



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109323847 B

(45)授权公告日 2020.08.11

(21)申请号 201811340161.X

审查员 曾武

(22)申请日 2018.11.12

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109323847 A

(43)申请公布日 2019.02.12

(73)专利权人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 何方 胡征宇 赵嘉俊 张华山  
冷杰

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司  
33200

代理人 郑海峰

(51)Int.Cl.

G01M 10/00(2006.01)

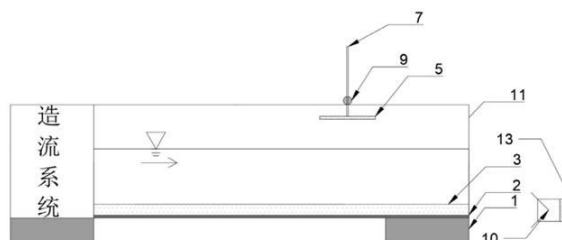
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

## (54)发明名称

一种基于电磁感应模拟泥沙冲刷及实现自动整平的试验装置及方法

## (57)摘要

本发明公开了一种基于电磁感应模拟泥沙冲刷及实现自动整平的试验装置及其方法,属于水力物理模型试验领域。玻璃水槽的底部铺设平板式电磁铁底板,底板上铺设用于模拟泥沙的磁粉,水槽上部设置一可水平移动的电磁铁吸板。通过调节通过电磁铁底板电流的大小改变电磁强度,从而控制吸力实现床面上泥沙不同粘性的模拟;通过瞬时加大电磁铁底板的电流至固结阈值,从而使其对表面磁粉达到固结阈值吸力,实现固定瞬时床面形态的效果;通过调节电磁铁吸板和平板式电磁铁底板的电流大小实现整平。本发明装置设计新颖,可适用范围广、操作性强,结构简单且整体性强,试验基本实现全自动化,精度和可控性高,对于水力物理模型试验具有极高的价值与意义。



1. 一种基于电磁感应模拟泥沙冲刷及实现自动整平的试验装置,包括玻璃水槽(11)和水槽底座(1),玻璃水槽安装在水槽底座上,其特征在于所述的玻璃水槽的底部铺设平板式电磁铁底板(2),平板式电磁铁底板上铺设用于模拟泥沙的磁粉(3),所述的玻璃水槽两侧壁的顶部均沿侧壁延伸方向铺设水平导轨;两个水平滑块(9)分别置于两水平导轨上;水平滑块(9)之间通过水平连杆(8)连接;水平连杆(8)的中部设有垂直滑块(6),并通过垂直滑块(6)安装一与水平连杆(8)垂直的垂直连杆(7);通过垂直滑块(6)可调节垂直连杆(7)的高度;垂直连杆(7)底端正交刚接一电磁铁吸板(5),所述的电磁铁吸板(5)和平板式电磁铁底板(2)均与外部电源电连接,且连接电路上设有电流调节器;

所述基于电磁感应模拟泥沙冲刷及实现自动整平的试验装置通过改变平板式电磁铁底板电流大小调控吸力实现不同粘性泥沙的模拟,通过加大电流至固结阈值实现水流作用状态下水槽床面的瞬时固定;通过平板式电磁铁底板与电磁铁吸板的共同作用实现试验水槽泥沙床面的自动精确整平。

2. 根据权利要求1所述的基于电磁感应模拟泥沙冲刷及实现自动整平的试验装置,其特征在于还包括圆柱模型;所述的圆柱模型用于模拟圆柱桥墩,圆柱模型安装在平板式电磁铁底板(2)上。

3. 根据权利要求1所述的基于电磁感应模拟泥沙冲刷及实现自动整平的试验装置,其特征在于还包括面光源激光器、光屏和水平尺;光屏设置在玻璃水槽(11)的造流端;面光源激光器和水平尺设置在玻璃水槽(11)的另一端,面光源激光器(10)用于沿需求床面高程向光屏(12)所在方向发射水平面激光,水平尺(13)用于调整面光源激光器的水平位置,确保所射激光平面水平。

4. 根据权利要求1所述的基于电磁感应模拟泥沙冲刷及实现自动整平的试验装置,其特征在于所述的电磁铁吸板(5)的宽度等于玻璃水槽两侧壁之间的距离。

5. 一种权利要求1所述基于电磁感应模拟泥沙冲刷及实现自动整平的试验装置的试验方法,其特征在于包括如下步骤:

在冲刷开始前通过调节平板式电磁铁底板(2)电流的大小以改变电磁强度,从而控制吸力模拟泥沙床面所需的粘性,以研究不同粘性泥沙的起动冲刷特性;

当水流作用玻璃水槽时,平板式电磁铁底板(2)电流保持恒定状态以保持泥沙床面所需的粘性,但不影响床面由泥沙输移造成的冲刷和淤积;在水流作用过程中,可通过瞬时加大平板式电磁铁底板(2)的电流至固结阈值,从而使其对表面磁粉达到固结阈值吸力,实现床面形态的瞬时固定效果,此时床面形态不会再受到来流的影响;

通过恢复电流至初始电流强度,可解除固结状态,试验继续进行;重复上述步骤实现任意瞬时时刻床面泥沙冲刷形态的固定;

试验结束后,用电磁铁吸板(5)进行磁粉(3)回收。

6. 一种权利要求3所述基于电磁感应模拟泥沙冲刷及实现自动整平的试验装置的自动电磁整平方法,其特征在于包括如下步骤:

步骤1:在前一试验工况结束后,将平板式电磁铁底板(2)通电,底板对表面磁粉(3)产生均匀吸力,并将其固结在底板表面;通过垂直滑块(6)调整电磁铁吸板(5)高度并将电磁铁吸板(5)通电,吸板对其下端床面磁粉产生吸力;

步骤2:通过调节电磁铁吸板(5)高度及其与平板式电磁铁底板(2)所通电流大小,使局

部床面厚度满足试验要求,再通过滑动玻璃水槽(11)顶端两侧水平滑块(9),使得电磁铁吸板(5)能够沿水槽轴线往复运动,实现整体床面平整;

步骤3:由面光源激光器(10)沿需求床面高程发射面激光,于造流系统后端插入光屏(12),通过观测光屏上是否显现出一条完整直线,从而检验床面是否平整;当床面未平整时,重复步骤2)直至床面检验平整。

## 一种基于电磁感应模拟泥沙冲刷及实现自动整平的试验装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及近海工程、水利工程、环境工程等水力物理模型试验领域，具体涉及一种基于电磁感应模拟泥沙冲刷及实现自动整平的试验装置及方法。

### 背景技术

[0002] 由粘性泥沙所构成的淤泥质河口以及淤泥质海岸普遍存在于世界各地，我国的淤泥质海岸也是分布较为广泛，几乎占据大陆总岸线的四分之一。近年来粘性泥沙的起动冲刷问题引起了国内外广大学者的关注与重视，但模拟出天然海岸的粘性泥沙十分困难，也难以调控泥沙粘性大小及床面固结条件，从而影响和限制着研究进展。

[0003] 长期以来，国内外很多学者对桥墩绕流及其形成的底床形态演变进行了许多物理模型试验，大多都在试验水槽中完成。但是由于圆柱桥墩局部水力绕流问题十分复杂，影响因素众多，且上游水流不断作用无法即刻停止对于底床泥沙作用，所以人们难以将底床冲刷形态实现瞬时固定，从而难以实现对于瞬时三维泥沙冲刷形态进行直接地测量与研究。

[0004] 当下很多学者在动床模型试验、推移质输移、底床形态演变等试验研究中，都需要将试验水槽中的泥沙床面进行整平从而作为试验研究的初始条件。然而在现有的试验中，人们往往采用薄板或者刀片根据个人感觉进行人工整平，采取这种整平方式耗时费力，尤其在工况较多的情况下，需要反复多次进行人工整平，影响试验的进程。采取这种整平方式还会由于人工误差影响试验的精度，导致得到不准确的试验结果。此外，在现有技术中，人们无法实时对床面冲刷形态进行瞬时固定，在试验过程中也无法对冲刷坑的形态进行维持，往往只能通过平面拍照采集床面瞬时形态，不利于数据的分析，得到的结果也不够精确。

### 发明内容

[0005] 本发明克服了现有技术中的不足，对现有技术进行了创新，提出了一种基于电磁感应模拟泥沙冲刷及实现自动整平的试验装置及方法。通过改变平板式电磁铁底板电流大小调控吸力实现不同粘性泥沙冲刷问题的研究，通过加大电流至固结阈值以实现水流作用状态下水槽床面的瞬时固定。此外，通过平板式电磁铁底板与电磁铁吸板的共同作用完成试验水槽泥沙床面的自动精确整平，实现水力物理模型试验技术上的突破。

[0006] 为解决上述技术问题，本发明采用如下技术方案：

[0007] 基于电磁感应模拟泥沙冲刷及实现自动整平的试验装置，包括玻璃水槽和水槽底座，玻璃水槽安装在水槽底座上，所述的玻璃水槽的底部铺设平板式电磁铁底板，平板式电磁铁底板上铺设用于模拟泥沙的磁粉，所述的玻璃水槽两侧壁的顶部均沿侧壁延伸方向铺设水平导轨；两个水平滑块分别置于水平导轨上；水平滑块之间通过水平连杆连接；水平连杆的中部设有垂直滑块，并通过垂直滑块安装一与水平连杆垂直的垂直连杆；通过垂直滑块可调节垂直的高度；垂直连杆底端正交刚接一电磁铁吸板，所述的电磁铁吸板和平板

式电磁铁底板均与外部电源电连接,且连接电路上设有电流调节器。

[0008] 优选的,所述的基于电磁感应模拟泥沙冲刷及实现自动整平的试验装置还包括圆柱模型;所述的圆柱模型安装在平板式电磁铁底板上,用于模拟圆柱桥墩。

[0009] 更加优选的,所述的基于电磁感应模拟泥沙冲刷及实现自动整平的试验装置还包括面光源激光器、光屏和水平尺;光屏设置在玻璃水槽的造流端;面光源激光器和水平尺设置在玻璃水槽的另一端,面光源激光器用于沿需求床面高程向光屏所在方向发射水平面激光,水平尺用于调整面光源激光器的水平位置,确保所射激光平面水平。

[0010] 进一步的,所述的电磁铁吸板的宽度等于玻璃水槽两侧壁之间的距离。如此,即可一次性实现玻璃水槽宽度方向的整平,并通过沿水槽轴线(长度)方向移动电磁铁吸板对整个玻璃水槽的磁粉进行整平。

[0011] 本发明还公开了一种所述试验装置的试验方法,包括如下步骤:

[0012] 根据需要设置圆柱模型,并使电磁铁吸板高于水面;在冲刷开始前通过调节平板式电磁铁底板电流的大小以改变电磁强度,从而控制吸力模拟泥沙床面所需的粘性,以研究不同粘性泥沙的起动冲刷特性;

[0013] 当水流作用玻璃水槽时,平板式电磁铁底板电流保持恒定状态(吸力恒定),其不会影响床面由泥沙输移造成的冲刷和淤积;在水流作用过程中,可通过瞬时加大平板式电磁铁底板的电流至固结阈值,从而使其对表面磁粉达到固结阈值吸力,实现床面形态的瞬时固定效果,此时其床面形态不会再受到来流的影响;

[0014] 通过恢复电流至初始电流强度,可解除固结状态,试验继续进行;重复上述步骤可以实现任意瞬时时刻床面泥沙冲刷形态的固定;

[0015] 试验结束后,用电磁铁吸板进行磁粉回收。

[0016] 本发明还公开了一种所述试验装置的自动电磁整平方法,包括如下步骤:

[0017] 步骤1:在上一试验工况结束后,将平板式电磁铁底板通电,底板对表面磁粉产生均匀吸力,并将其固结在底板表面;通过垂直滑块调整电磁铁吸板高度并将电磁铁吸板通电,吸板对其下端床面磁粉产生吸力;

[0018] 步骤2:通过调节电磁铁吸板高度及其与平板式电磁铁底板所通电流大小,使局部床面厚度满足试验要求,再通过滑动玻璃水槽顶端两侧水平滑块,使得电磁铁吸板能够沿水槽轴线往复运动,实现整体床面平整;

[0019] 步骤3:由面光源激光器沿需求床面高程发射面激光,于造流系统后端插入光屏,通过观测光屏上是否显现出一条完整直线,从而检验床面是否平整;当床面未平整时,重复步骤2)直至床面检验平整。

[0020] 本发明的有益之处在于:

[0021] 在试验过程中调节通过平板式电磁铁底板电流的大小以改变电磁强度,从而控制吸力构成不同粘性的泥沙床面,以研究不同粘性泥沙的起动冲刷特性,具有十分重要的研究意义。

[0022] 可以在水槽试验进行中的任意时刻,通过瞬时加大平板式电磁铁底板的电流至固结阈值来实现对水槽床面形态的瞬时固结,从而进行更精准地测量与研究,这是现有水槽试验中所不具备的技术。

[0023] 本发明可以通过电磁铁吸板与平板式电磁铁底板的共同作用,实现床面的自动及

高精度整平,从而使得试验得到更加准确的结果。与往常人工回收不同,试验后床面磁粉可以通过电磁铁吸板高效率回收,方便下次试验。

### 附图说明

[0024] 图1是本发明的平面结构示意图。

[0025] 图2是本发明的自动整平剖面示意图。

[0026] 图3是本发明的俯视示意图。

[0027] 图4是本发明的水力试验剖面示意图。

[0028] 图5是本发明的水力试验平面结构示意图。

[0029] 图6是光屏示意图。

[0030] 图中:1.水槽底座、2.平板式电磁铁底板、3.磁粉、4.圆柱模型、5.电磁铁吸板、6.垂直滑块、7.垂直连杆、8.水平连杆、9.水平滑块、10.面光源激光器、11.玻璃水槽、12.光屏、13.水平尺。

### 具体实施方式

[0031] 下面对本发明的技术方案进行进一步说明,但是本发明的保护范围不局限于所述实施实例。

[0032] 如图1所示,本发明的玻璃水槽11由水槽底座1支撑,水槽底面装有平板式电磁铁底板2,与水槽底面紧密贴合,可以通过改变电流大小从而控制吸力的大小。其上有与所需泥沙级配、形状、密度相似的磁粉3模拟泥沙,床面厚度及形态由试验工况决定。本发明的玻璃水槽11中配有独立的循环回水系统。

[0033] 如图2和3所示,水平连杆8两侧均与水平滑块9连接,保持水平与水槽轴线正交。水平滑块9置于玻璃水槽上端两侧导轨上。垂直连杆7与水平连杆8通过垂直滑块6垂直相接。电磁铁吸板5与垂直连杆7底端正交刚接。所述的垂直滑块6,固定在水平连杆8中点处,通过T型螺母与内六角螺栓固定垂直连杆7,可调节垂直连杆7上下移动从而改变电磁铁吸板5距水槽床面距离,电磁铁吸板5同样可以改变通过电流的大小从而调节对于床面磁粉的吸力。

[0034] 其中本实验装置电路中的电流改变可通过电流调节器实现,如变阻器即可实现上述电流调节器的功能;另外市面上也有能控制输出电流大小的电源(即电源内部已经集成了电流调节的功能),这样的电源可直接与本发明的试验装置相连,通过改变输出电流大小从而调节对磁粉的吸力。

[0035] 本发明电磁自动整平装置原理在于,往玻璃水槽中加入磁粉3,对水槽底面平板式电磁铁底板2与电磁铁吸板5开始通电,上下两块电磁铁板均对中间所夹磁粉区域产生吸力,通过调节上下两板电流大小改变吸力的大小,使得平板式电磁铁底板2能够吸引试验工况所需厚度的磁粉并保持一定的稳定性,通过移动水平连杆8移动玻璃水槽顶端两侧水平滑块9。这样一来,电磁铁吸板5会将高于试验工况所需求厚度的磁粉吸附于表面,而所需厚度的磁粉将在平板式电磁铁底板2的作用下牢牢吸附于水槽表面,即为将局部床面不平整在上下电磁铁板的作用下实现电磁自动整平。

[0036] 在完成自动整平后,水槽表面磁粉达到试验要求初始条件。垂直连杆7通过垂直滑块6向上调高,直到电磁铁吸板5不会影响水流及试验操作,此时电磁铁吸板5处于断电状

态,不对其下端磁粉产生吸力。

[0037] 如图4和5所示,将圆柱模型4垂直固定于水槽之中,此时平板式电磁铁底板2开始通电并调节电流大小,直至构成所需的床面泥沙粘性。试验开始,床面磁粉在水流作用下发生输移,床面形态开始改变,对其进行加大电流至床面固结阈值电流,从而使其对表面磁粉达到固结阈值吸力,实现固定瞬时床面形态的效果。通过对于床面形态瞬时的定格,达到试验能够准确研究复杂泥沙冲刷的效果。

[0038] 本发明的技术方案中,圆柱模型可以根据试验要求由其他试验模型替换。

[0039] 本发明在试验过程中可以调节通过平板式电磁铁底板2电流的大小改变电磁强度,从而控制吸力实现模拟不同床面泥沙的粘性,以研究不同粘性泥沙的起动冲刷特性。

[0040] 本发明公开了一种基于电磁感应模拟泥沙冲刷及实现自动整平的试验装置及方法,其自动电磁整平的过程如下所述:

[0041] 步骤1:在上一试验工况结束后,将平板式电磁铁底板2通电,底板对表面磁粉3产生均匀吸力,并将其固结在电磁铁底板表面。通过垂直滑块6调整电磁铁吸板5高度并将其通电,吸板对其下端床面磁粉产生吸力。在电磁铁吸板5与平板式电磁铁底板2对其间磁粉的共同作用下,使得高于需求高程的局部凸出磁粉吸附于电磁铁吸板5上,而所需厚度的磁粉将在平板式电磁铁底板2的作用下牢牢吸附于水槽表面,即为将局部床面不平整在上下电磁铁板的作用下实现电磁自动整平。

[0042] 步骤2:通过拉动水平连杆8使其沿水槽轴线平移,玻璃水槽11顶端两侧与水平连杆8连接的水平滑块9开始滑动,使得电磁铁吸板5能够沿水槽轴线从造流系统后端运动至水槽尾端。通过调节电磁铁吸板5高度及电磁铁吸板5与平板式电磁铁底板2所通电流大小,实现床面磁粉均匀并满足试验厚度要求。

[0043] 步骤3:通过水平尺13来调整激光器10所发射的面激光与需求床面高程平行,于造流系统后端插入光屏12(如图6所示),观察光屏上激光是否水平且连续,从而检验床面是否整平。

[0044] 步骤4:若床面仍有部分未整平,则再次移动水平连杆8沿水槽轴线平移至造流系统后端,直到床面水平为止。

[0045] 当然,以上只是本发明的具体应用范例,本发明还有其他的实施方式,凡采用等同替换或等效变换形成的技术方案,均落在本发明所要求的保护范围之内。

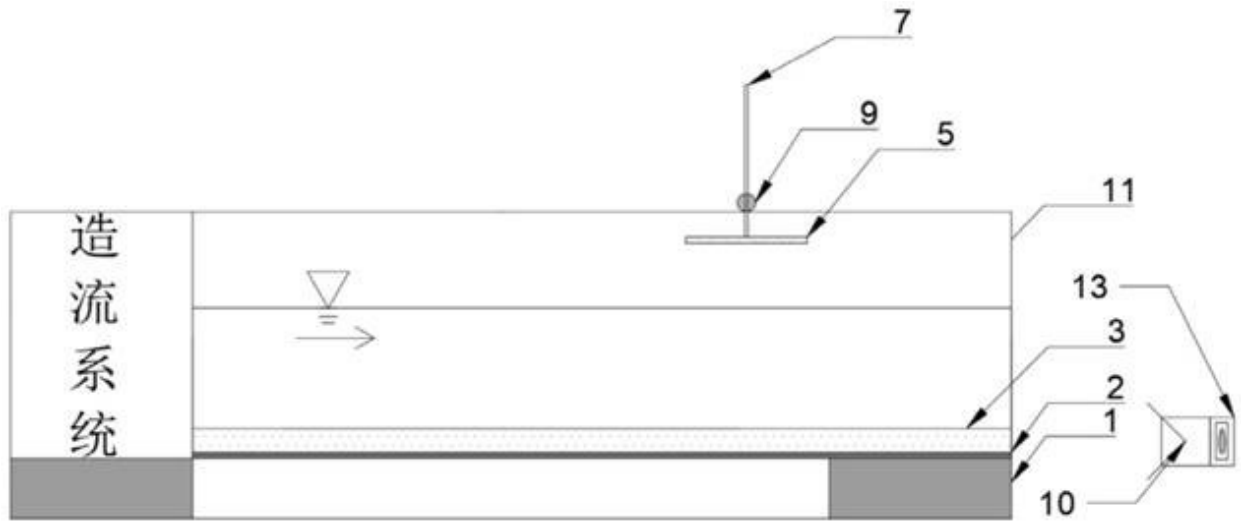


图1

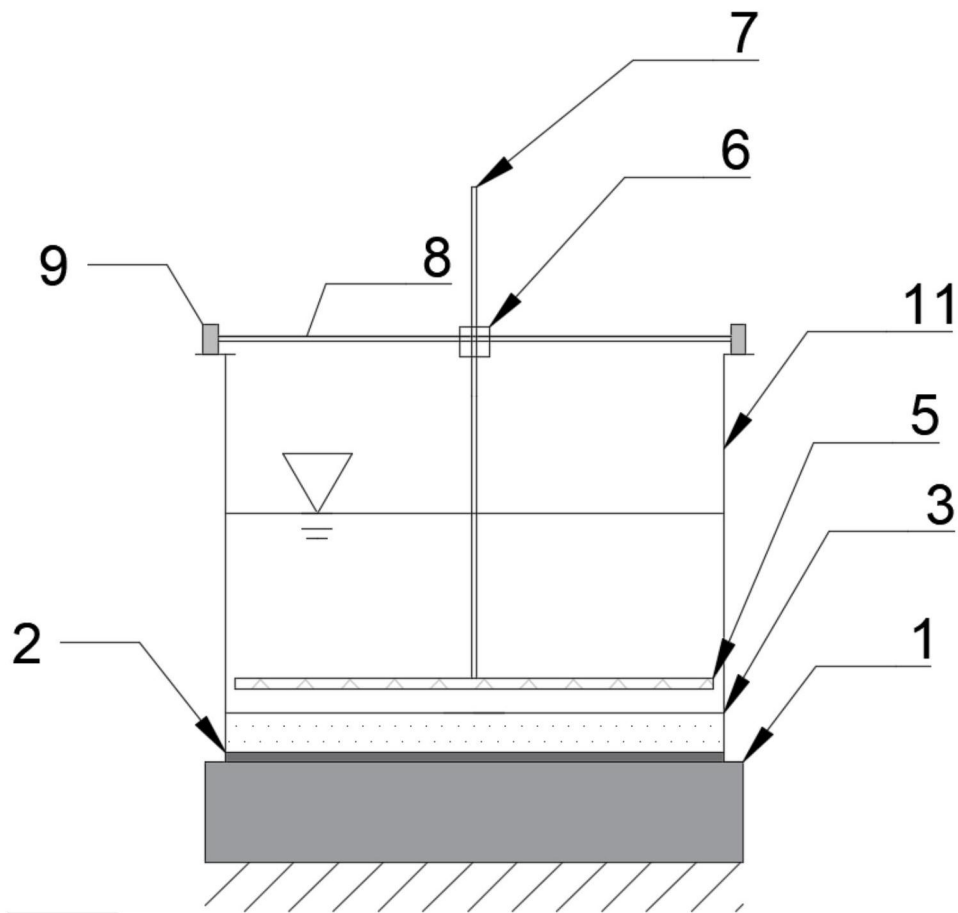


图2





