



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107649467 B

(45)授权公告日 2019.06.28

(21)申请号 201710791306.7

G01N 21/84(2006.01)

(22)申请日 2017.09.05

G01N 21/31(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

G01L 9/04(2006.01)

申请公布号 CN 107649467 A

(56)对比文件

(43)申请公布日 2018.02.02

CN 107649467 A,2018.02.02,

(73)专利权人 大连海事大学

GB 1497429 A,1978.01.12,

地址 116026 辽宁省大连市高新园区凌海路1号

CN 106964611 A,2017.07.21,

CN 204255763 U,2015.04.08,

专利权人 哈尔滨学院

CN 204008435 U,2014.12.10,

审查员 初帅

(72)发明人 马文琦 孙红镜 陈东奇

(74)专利代理机构 大连东方专利代理有限责任公司 21212

代理人 李洪福

(51)Int.Cl.

B08B 9/032(2006.01)

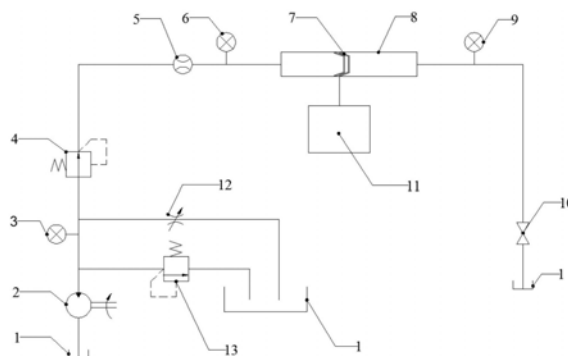
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

管道空化清洗效果检测系统

(57)摘要

本发明公开了一种管道空化清洗效果检测系统,包括动力单元、控制单元、执行单元和空化检测装置;所述的空化检测装置包括高速摄像机、亚甲基蓝分光光度计和应力应变片,高速摄像机和亚甲基蓝分光光度计用来测量空化产生位置和空化量,应力应变片用来测量空化清洗效果。本发明利用高速摄影技术,能够有效的观测到空化清洗器空化的发生和发展,能够获得区域性检测空化效果。本发明采用应力应变测试法,能够检测空泡在产生和溃灭时管壁的应变值,通过应变跟应力的转换得到空化效果,对空化效果进行定量分析。本发明采用亚甲基蓝分光光度计测量法,通过亚甲基蓝被氧化前后吸光度的变化检测羟基自由基的量,从而表征空化的强度。



1. 管道空化清洗效果检测系统,其特征在於:包括动力单元、控制单元、执行单元和空化检测装置(11);

所述的动力单元包括电动机和离心泵(2),所述的离心泵(2)与电动机通过联轴器组装在一起,所述的离心泵(2)的进水端直接与水箱(1)连接、离心泵(2)的出水端与控制单元连接;

所述的控制单元包括节流阀(12)、减压阀(4)和安全溢流阀(13),所述的减压阀(4)的进水端经压力表A(3)与离心泵(2)的出水端连接,减压阀(4)的出水端依次经流量计(5)和压力表B(6)与执行单元连接;所述的节流阀(12)的一端连接在减压阀(4)与压力表A(3)之间的管路上,节流阀(12)的另一端连接水箱(1);所述的安全溢流阀(13)的一端连接在离心泵(2)与压力表A(3)之间的管路上,安全溢流阀(13)的另一端连接水箱(1);所述的节流阀(12)和减压阀(4)配合使用,用来控制水流的流速和压力;安全溢流阀(13)用来保护整个系统的安全,防止压力过高造成的离心泵(2)的损害;

所述的执行单元包括空化清洗器(7)和清洗管道(8),所述的空化清洗器(7)安装在清洗管道(8)中;所述的清洗管道(8)的进水端与压力表B(6)连接,清洗管道(8)的出水端依次经压力表C(9)和截止阀(10)与水箱(1)连接;

所述的空化检测装置(11)包括高速摄像机、亚甲基蓝分光光度计和应力应变片,高速摄像机和亚甲基蓝分光光度计用来测量空化产生位置和空化量,应力应变片用来测量空化清洗效果。

2. 根据权利要求1所述的管道空化清洗效果检测系统,其特征在於:所述的安全溢流阀(13)的压力高于离心泵(2)额定工作压力的5%-10%。

3. 根据权利要求1所述的管道空化清洗效果检测系统,其特征在於:所述的空化清洗器(7)固定在清洗管道(8)的中部,空化清洗器(7)是叶片式空化清洗器(7),通过两两交错的叶片结构形成节流。

4. 根据权利要求1所述的管道空化清洗效果检测系统,其特征在於:所述的高速摄像机安装在空化清洗器(7)的一侧,高速摄像机配备补光灯和显微镜头,用于捕捉空泡运动区域;所述的高速摄像机与上位机连接;所述的高速摄像机具有20万帧以上的记录速度。

5. 根据权利要求1所述的管道空化清洗效果检测系统,其特征在於:所述的亚甲基蓝分光光度计,利用分光光度计测定空化反应前后水箱(1)中的亚甲基蓝的浓度,其减少量为反应量;测试时,吸光值在2.5以下。

6. 根据权利要求1所述的管道空化清洗效果检测系统,其特征在於:所述的应力应变片有4片,分别安装在清洗管道(8)的对应于空化清洗器(7)的远入口段位置、入口端位置、出口端位置和远出口端位置,用于测量空泡破裂的溃灭力对管道产生的应变,间接证明空化时溃灭力的大小;所述的应力应变片与采集卡连接,采集卡采集到应变值后通过上位机中的labview数据采集程序进行处理。

## 管道空化清洗效果检测系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及管道空化清洗技术,特别是一种用于管道空化清洗效果的检测系统。

### 背景技术

[0002] 空化水射流清洗作为一种新型物理除垢技术,有效利用了空化水射流流束内空化泡破裂所产生的强大冲击力将垢层与管道内壁分离,达到清洗去垢的效果。影响空化效果的相关因素很多且复杂,对空化效果的测量十分困难,如何检测空化效果一直是国内外研究的重点。

[0003] 目前,对于空化清洗的研究大都集中在单一空泡效果的研究中,如声学法、肉眼观测法和光学法,难以对空化清洗过程中空化泡群溃灭所产生的空化效果进行研究分析,主要存在的问题包括:

[0004] 1. 声学法空化检测方法还不完善,空化噪声与空化流动之间的机理联系还没有完全建立,难以满足定量性和区域性检测。

[0005] 2. 肉眼观测法仅仅能看见空化区域,对于空化现象产生的影响不能检测,同时不能对空化现象进行量化。

[0006] 3. 光学法空化检测虽然在模型实验台上可捕获空化发展状态,但不适合复杂运行环境的真机空化检测,定量性难以满足且稳定性较差。

### 发明内容

[0007] 为解决现有技术存在的上述问题,本发明要设计一种能在管道空化清洗过程中对空化效果进行量化检测的管道空化清洗效果检测系统。

[0008] 为了实现上述目的,本发明的技术方案如下:

[0009] 管道空化清洗效果检测系统,包括动力单元、控制单元、执行单元和空化检测装置;

[0010] 所述的动力单元包括电动机和离心泵,所述的离心泵与电动机通过联轴器组装在一起,所述的离心泵的进水端直接与水箱连接、离心泵的出水端与控制单元连接;

[0011] 所述的控制单元包括节流阀、减压阀和安全溢流阀,所述的减压阀的进水端经压力表A与离心泵的出水端连接,减压阀的出水端依次经流量计和压力表B与执行单元连接;所述的节流阀的一端连接在减压阀与压力表A之间的管路上,节流阀的另一端连接水箱;所述的安全溢流阀的一端连接在离心泵与压力表A之间的管路上,安全溢流阀的另一端连接水箱;所述的节流阀和减压阀配合使用,用来控制水流的流速和压力;安全溢流阀用来保护整个系统的安全,防止压力过高造成的离心泵的伤害;

[0012] 所述的执行单元包括空化清洗器和清洗管道,所述的空化清洗器安装在清洗管道中;所述的清洗管道的进水端与压力表B连接,清洗管道的出水端依次经压力表C和截止阀与水箱连接;

[0013] 所述的空化检测装置包括高速摄像机、亚甲基蓝分光光度计和应力应变片,高速

摄像机和亚甲基蓝分光光度计用来测量空化产生位置和空化量,应力应变片用来测量空化清洗效果。

[0014] 进一步地,所述的安全溢流阀的压力高于离心泵额定工作压力的5%-10%。

[0015] 进一步地,所述的空化清洗器固定在清洗管道的中部,空化清洗器是叶片式空化清洗器,通过两两交错的叶片结构形成节流。

[0016] 进一步地,所述的高速摄像机安装在空化清洗器的一侧,高速摄像机配备补光灯和显微镜头,用于捕捉空泡运动区域;所述的高速摄像机与上位机连接;所述的高速摄像机具有20万帧以上的记录速度。

[0017] 进一步地,所述的亚甲基蓝分光光度计,利用分光光度计测定空化反应前后水箱中的亚甲基蓝的浓度,其减少量为反应量;测试时,空化反应前水箱中的亚甲基蓝浓度取 $5 \times 10^{-6} \sim 30 \times 10^{-6} \text{mol/L}$ ,吸光值在2.5以下。

[0018] 进一步地,所述的应力应变片有多片,分别安装在清洗管道的对应于空化清洗器的远入口段位置、入口端位置、出口端位置和远出口端位置,用于测量空泡破裂的溃灭力对管道产生的应变,间接证明空化时溃灭力的大小;所述的应力应变片与采集卡连接,采集卡采集到应变值后通过上位机中的labview(或其他)数据采集程序进行处理。

[0019] 本发明工作原理如下:本发明采用水为工作介质,通过离心泵和电动机把水箱中的水吸出,通过节流阀和减压阀调节水流的压力和流速,通过安全溢流阀对整个系统起到保护作用,空化清洗器固定在玻璃管道内,水流经过空化清洗器时,由于空化清洗器的结构和水流的流速,使得清洗管道内产生空化泡,利用空化泡溃灭时的冲击力达到清除垢质的目的。同时利用空化效果检测装置检测空化产生区域及其空化泡溃灭时所产生的打击力效果,从而达到空化检测的目的。

[0020] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0021] 1、本发明一方面能够研究空化清洗器的空化效果,另一方面能够为实际应用中的空化清洗效果检测提供一种手段。

[0022] 2、本发明利用高速摄影技术,能够有效的观测到空化清洗器空化的发生和发展,能够为其他检测方法提供验证,且高速摄像法能够实时稳定的检测空化现象,最主要的是能够获得区域性检测空化效果。

[0023] 3、本发明采用应力应变测试法,能够检测空泡在产生和溃灭时管壁的应变值,通过应变跟应力的转换得到空化效果,对空化效果进行定量分析。

[0024] 4、本发明采用亚甲基蓝分光光度计测量法,空化清洗器产生的空化泡在溃灭时能够产生羟基自由基。通过亚甲基蓝被氧化前后吸光度的变化检测羟基自由基的量,从而表征空化的强度。

## 附图说明

[0025] 图1是本发明的组成示意图。

[0026] 图2是高速摄像机安装位置示意图。

[0027] 图3是亚甲基蓝分光光度计安装位置示意图。

[0028] 图4是应力应变片安装位置示意图。

[0029] 图中:1-水箱,2-离心泵,3-压力表A,4-减压阀,5-流量计,6-压力表B,7-空化清洗

器,8-清洗管道,9-压力表C,10-截止阀,11-空化检测装置,12-节流阀,13-安全溢流阀。

### 具体实施方式

[0030] 下面结合附图并通过具体实施方式来进一步说明本发明的技术方案。

[0031] 如图1-4所示,管道空化清洗效果检测系统,包括动力单元、控制单元、执行单元和空化检测装置11;

[0032] 所述的动力单元包括电动机和离心泵2,所述的离心泵2与电动机通过联轴器组装在一起,所述的离心泵2的进水端直接与水箱1连接、离心泵2的出水端与控制单元连接;

[0033] 所述的控制单元包括节流阀12、减压阀4和安全溢流阀13,所述的减压阀4的进水端经压力表A3与离心泵2的出水端连接,减压阀4的出水端依次经流量计5和压力表B6与执行单元连接;所述的节流阀12的一端连接在减压阀4与压力表A3之间的管路上,节流阀12的另一端连接水箱1;所述的安全溢流阀13的一端连接在离心泵2与压力表A3之间的管路上,安全溢流阀13的另一端连接水箱1;所述的节流阀12和减压阀4配合使用,用来控制水流的流速和压力;安全溢流阀13用来保护整个系统的安全,防止压力过高造成的离心泵2的损害;

[0034] 所述的执行单元包括空化清洗器7和清洗管道8,所述的空化清洗器7安装在清洗管道8中;所述的清洗管道8的进水端与压力表B6连接,清洗管道8的出水端依次经压力表C9和截止阀10与水箱1连接;

[0035] 所述的空化检测装置11包括高速摄像机、亚甲基蓝分光光度计和应力应变片,高速摄像机和亚甲基蓝分光光度计用来测量空化产生位置和空化量,应力应变片用来测量空化清洗效果。

[0036] 如图1所示,所述的离心泵2从水箱1中吸出水来,作为清洗的动力来源,离心泵2与水箱1之间通过管道连接在一起。所述的安全溢流阀13与离心泵2并联,保证整个系统的安全性。所述的减压阀4和节流阀12作为控制整个系统流量和压力的元件。减压阀4与离心泵2串联,用于微调系统的压力;节流阀12与离心泵2并联,作为主要的压力流量调节元件。所述的清洗管道8与减压阀4直接通过管道连接,清洗管道8作为实验的对象,空化后的水流入到水箱1中(图中的水箱1实际为一个水箱,只为图面清晰,画出三个水箱。实际使用当中也可以设计进水箱和回水箱,中间用管道连通)

[0037] 如图1所示,所述的压力表A3的作用是检测离心泵2出口的压力,防止压力过大,造成危险。所述的压力表B6和流量计5的作用是检测清洗管道8入口处的压力,用于调节空化清洗器7所产生的空化效果。所述的压力表C9的作用是检测清洗管道8出水口的压力,即检测背压的大小,研究背压对空化效果产生的影响,所述的截止阀10的作用是在单纯研究背压对空化效果的影响时提供作用。

[0038] 如图1所示,所述的空化检测装置11包括三种检测仪器设备:高速摄像机、亚甲基蓝分光光度计和应力应变片。

[0039] 如图2所示,所述的高速摄像机对准空化清洗器7的一侧,在空化清洗器7的另一侧加装补光灯,并且高速摄像机镜头必须加配显微镜头,以保证能够看到清洗过程中空化区域,把高速摄像机拍摄的空化区域画面导入到上位机中利用高速摄像机专用软件处理。

[0040] 如图3所示,所述的亚甲基蓝分光光度计,首先把亚甲基蓝配成浓度为 $5 \times 10^{-6} \sim 30$

$\times 10^{-6}$ mol/L之间,然后从水箱1中的取样口d中取出亚甲基蓝溶液放入亚甲基蓝分光光度计中,然后让整个系统运行10-20分钟,亚甲基蓝与空化产生的羟基自由基反应,再次从水箱1取样口d中取出亚甲基蓝溶液放入亚甲基蓝分光光度计中,利用亚甲基蓝分光光度计对比空化反应前后的吸光值,通过检测吸光值的下降验证清洗过程中空化产生量。

[0041] 如图4所示,首先在空化清洗器7远入口段位置a(距离入口端10cm以上)、入口端位置b、出口端位置c和远出口端位置c(距离出口端10cm以上)分别粘贴应变片,并对应变片和导线进行编号,设计桥路,贴好应变片,用万用表检查电阻阻值以检测其是否可以使用,然后在离心泵2未运行时,对应变值进行调零设置,然后让整个系统运行,通过采集卡采集位置a、b、c和d处的值,然后把采集的数据通过labview(或其他)程序进行处理,把应变值转换成压力值,实时检测清洗过程中,应变值的变化率,从而间接检测空化溃灭时,空化产生的打击力。

[0042] 本发明在空化效果检测过程中,通过安全溢流阀13保证了整个系统的安全。减压阀4和节流阀12控制水流的流速和压力,从而间接控制了空化清洗器7空化产生的效果。通过空化检测装置11能够检测空化的产生区域、空化产生量和空化溃灭时的打击力,为空化的研究同时提供了三种不同的检测手段,可以对清洗效果进行量化检测和分析。

[0043] 本发明不局限于本实施例,任何在本发明披露的技术范围内的等同构思或者改变,均列为本发明的保护范围。

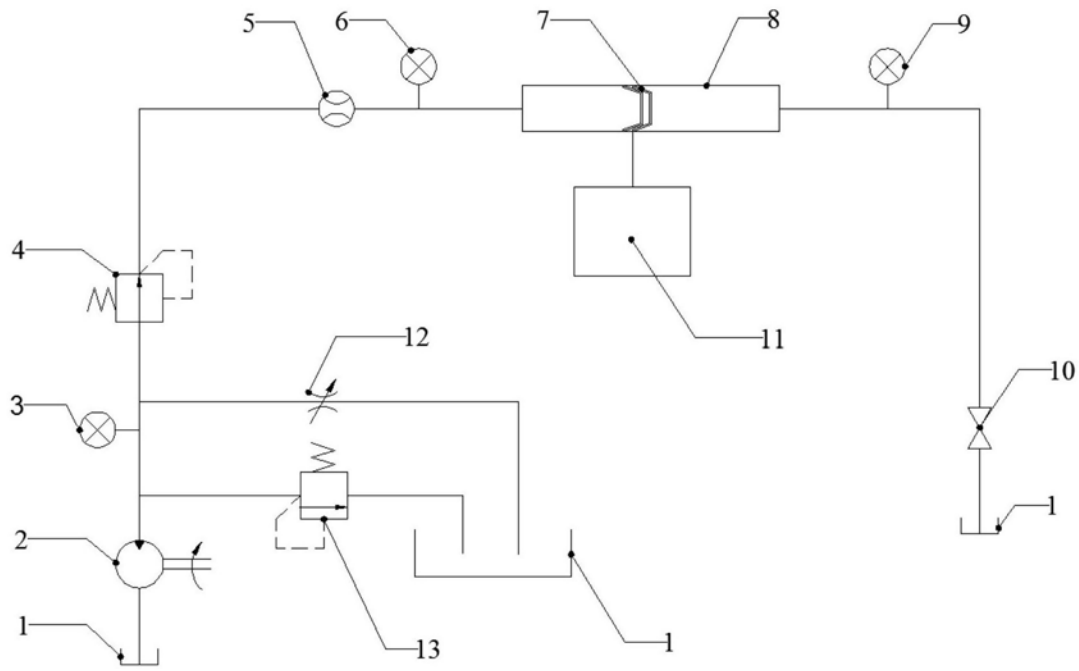


图1

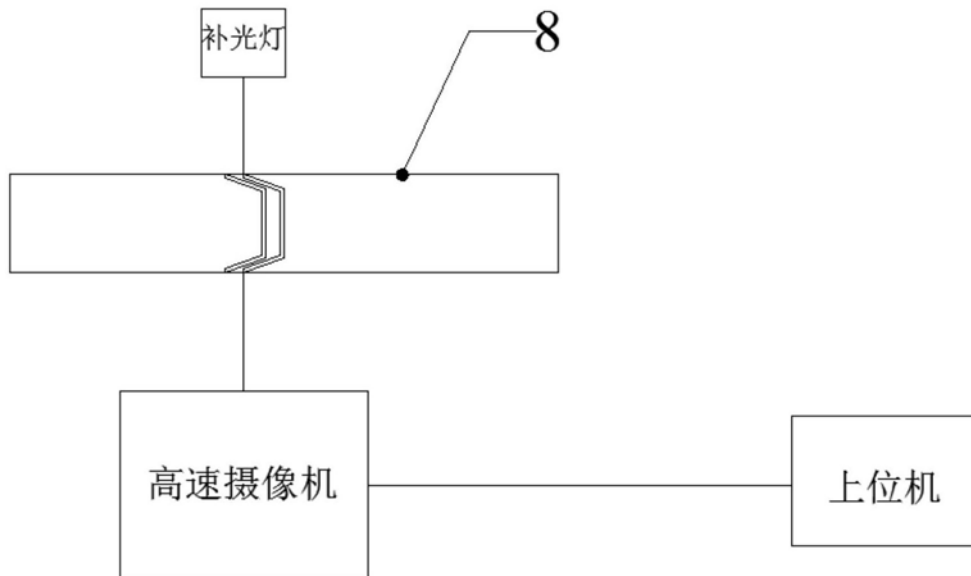


图2

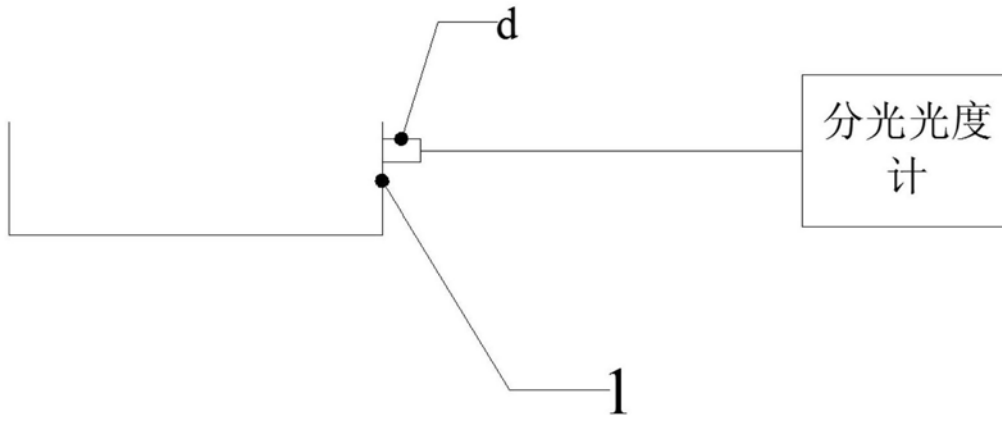


图3

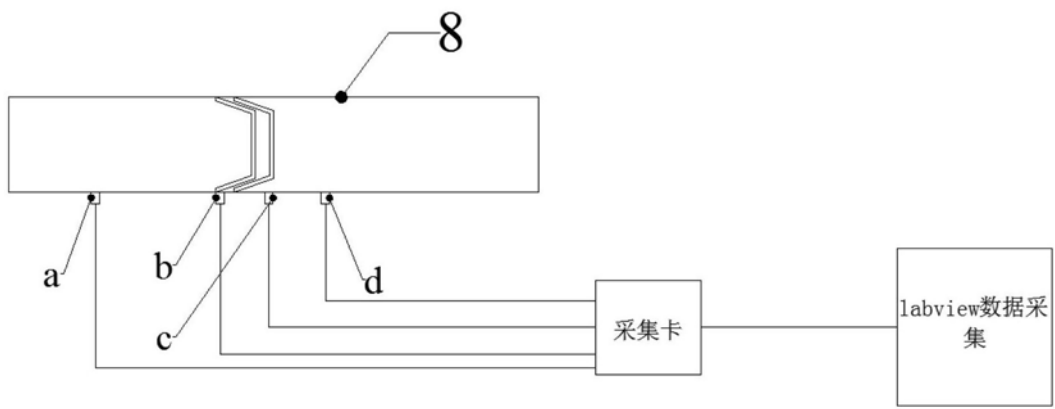


图4