量方法及测量装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及实验室模拟海床地形测量方法及测量装置。

### 背景技术

[0002] 海洋工程中由于海流和波浪对海床的长期冲刷侵蚀作用以及海底沙波的推移,使坐落在海床中的海洋平台和海上风电设备的基础以及海底输油管线等发生裸露甚至悬空,造成整体结构的失稳,引发严重的灾难。海床地形演变是一个动态的过程,对于海床地形的精确、实时测量是研究沙波运动和局部冲刷机理及规律的重要基础。

[0003] 实验室模拟是研究海床地形演变对海洋工程结构物影响的一种重要手段。实验室模拟海床地形变化包括大尺度的沙波运移和结构物周围小尺度的局部冲刷。目前,实验室通常采用超声波或激光测距仪类型的地形仪通过空间逐点扫描进行水下地形测量。基于超声和激光特性,探头必须伸入水面以下往复运动对地形进行扫描,因此在测量方式上属于接触式测量和非同步测量。探头的存在会对局部流场,尤其是对模拟海洋工程结构物周围的流场,产生明显的干扰。非同步测量会难以捕捉某些特殊情况下迅速变化的整个模拟海床地形,比如冲刷起动的瞬间。

[0004] 此外,通常基于被动视觉进行的图像采集,地形特征点数量较少,且计算机不容易分辨,获取的地形数据精度不高,

### 发明内容

[0005] 针对现有技术存在的问题,本发明提供一种基于主动立体视觉技术的模拟海床地形测量方法及测量装置,以非接触、同步、高精度地测量模拟海床的地形。

[0006] 为了实现上述目的,本发明的技术方案如下:

[0007] 一种基于主动立体视觉技术的模拟海床地形测量方法,其包括以下步骤:(1)在至少有一侧壁上有玻璃的实验水槽的一玻璃侧壁外侧布置双目相机,使双目相机正对该玻璃侧壁的玻璃,相机镜头对准实验水槽中模拟海床的被测地形,将双目相机通过数据线与控制主机内的图像采集卡连接,由控制主机自动采集图像,并进行分析和处理;(2)用标定系统标定双目相机对距离其不同远近位置处的点所采集到的图像的空间坐标,标定系统至少包括一上面精确地绘有黑白相间正方块图案的平板状标定板,标定时,将标定板竖直伸入实验水槽内,使标定板的中心高度与正式实验时海床的平均高度一致,标定板上绘有黑白相间正方块图案的面与双目相机正对的玻璃侧壁平行,且朝向双目相机侧,然后,使标定板沿水平方向一步步地从实验水槽的靠近双目相机的玻璃侧壁处移动到正对的远离双目相机的侧壁处,同时,双目相机对起始位置起每一步位置处的标定板进行图像采集,直到终点位置,以确定在不同位置处采集到的图像的空间标定系数;标定完成后,将标定板提升至实验水槽的水面之上;(3)用砂雨法海床制备系统在实验水槽内制备出模拟海床;(4)用主动结构光系统向模拟海床投射一幅能覆盖整个被测量区域的静止的结构化纹理图像、网格

图像或激光点阵图像,或定时出现的激光点阵图像,并设定好双目相机的拍摄频率;(5)用波流控制系统在实验水槽内产生波流,以模拟海流和波浪,进行正式的海床冲刷试验;(6)由双目相机对实验水槽中投射有图像的模拟海床地形进行拍摄,控制主机对采集到的模拟海床地形图像进行分析和处理,基于已有的标定系数,得到模拟海床地形的三维数据。

[0008] 特别阐明:所述主动结构光指能够投射出结构化纹理图像、网格图像或激光点阵图像的光学系统或光电系统。

[0009] 一种基于主动立体视觉技术的模拟海床地形测量装置,其包括实验水槽,砂雨法海床制备系统、波流控制系统、双目相机、控制主机、标定系统、主动结构光系统,所述实验水槽至少有一侧壁上有玻璃;所述双目相机布置在实验水槽的一玻璃侧壁的外侧,且正对该玻璃侧壁的玻璃,相机镜头对准实验水槽中模拟海床的被测地形;双目相机通过数据线与控制主机内的图像采集卡连接,由控制主机自动采集图像,并进行分析和处理;所述标定系统用于标定双目相机对距离其不同远近位置处的点所采集到的图像的空间坐标,所述标定系统至少包括一上面精确地绘有黑白相间正方块图案的平板状标定板;所述砂雨法海床制备系统用于在实验水槽内制备出模拟海床;所述波流控制系统用于在实验水槽内产生模拟海流和波浪,进行海床冲刷试验;主动结构光系统用于向模拟海床投射一幅能覆盖整个被测量区域的静止的结构化纹理图像、网格图像或激光点阵图像,或定时出现的激光点阵图像。

[0010] 优选地,所述标定系统包括底座、步进电机,滚珠丝杠、滑动螺母、连接杆、标定板,所述底座横跨在实验水槽的靠近双目相机的玻璃侧壁和另一相对的侧壁之上,底座的一端安装有步进电机,步进电机与所述控制主机连接,滚珠丝杠的一端与步进电机传动连接,另一端通过轴承设置在底座的另一端上,滑动螺母配合设置在滚珠丝杠上,滑动螺母上竖直安装连接杆,连接杆的下端竖直安装标定板。

[0011] 优选地,所述实验水槽至少有一组相对的侧壁上均有玻璃,所述双目相机和主动结构光系统分别正对布置在一组相对的玻璃侧壁的两侧。

[0012] 优选地,所述主动结构光系统包括投影仪和投影主机,所述投影仪和投影主机连接,投影仪镜头对准实验水槽中模拟海床的被测地形,向模拟海床投射一幅能覆盖整个被测量区域的静止的结构化纹理图像或网格图像。

[0013] 优选地,所述主动结构光系统包括连续式激光器、激光导臂和激光点阵透镜,所述激光导臂一端连接连续式激光器的发射端,另一端连接激光点阵透镜,激光点阵透镜对准实验水槽中模拟海床的被测地形,且其发射的连续激光点阵覆盖实验水槽中模拟海床的被测地形。

[0014] 优选地,所述主动结构光系统包括同步器、脉冲式激光器、激光导臂和激光点阵透镜,所述同步器分别与脉冲式激光器、双目相机和控制主机连接,由控制主机设定同步器参数,同步控制双目相机采集频率和脉冲式激光器的照射频率,所述激光导臂一端连接脉冲式激光器的发射端,另一端连接激光点阵透镜,激光点阵透镜对准实验水槽中模拟海床的被测地形,且其发射的连续激光点阵覆盖实验水槽中模拟海床的被测地形。

[0015] 本发明采用立体视觉技术,即将双目相机布置在实验水槽的外侧,透过实验水槽的玻璃侧壁非接触地测量模拟海床的地形变化,不会对局部流场产生干扰,而且可以对整个模拟海床地形进行同步采集;本发明将主动视觉技术用于水下测量,即利用辅助的结构

光透过实验水槽的玻璃侧壁照射水下地形,在地形上形成密集的结构化纹理或者点阵,使相机更容易分辨,同时也增加了地形特征点的数量,结合以高分辨率相机,可以获得较高精度的地形数据。

[0016] 本发明具有能够非接触、同步、高精度地测量模拟海床地形的优点,解决了现有技术存在的对应问题。

### 附图说明

[0017] 图 1 ~ 3 是本发明采用 3 种不同的主动结构光系统的模拟海床地形测量装置的示意图;

[0018] 图中:0、三角架;1、实验水槽;2、双目相机;3、控制主机;4、标定系统;41、底座;42、步进电机;43、滚珠丝杠;44、滑动螺母;45、连接杆;46、标定板;5A、主动结构光系统;5B、主动结构光系统;5C 主动结构光系统;51、投影仪;52、投影主机;53、激光点阵透镜;54、激光导臂;55、连续式激光器;56、脉冲式激光器;57、同步器。

### 具体实施方式

[0019] 下文中将结合附图对本发明的实施例进行详细说明。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

[0020] 参照图 1 ~ 3,本实施例的基于主动立体视觉技术的模拟海床地形测量方法包括以下步骤:(1)在至少有一组相对的侧壁上均有玻璃的实验水槽 1 的一组相对的玻璃侧壁外分别布置双目相机 2 和主动结构光系统 5A/5B/5C,使双目相机 2 和主动结构光系统 5A/5B/5C 正对,使双目相机 2 正对玻璃侧壁的玻璃,相机镜头以一定的俯角对准实验水槽 1 中模拟海床的被测地形,将双目相机 2 通过数据线与控制主机 3 内的图像采集卡连接,由控制主机 3 自动采集图像,并进行分析和处理,使主动结构光系统 5A/5B/5C 的镜头以一定的俯角对准实验水槽 1 中模拟海床的被测地形;(2)用标定系统 4 标定双目相机 2 对距离其不同远近位置处的点所采集到的图像的空间坐标,标定系统 4 至少包括一上面精确地绘有黑白相间正方块图案的平板状标定板 46,标定时,将标定板 46 竖直伸入实验水槽 1 内,使标定板 46 的中心高度与正式实验时海床的平均高度一致,标定板 46 上绘有黑白相间正方块图案的面与双目相机 2 正对的玻璃侧壁平行,且朝向双目相机侧,然后,使标定板 46 沿水平方向一步步地从实验水槽 1 的靠近双目相机 2 的玻璃侧壁处移动到正对的远离双目相机 2 的侧壁处,同时,双目相机 2 对起始位置起每一步位置处的标定板 46 进行图像采集,直到终点位置,以确定在不同位置处采集到的图像的空间标定系数;标定完成后,将标定板 46 提升至实验水槽 1 的水面之上;(3)用砂雨法海床制备系统在实验水槽 1 内制备出模拟海床;(4)通过主动结构光系统 5A/5B/5C 的镜头向模拟海床投射一幅能覆盖整个被测量区域的静止的结构化纹理图像、网格图像或激光点阵图像,或定时出现的激光点阵图像,并设定好双目相机 2 的拍摄频率;(5)用波流控制系统在实验水槽 1 内产生波流,以模拟海流和波浪,进行正式的海床冲刷试验;(6)由双目相机 2 对实验水槽 1 中投射有图像的模拟海床地形进行拍摄,控制主机 3 对采集到的模拟海床地形图像进行分析和处理,基于已有的标定系数,得到模拟海床地形的三维数据。

[0021] 可选地,当实验水槽 1 只有一侧壁上有玻璃时,可只把双目相机 2 布置在该玻璃

侧壁外,而不再按图 1~3 那样布置主动结构光系统 5A/5B/5C,也可不采用图 1~3 中 5A/5B/5C 那样的主动结构光系统,只需在标定系统 4 完成标定后,将标定系统 4 从实验水槽 1 的顶部撤除,然后用某种主动结构光系统从实验水槽的顶部向模拟海床投射一幅能覆盖整个被测量区域的静止的结构化纹理图像、网格图像或激光点阵图像,或定时出现的激光点阵图像即可。

[0022] 为实现上述方法,对应地,一种基于主动立体视觉技术的模拟海床地形测量装置包括实验水槽 1,砂雨法海床制备系统、波流控制系统、双目相机 2、控制主机 3、标定系统 4、主动结构光系统 5A/5B/5C,实验水槽 1 至少有一组相对的侧壁上均有玻璃;双目相机 2 和主动结构光系统 5A/5B/5C 分别布置在实验水槽 1 的一组相对的玻璃侧壁外,且双目相机 2 和主动结构光系统 5A/5B/5C 正对,双目相机 2 正对实验水槽 1 的玻璃侧壁的玻璃,相机镜头以一定的俯角对准实验水槽 1 中模拟海床的被测地形;双目相机 2 通过数据线与控制主机 3 内的图像采集卡连接,由控制主机 3 自动采集图像,并进行分析和处理,主动结构光系统 5A/5B/5C 的镜头以一定的俯角对准实验水槽 1 中模拟海床的被测地形;标定系统 4 用于标定双目相机 2 对距离其不同远近位置处的点所采集到的图像的空间坐标,标定系统 4 至少包括一上面精确地绘有黑白相间正方块图案的平板状标定板 46;砂雨法海床制备系统用于在实验水槽 1 内制备出模拟海床;波流控制系统用于在实验水槽 1 内产生模拟海流和波浪,进行海床冲刷试验;主动结构光系统 5A/5B/5C 用于向模拟海床投射一幅能覆盖整个被测量区域的静止的结构化纹理图像、网格图像或激光点阵图像,或定时出现的激光点阵图像。

[0023] 可选地,当实验水槽 1 只有一侧壁上有玻璃时,可只把双目相机 2 布置在该玻璃侧壁外,而不再按图 1~3 那样布置主动结构光系统 5A/5B/5C,也可不采用图 1~3 中 5A/5B/5C 那样的主动结构光系统,只需在标定系统 4 完成标定后,将标定系统 4 从实验水槽 1 的顶部撤除,然后用某种主动结构光系统从实验水槽的顶部向模拟海床投射一幅能覆盖整个被测量区域的静止的结构化纹理图像、网格图像或激光点阵图像,或定时出现的激光点阵图像即可。

[0024] 为精确控制标定板 46 的运动,得到精确的标定系数,优选地,标定系统 4 包括底座 41、步进电机 42、滚珠丝杠 43、滑动螺母 44、连接杆 45、标定板 46,底座 41 横跨在实验水槽 1 的靠近双目相机 2 的玻璃侧壁和另一相对的侧壁之上,底座 41 的一端安装有步进电机 42,步进电机 42 与控制主机 3 连接,滚珠丝杠 43 的一端与步进电机 42 传动连接,另一端通过轴承设置在底座 41 的另一端上,滑动螺母 44 配合设置在滚珠丝杠 43 上,滑动螺母 44 上竖直安装连接杆 45,连接杆 45 的下端竖直安装标定板 46。

[0025] 优选地,主动结构光系统 5A 包括投影仪 51 和投影主机 52,投影仪 51 和投影主机 52 连接,投影仪 51 镜头以一定的俯角对准实验水槽 1 中模拟海床的被测地形,向模拟海床投射一幅能覆盖整个被测量区域的静止的结构化纹理图像或网格图像。

[0026] 优选地,主动结构光系统 5B 包括连续式激光器 55、激光导臂 54 和激光点阵透镜 53,激光导臂 54 一端连接连续式激光器 55 的发射端,另一端连接激光点阵透镜 53,激光点阵透镜 53 以一定的俯角对准实验水槽 1 中模拟海床的被测地形,且其发射的连续激光点阵覆盖实验水槽 1 中模拟海床的被测地形。

[0027] 优选地,主动结构光系统 5C 包括同步器 57、脉冲式激光器 56、激光导臂 54 和激光

点阵透镜 53, 同步器 57 分别与脉冲式激光器 56、双目相机 2 和控制主机 3 连接, 由控制主机 3 设定同步器 57 参数, 同步控制双目相机 2 的采集频率和脉冲式激光器 56 的照射频率, 激光导臂 54 一端连接脉冲式激光器 56 的发射端, 另一端连接激光点阵透镜 53, 激光点阵透镜 53 以一定的俯角对准实验水槽 1 中模拟海床的被测地形, 且其发射的连续激光点阵覆盖实验水槽 1 中模拟海床的被测地形。

[0028] 选用投影仪作为结构光源的成本相对很低, 对于精度要求不高或者水质条件较好的情况, 可以采用主动结构光系统 5A; 对于精度要求相对较高, 或者水质条件不好的情况, 可采用主动结构光系统 5B 或 5C 进行激光照射, 但激光照射的成本相对较高。当采用主动结构光系统 5C 时, 还需用主机控制的同步器将脉冲式激光器的激光脉冲发射频率与双目相机的图像采集频率进行同步。

[0029] 此外, 用控制主机处理通过双目相机获取的图片时, 还需考虑光线在空气—玻璃—水体界面处的折射问题。由于双目相机布置在实验水槽外, 并透过实验水槽的玻璃侧壁拍摄实验水槽内水下的地形, 因此, 光线会在空气—玻璃—水体的界面处发生多次的折射, 从而引起获取图片的变形和失真, 故在处理图片时, 需要进行修正和补偿。

[0030] 本发明采用立体视觉技术, 即将双目相机布置在实验水槽的外侧, 透过实验水槽的玻璃侧壁非接触地测量模拟海床的地形变化, 不会对局部流场产生干扰, 而且可以对整个模拟海床地形进行同步采集; 本发明将主动视觉技术用于水下测量, 即利用辅助的结构光透过实验水槽的玻璃侧壁照射水下地形, 在地形上形成密集的结构化纹理或者点阵, 使相机更容易分辨, 同时也增加了地形特征点的数量, 结合以高分辨率相机, 可以获得较高精度的地形数据。

[0031] 本发明具有能够非接触、同步、高精度地测量模拟海床地形的优点, 解决了现有技术存在的对应问题。

[0032] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已, 并不用于限制本发明, 对于本领域的技术人员来说, 本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内, 所作的任何修改、等同替换、改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。



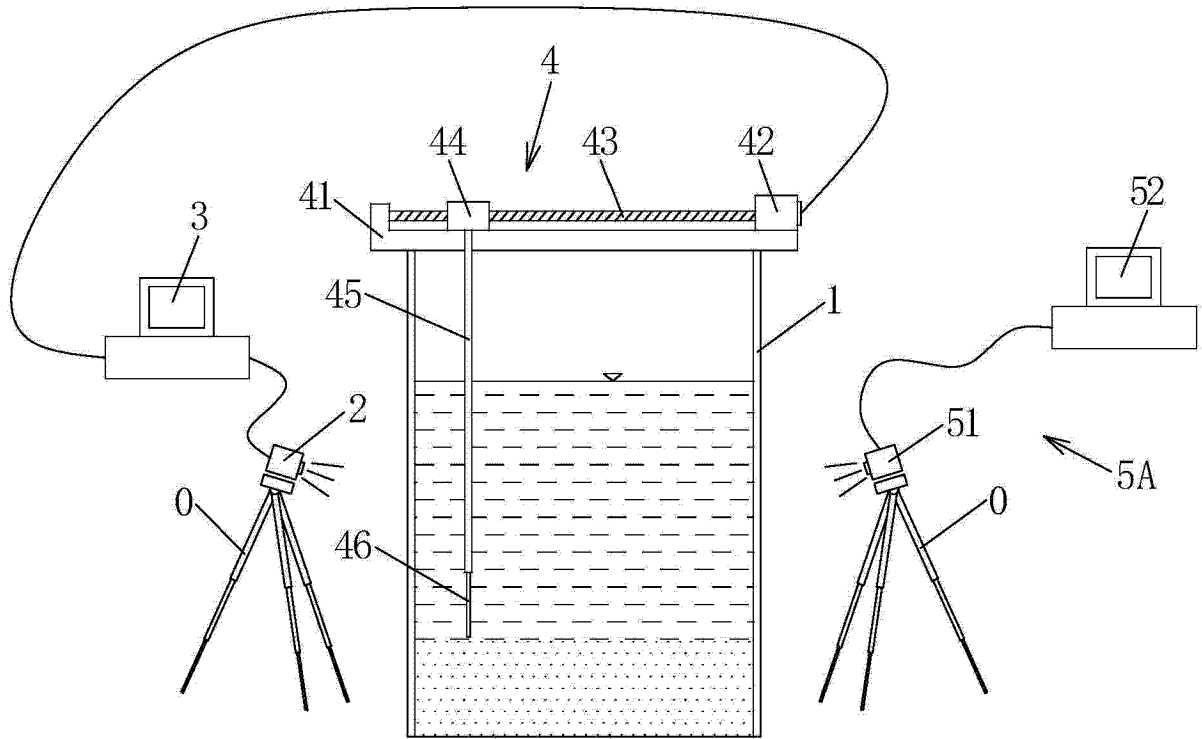


图 1

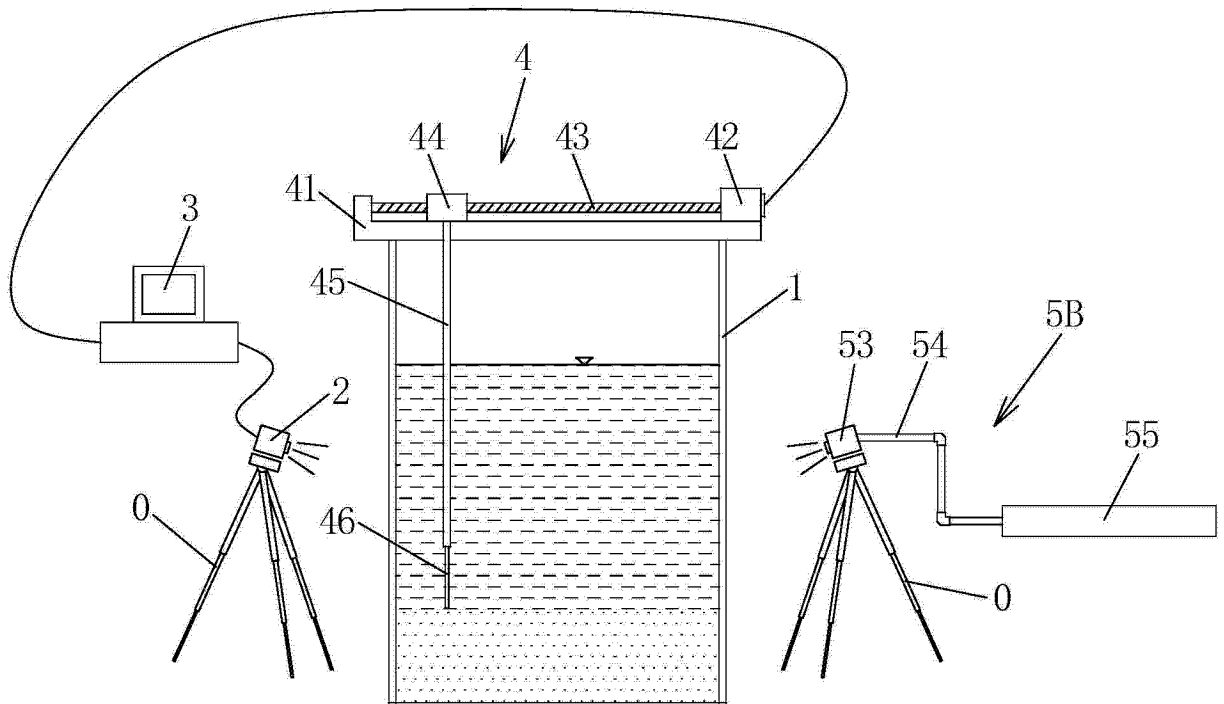


图 2

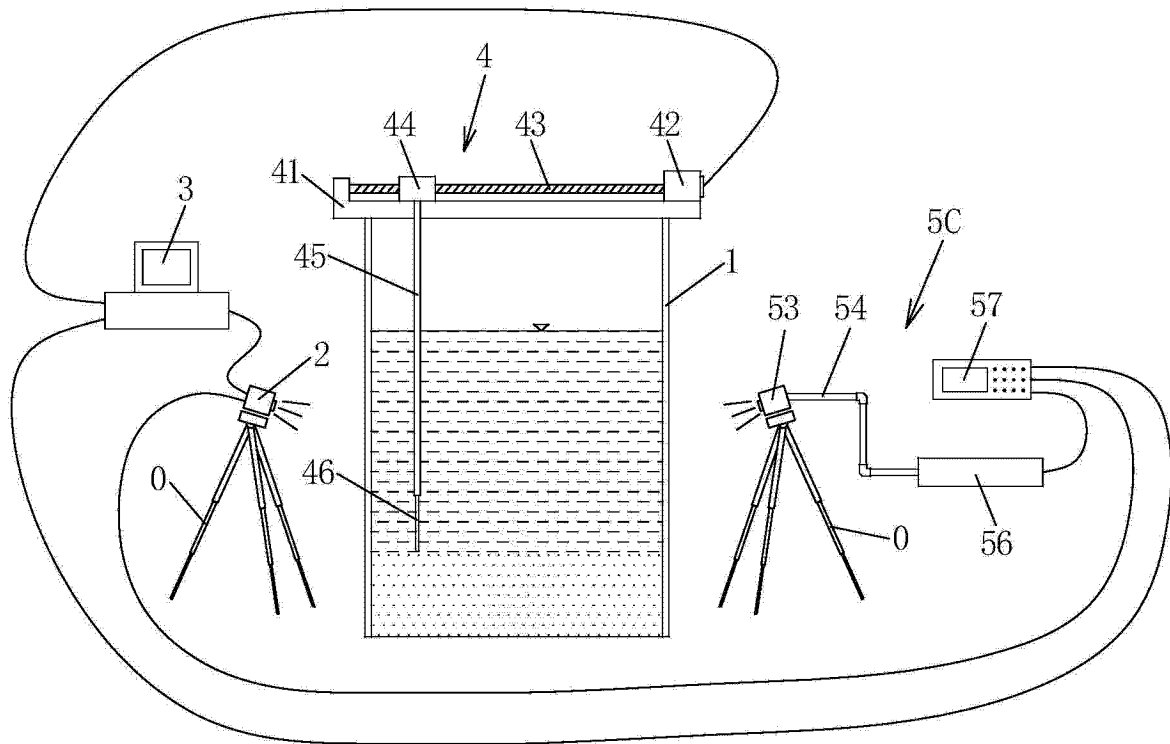


图 3