



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113686953 B

(45) 授权公告日 2024.09.27

(21) 申请号 202111053608.7

G01N 21/81 (2006.01)

(22) 申请日 2021.09.09

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

冷洁 等.基于超声波声速法的气液两相流湿度测量技术可行性研究.核动力工程.2020,第41卷(第3期),74-80.

申请公布号 CN 113686953 A

祝嘉鸿 等.汽轮机湿蒸汽特性的超声衰减测量技术.哈尔滨工程大学学报.2022,第43卷(第8期),第1199-1204页.

(43) 申请公布日 2021.11.23

审查员 党蓝图

(73) 专利权人 哈尔滨工程大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区南通大街145号哈尔滨工程大学科技处知识产权办公室

(72) 发明人 温济铭 祝嘉鸿 袁东东 汪功庆

田瑞峰

(51) Int.Cl.

G01N 29/032 (2006.01)

G01N 15/02 (2024.01)

G01N 21/78 (2006.01)

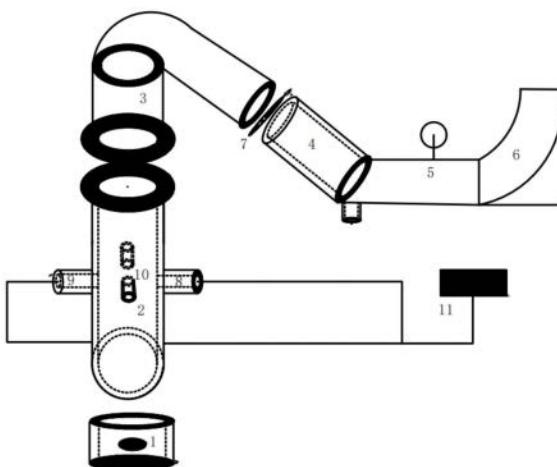
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

## (54) 发明名称

基于超声波能量损失法的水雾湿度测量系统

## (57) 摘要

本发明提供一种基于超声波能量损失法的水雾湿度测量系统，包括可调节水雾发生装置、测量段、温度传感器、连接弯头、承压架、连接管道、汽水分离装置、涡街流量计、流量调节阀门、风机、超声波测量装置，测量段中部带有4个超声波探头放置管槽，水雾发生装置包括雾化器与不同型号雾化喷嘴，圆形容器和高精度电子天平秤；汽水分离装置包括丝网与排水管道；水雾发生装置在测量段正下方，测量段位于下承压架上，连接弯头位于测量段上，连接管道与连接弯头相连接，其中间安装汽水分离装置，连接管道与涡街流量计相连，涡街流量计与风机相连接。本发明是一种结构简单、价格低廉，可在线、实时、无干扰、高灵敏度测量空间中流动的水雾湿度实验系统。



B

CN 113686953

CN

1. 基于超声波能量损失法的水雾湿度测量系统，其特征在于：包括依次连接的水雾发生装置、测量段、连接弯头、连接管道、风机，连接管道上设置有涡街流量计和排水口，在连接弯头与连接管道之间还设置有汽水分离装置，所述测量段上对称设置有四个超声波探头放置管槽，四个超声波探头放置管槽分别连接两个不同频率的超声波换能器，超声波换能器发射端与超声波换能器接收端内部装有温度传感器，超声波换能器的发射探头与超声波激励装置相连接、接收探头与滤波器串联，串联之后与数据采集系统连接；

水雾发生装置包括雾化器与不同型号雾化喷嘴、圆形容器和高精度电子天平秤；汽水分离装置包括丝网与排水管道；连接管道有一段为可视的亚克力透明管道，其中放置水雾指示剂，遇水雾变色；测量段选择亚克力透明材质，使用激光法对管壁液膜测量，同时观测水雾流动是否均匀；汽水分离装置、连接弯头和连接管道之间通过不锈钢卡箍进行连接，且连接管道是通过切斜向下的方式进行放置，在连接管道与涡街流量计前设置一个排水口；通过水雾发生装置与不同功率风机的配合，产生不同湿度的水雾，来模拟实际工业水雾。

2. 根据权利要求1所述的基于超声波能量损失法的水雾湿度测量系统，其特征在于：连接弯头与测量段之间设置有密封圈；测量段与连接弯头通过C型钳进行固定和压紧密封。

## 基于超声波能量损失法的水雾湿度测量系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于超声波能量损失的冷态气液两相流条件下水雾湿度在线测量系统,尤其涉及一种水雾体积浓度可标定的水雾湿度在线测量系统,应用于不同体积浓度水雾的湿度与不同频率超声波的能量损失系数的特性研究,主要涉及到在消防灭火、环境治理、工矿除尘、医疗环境等相关技术领域。

### 背景技术

[0002] 两相流的湿度对消防工程、工况除尘、农业医疗业的安全与经济性有着非常重大的影响,雾化是指通过雾化器、喷嘴或用高速气流使液体分散成微细水雾颗粒的操作,形成的超细水雾颗粒有效地与漂浮在空中的颗粒物相互作用,进而实现重力沉降,降低空间内漂浮颗粒物对人体和环境的危害。喷雾效果与颗粒物的去除效果密切相关。雾效果由雾化后在空间中的粒度和浓度,以及存活时间等参数表征,而水雾在空间中的粒度和浓度受多种因素的影响,包括环境中的气流速度、水雾颗粒相对于空气气流的速度、喷嘴口径、喷雾压力、液体的表面张力系数、空气的密度、液体的粘性系数、液体的密度等参数的影响。为了了解上述因素对雾化的影响规律,提高雾化效果,需要对雾化后水雾颗粒在空间中分布特征进行表征。超声波的能量损失系数不仅与超声波频率有关,还与水雾的湿度与液滴粒径相关。目前,测量水雾湿度的方法有多种,如油池法、光散射法等,但测量精度不高,且测量设备体积较大不能实现在线测量。因此有必要设计一种可以在线测量灵敏度高的水雾湿度测量实验系统。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是为了提供一种基于超声波能量损失法的水雾湿度在线测量系统,是一种结构简单、价格低廉,可在线、实时、无干扰、高灵敏度测量空间中流动的水雾湿度实验系统。

[0004] 本发明的目的是这样实现的:包括依次连接的水雾发生装置、测量段、连接弯头、连接管道、风机,连接管道上设置有涡街流量计和排水口,在连接弯头与连接管道之间还设置有汽水分离装置,所述测量段上对称设置有四个超声波探头放置管槽,四个超声波探头放置管槽分别连接两个不同频率的超声波换能器,超声波换能器发射端与超声波换能器接收端,超声波换能器发射端与超声波换能器接收端内部装有温度传感器,超声波换能器的发射探头与超声波激励装置相连接、接收探头与滤波器串联,串联之后与数据采集系统连接。

[0005] 本发明还包括这样一些结构特征:

[0006] 1.水雾发生装置包括雾化器与不同型号雾化喷嘴、圆形容器和高精度电子天平秤;汽水分离装置包括丝网与排水管道。

[0007] 2.连接管道有一段为可视的亚克力透明管道,其中放置水雾指示剂,遇水雾变色。

[0008] 3.测量段选择亚克力透明材质,使用激光法等对管壁液膜测量,同时观测水雾流

动是否均匀。

[0009] 4. 连接弯头与测量段之间设置有密封圈；测量段与连接弯头通过C型钳进行固定和压紧密封，连接管道与其他设备连接处通过不锈钢卡箍进行密封微调。

[0010] 与现有技术相比，本发明的有益效果是：1) 本发明利用圆形亚克力管道，能够更好观测水雾流动流体运动过程。2) 本发明的测量段在同一位置设置4个超声波探头管槽，可以更为准确的使用不同超声波频率探头进行相同工况的测量，能够更精准的把握不同频率超声波在相同条件下的衰减特性差异。3) 本发明的连接管道有一段使用透明亚克力管道与水雾指示剂结合，可以实时在线观测汽水分离装置的效率，根据指示剂颜色变化判断过滤后的气体湿度。4) 本发明采用多种高频率的防雾超声波探头，防止水雾在超声波探头上成膜，对超声波产生干扰。5) 本发明采用对射式安装超声波换能器，使用超声波能量衰减方法对水雾湿度进行测量，实时、无干扰、在线测量。6) 本发明采用不同频率的超声波换能器在测量段同一位置同时进行测量，能够使液滴粒径测量更为准确。7) 本发明的水雾产生装置分别使用超声波雾化器和水雾喷头可以产生不同湿度与不同液滴粒径的水雾。8) 水雾产生装置内置加热器，可以产生不同温度的水雾。

## 附图说明

[0011] 图1为测量段俯视图；

[0012] 图2为测量段前视图；

[0013] 图3为测量段左视图的局部剖视图；

[0014] 图4为水雾发生系统示意图；

[0015] 图5为本发明的弯头连接处的结构示意图；

[0016] 图6是本发明的连接管道可视化通道图；

[0017] 图7是实验设备立体图；

[0018] 图中：水雾发生装置1、测量段管道2、连接弯头3、连接管道4、涡街流量计5、风机6、汽水分离装置7、超声波换能器发射端8、超声波换能器接收端9、超声波换能器管槽10、数据采集系统11，以及雾化装置、称重装置、排水口、超声波激励装置、电源、滤波器和采集系统。

## 具体实施方式

[0019] 下面结合附图与具体实施方式对本发明作进一步详细描述。

[0020] 本发明包括可调节水雾发生装置、测量段、温度传感器、连接弯头，承压架、连接管道、汽水分离装置、涡街流量计、流量调节阀门、风机、超声波测量装置，测量段中部带有4个超声波探头放置管槽，水雾发生装置包括雾化器与不同型号雾化喷嘴，圆形容器和高精度电子天平秤；汽水分离装置包括丝网与排水管道；水雾发生装置在测量段正下方，测量段位于下承压架上，连接弯头位于测量段上，连接管道与连接弯头相连接，其中间安装汽水分离装置，连接管道与涡街流量计相连，涡街流量计与风机相连接。

[0021] 测量段上相对两个管槽中心完全在一个水平线；测量段上管槽与测量段是以卡槽的方式安装、可以更换不同频率的超声波换能器。超声波测量装置中安装温度传感器。连接弯头与测量段之间设置有密封圈；测量段、承压架与连接弯头通过C型钳进行固定和压紧密封，连接管道与其他设备连接处通过不锈钢卡箍进行密封微调。还包括60kHz、100kHz、

160kHz、200kHz收发一体式超声波换能器、超声波激励装置、滤波器、数据采集系统。测量段分别放置两对不同频率的超声波换能器，发射探头与超声波激励装置相连接，接收探头与滤波器串联，串联之后与数据采集系统连接。连接管道有一段为可视的亚克力透明管道，其中放置水雾指示剂，遇水雾变色。根据被测量的水雾工质特性，测量段选择亚克力透明材质，可以使用激光法等对管壁液膜测量，同时可观测水雾流动是否均匀。

[0022] 本发明提供一种基于超声波能量损失的冷态气液两相流条件下水雾湿度在线测量系统，图1和图7展示了实验本体的结构组成，本发明包括水雾发生装置1、测量段管道2、连接弯头3、连接管道4、涡街流量计5、风机6、汽水分离装置7、超声波换能器发射端8、超声波换能器接收端9、超声波换能器管槽10、数据采集系统11，以及雾化装置、称重装置、排水口、超声波激励装置、电源、滤波器和采集系统。所述加水雾发生装置1上设置有水容器、加热器、刻度尺和雾化装置；所述雾化器为圆柱体，位于水容器中心。所述测量段管道2位于水雾发生装置1上方，在测量段管道中间位置，前后左右共有4个超声波换能器管槽，位于同一水平位置可以使用不同频率超声波探头同时测量，使测量段充当流动工质承压边界的同时，保证实验装置整体可视化效果；所述连接弯头3位于测量段管道的出口处；所述密封圈位于测量段管道2和连接弯头3之间；所述连接管道4位于连接弯头3出口处，实现对流动水雾进行汽水分离检测；所述涡街流量计5位于连接管道4之后，用于对水雾湿度测量装置的流量实时记录；所述风机6与涡街流量计5相连接，风机具有多档位功率调节功能；所述汽水分离装置7，由汽水分离滤网组成；超声波换能器发射端8与超声波换能器接收端9，通过插入在测量段管道2上镶嵌的超声波换能器管槽10，使用对射式布置在同一水平线上，保证换能器中心在一条直线上；数据采集系统11由滤波器和数据采集器组成，使用100M/s高频数据采集板卡进行采集，保证对超声波接收信号能量损失的准确计算。

[0023] 如图2，测量段管道2上部和连接弯头3采用C型钳连接固定，以保证测量管道的强度和密封性。在测量段管道内，通过调节雾化器与风机，来改变测量段管道内的水雾湿度的实验工况。超声波换能器发射端8与超声波换能器接收端9内部装有温度传感器，可对水雾的温度进行采集。超声波换能器发射端8发射超声波后，超声波穿过水雾发生装置产生的水雾被超声波换能器接收端9所采集，同时采集水雾的温度，之后将信号实时同步的传递给滤波器与数据采集系统11。

[0024] 如图4水雾发生装置中，水容器设有刻度，可在产生均匀稳定的水雾后对刻度进行计数，根据一段时间内损失的液体体积与涡街流量计5得到标定的水雾液体体积分数。同时根据使用不同的雾化装置，可以提供不同液滴粒径的水雾，进行实验分析。

[0025] 如图7的汽水分离装置7与连接管道4，汽水分离装置7连接弯头3和连接管道4通过不锈钢卡箍进行连接，且连接管道4是通过切斜向下的方式进行放置。在连接管道4与涡街流量计5前设置一个排水口，使经过汽水分离装置7被过滤的水沿连接通道4从排水口流出，流出的水用作实验中水雾湿度标定的误差分析同时可以保护风机。

[0026] 综上所述，本发明提供一种基于超声波能量损失的通道内冷态气液两相流条件下水雾湿度在线测量系统：包括水雾发生装置、测量段管道、连接弯头、连接管道、涡街流量计、风机、汽水分离装置、超声波换能器发射端、超声波换能器接收端、超声波换能器管槽、数据采集系统，以及雾化装置、称重装置、排水口、超声波激励装置、电源、滤波器和采集系统，通过水雾发生装置与不同功率风机的配合，产生不同湿度的水雾，来模拟实际工业水雾

的工况。采用超声波能量损失法,和基于ECAH的超声波粒径反演算法,对水雾的湿度与液滴粒径开展测量。为了便于实验,在同一测量位置设置两对不同频率的超声波换能器。保证在相同环境下,对不同超声频率的超声波能量损失系数进行采集,并由采集系统实时记录超声波衰减后的波形与水雾温度的实验数据。通过不用频率在相同水雾条件下的超声波能量衰减系数采集结合ECAH模型的反演算与不同水雾条件下相同频率超声波的能量损失系数采集分析,实现不同工况下水雾湿度与液滴粒径的同步、实时、无干扰的可视化测量。本装置结构简单,价格低廉,数据采集准确方便,可应用工业方面多,研究工况范围广。

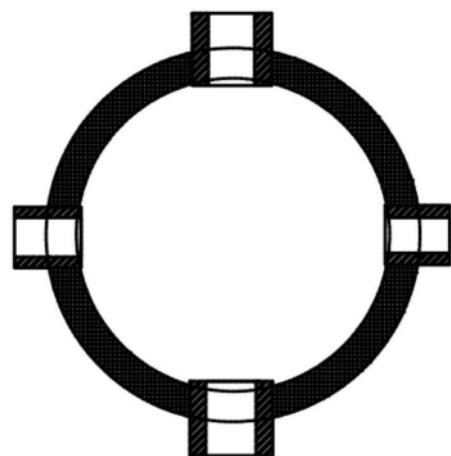


图1

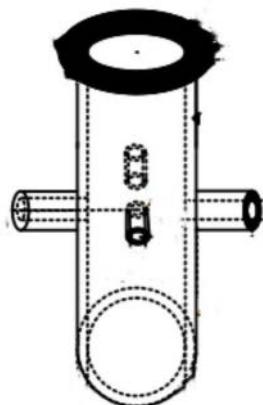


图2

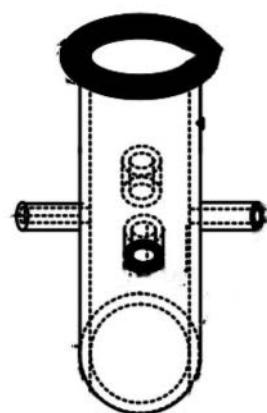


图3

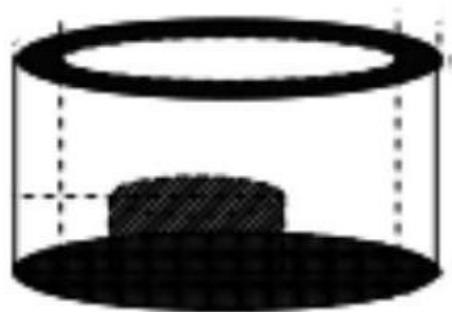


图4

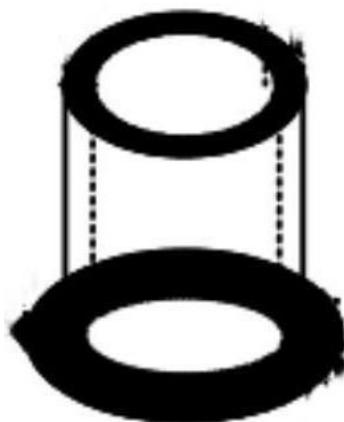


图5

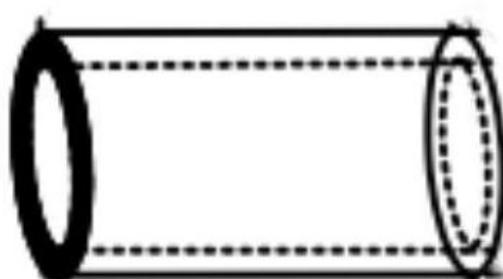


图6

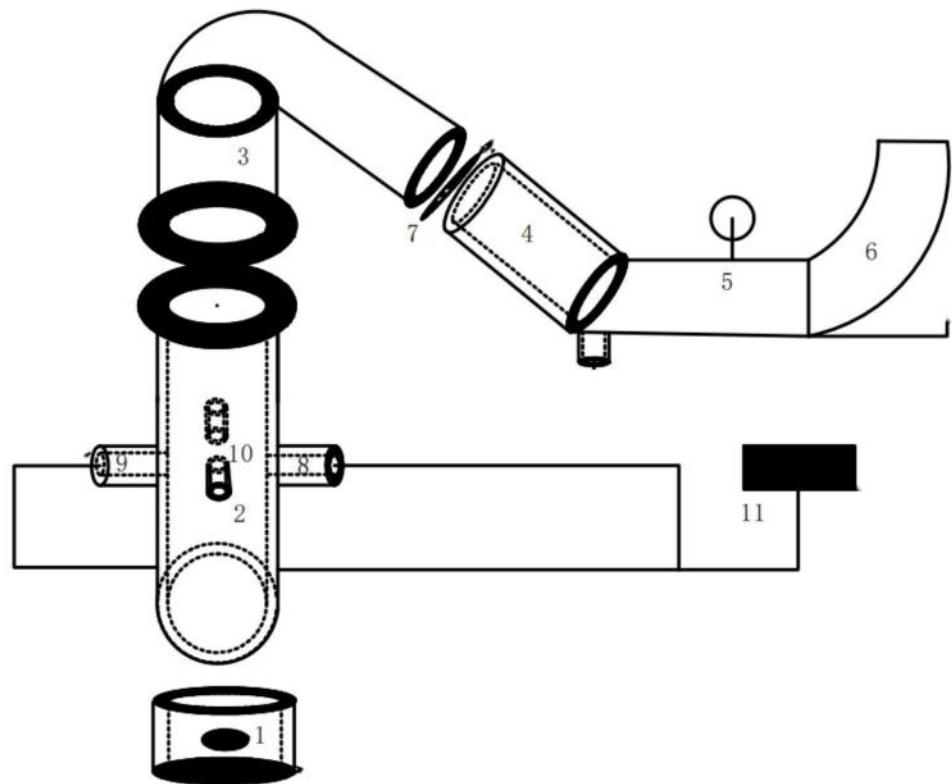


图7