



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111853552 A

(43) 申请公布日 2020.10.30

(21) 申请号 202010741546.8

(22) 申请日 2020.07.29

(71) 申请人 北京市劳动保护科学研究所
地址 100054 北京市西城区陶然亭路55号

(72) 发明人 白光 谢昱姝 代宝乾 徐亚博
葛悦 张蓓 姚卫华 王瑜
周扬凡 邓兵兵 汪彤

(74) 专利代理机构 北京清诚知识产权代理有限公司 11691

代理人 乔东峰

(51) Int.Cl.
F17D 5/02 (2006.01)

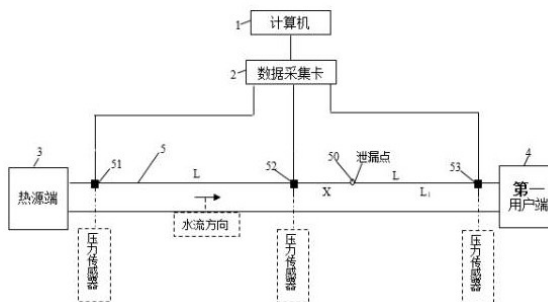
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

一种供热管道泄漏在线检测定位方法

(57) 摘要

一种供热管道泄漏在线检测定位方法,包括,对供热管道划分为若干个连续的直管段,对划分的每段直管道设置压力传感器,所述压力传感器分别连接数据采集卡,通过数据采集卡得到每个压力传感器处管道内的压力波动信号;所述数据采集卡将采集的压力传感器处管道内的瞬时负压波信号发送到信号分析装置;所述信号分析装置根据压力传感器处管道内的瞬时负压波信号及压力传感器先后检测到该负压波信号的时间间隔,与预先设定的压力传感器处管道内的瞬时压力降阈值和压力传感器先后检测到负压波的时间间隔阈值进行比较,判断供热管道的泄漏点位置。本发明适用多种管段泄漏在线检测定位,识别和排除业务操作引起的压力波动干扰,准确计算出泄漏点位置。



1. 一种供热管道泄漏在线检测定位方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一:对供热管道划分为若干个连续的直管段,对划分的每段直管道设置压力传感器,所述压力传感器分别连接数据采集卡,通过数据采集卡得到每个压力传感器处管道内的压力波动信号;

步骤二:所述数据采集卡将采集的压力传感器处管道内的瞬时负压波信号发送到信号分析装置;

步骤三:所述信号分析装置根据压力传感器处管道内的瞬时负压波信号及压力传感器先后检测到该负压波信号的时间间隔,与预先设定的压力传感器处管道内的瞬时压力降阈值和压力传感器先后检测到负压波的时间间隔阈值进行比较,判断供热管道的泄漏点位置。

2. 根据权利要求1所述一种供热管道泄漏在线检测定位方法,其特征在于,所述的供热管道是单热源、单用户的热网系统,或者是多热源、多用户的带支线的热网系统,并且同一直管段具有相同的管材、管径、水温、水压及约束条件。

3. 根据权利要求1所述一种供热管道泄漏在线检测定位方法,其特征在于,划分的每段直管道上的压力传感器,包括三个,分别设置在管道两侧端点和中间点处管壁上的压力传感器,

划分的每段直管道上的压力传感器,为型号相同的压力传感器。

4. 根据权利要求1所述一种供热管道泄漏在线检测定位方法,其特征在于,所述步骤二包括,

采集供热系统正常稳定运行工况下,各压力传感器采集到的管道内对应点处的压力波动信号,并将压力波动信号通过信号分析装置绘制成三个压力传感器处管道内连续的压力波形图,并设定该稳定工况下各压力传感器对应管道内各点处的瞬时压力降阈值,设定同一直管段上其余两处压力传感器相对于第一个检测到负压波的传感器先后检测到该负压波的时间间隔阈值;

采集各压力传感器管道内对应点处的瞬时负压波信号,并将瞬时负压波信号通过信号分析装置绘制成三个压力传感器处管道瞬时的压力波形图。

5. 根据权利要求1所述一种供热管道泄漏在线检测定位方法,其特征在于,所述瞬时压力降阈值高于正常稳定工况下各点最大压力降波动值;

所述时间间隔阈值是指,同一直管段上其余两处压力传感器相对于第一个检测到负压波的传感器先后检测到该负压波的时间间隔阈值,所述时间间隔阈值与负压波在直管段内的传播速度、热媒的流速和流动方向以及直管段的长度有关。

6. 根据权利要求1所述一种供热管道泄漏在线检测定位方法,其特征在于,所述步骤三包括,

步骤a3,所述信号分析装置根据同一直管段上,每个压力传感器对应的瞬时负压波信号形成的瞬时的压力波形图,以及每个压力传感器位置对应的瞬时压力降阈值进行比较,基于预先设置的瞬时压力降阈值和时间间隔阈值,计算出三个压力传感器检测到负压波的先后顺序及时间间隔,用于判断负压波是来自本管段还是管段划分节点方向;

步骤b3,所述信号分析装置根据供热管道各直管段首先检测到负压波信号的传感器位置及其余两处压力传感器先后检测到同一负压波的时间间隔,判断供热管道是否发生泄漏

及发生泄漏的位置。

7. 根据权利要求6所述一种供热管道泄漏在线检测定位方法,其特征在于,所述步骤a3包括,同一直管段上的同一负压波信号,压力传感器采集到的管道内瞬时压力降均不小于预先设定的瞬时压力降阈值,且先后检测到负压波的时间间隔均不大于预先设定的时间间隔阈值,判断压力波动信号异常,开始步骤b3。

8. 根据权利要求6所述一种供热管道泄漏在线检测定位方法,其特征在于,所述步骤b3包括,

当同一直管段其中一个压力传感器采集到的管道内瞬时压力降不小于设定的瞬时压力降阈值,其余压力传感器相对于第一个检测到负压波信号的传感器,先后以不同的时间间隔检测到该负压波信号,即该两处管道内瞬时压力降不小于设定的压力降阈值,且时间间隔均不大于设定的时间间隔阈值,判定本直管段发生泄漏,信号分析装置计算泄漏点位置;

当直管段某端点压力传感器首先检测到负压波信号,中间点处和另一端点处压力传感器先后以相同的时间间隔检测到了负压波信号,则可判定该负压波信号不是本管段泄漏产生;若该直管段上先检测到负压波信号的压力传感器的一端连接的是热源或用户或中继泵站,则可判定该负压波信号是因业务操作引起,所述信号分析装置自动忽略该负压波;

当相邻直管段分段节点各侧的压力传感器同时检测到负压波信号,且相邻直管段上其余两处压力传感器分别先后以相同的时间间隔检测到该负压波信号,判定泄漏点在分段节点处,所述信号分析装置计算泄漏点位置。

9. 根据权利要求1所述一种供热管道泄漏在线检测定位方法,其特征在于,还包括所述步骤四,压力波动信号异常为本直管段发生泄漏或分段节点处泄漏引起时,所述信号分析装置发出泄漏报警信息,并显示泄漏点位置。

10. 根据权利要求1所述一种供热管道泄漏在线检测定位方法,其特征在于,所述信号分析装置为计算机、智能手机、PC终端。

一种供热管道泄漏在线检测定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及信号检测和分析技术领域,更具体的说,特别涉及一种供热管道泄漏在线检测定位方法。

背景技术

[0002] 目前城市或区域大都采用集中供热的方式,很多供热系统的总供热面积已经达到几千万平方米,其中供热管道是供热系统中重要的一环,但也是可靠性最薄弱的环节。随着供热介质温度及压力参数提高,加之供热管道使用时间的延长,以及受到管道材质老化、铺设方式、工作环境、施工方法等诸多因素的影响,供热管道泄漏故障不断发生,对供热系统的稳定安全运行带来了很大的影响,也造成很大的经济损失。

[0003] 目前国内供热管道的监测大部分还是人工监测,一旦出现问题,轻则导致用户供热异常,严重的会发生危及人身安全的事故,故障无论轻重都需要有经验的技术人员在最短时间里做出准确判断什么地方发生何种故障,而人工判断会直接导致大面积的管道被挖开,保护层和保温层被破坏:一方面,用户的供热会受到影响;另一方面,热力公司会花费大量的人力物力去排查故障地点和原因,经济成本很高,同时也会给所在城市的交通等相关方面造成一定的社会影响。

[0004] 因此,现有技术存在的问题,有待于进一步改进和发展。

发明内容

[0005] (一)发明目的:为解决上述现有技术中存在的问题,本发明的目的是提供一种供热管道泄漏在线检测定位方法。

[0006] (二)技术方案:为了解决上述技术问题,本技术方案提供一种供热管道泄漏在线检测定位方法,包括以下步骤:

步骤一:对供热管道划分为若干个连续的直管段,对划分的每段直管道设置压力传感器,所述压力传感器分别连接数据采集卡,通过数据采集卡得到每个压力传感器处管道内的压力波动信号;

步骤二:所述数据采集卡将采集的压力传感器处管道内的瞬时负压波信号发送到信号分析装置;

步骤三:所述信号分析装置根据压力传感器处管道内的瞬时负压波信号及压力传感器先后检测到该负压波信号的时间间隔,与预先设定的压力传感器处管道内的瞬时压力降阈值和压力传感器先后检测到负压波的时间间隔阈值进行比较,判断供热管道的泄漏点位置。

[0007] 所述一种供热管道泄漏在线检测定位方法,其中,所述的供热管道是单热源、单用户的热网系统,或者是多热源、多用户的带支线的热网系统,并且同一直管段具有相同的管材、管径、水温、水压及约束条件。

[0008] 所述一种供热管道泄漏在线检测定位方法,其中,划分的每段直管道上的压力传

感器,包括三个,分别设置在管道两侧端点和中间点处管壁上的压力传感器,划分的每段直管道上的压力传感器,为型号相同的压力传感器。

[0009] 所述一种供热管道泄漏在线检测定位方法,其中,所述步骤二包括,

采集供热系统正常稳定运行工况下,各压力传感器采集到的管道内对应点处的压力波动信号,并将压力波动信号通过信号分析装置绘制成三个压力传感器处管道内连续的压力波形图,并设定该稳定工况下各压力传感器对应管道内各点处的瞬时压力降阈值,设定同一直管段上其余两处压力传感器相对于第一个检测到负压波的传感器先后检测到该负压波的时间间隔阈值;

采集各压力传感器管道内对应点处的瞬时负压波信号,并将瞬时负压波信号通过信号分析装置绘制成三个压力传感器处管道瞬时的压力波形图。

[0010] 所述一种供热管道泄漏在线检测定位方法,其中,所述瞬时压力降阈值高于正常稳定工况下各点最大压力降波动值,两者差值越小,对压力传感器和数据采集卡的性能以及计算机处理的压力波动信号精度要求越高,计算量也会越大,越能更准确的实现管道渗漏的检测定位;

所述时间间隔阈值是指,同一直管段上其余两处压力传感器相对于第一个检测到负压波的传感器先后检测到该负压波的时间间隔阈值,与负压波在直管段内的传播速度、热媒的流速和流动方向以及直管段的长度有关。

[0011] 所述一种供热管道泄漏在线检测定位方法,其中,所述步骤三包括,

步骤a3,所述信号分析装置根据同一直管段上,每个压力传感器对应的瞬时负压波信号形成的瞬时的压力波形图,以及每个压力传感器位置对应的瞬时压力降阈值进行比较,基于预先设置的瞬时压力降阈值和时间间隔阈值,计算出三个压力传感器检测到负压波的先后顺序及时间间隔,用于判断负压波是来自本管段还是管段划分节点方向;

步骤b3,所述信号分析装置根据供热管道各直管段首先检测到负压波信号的传感器位置及其余两处压力传感器先后检测到同一负压波的时间间隔,判断供热管道是否发生泄漏及发生泄漏的位置。

[0012] 所述一种供热管道泄漏在线检测定位方法,其中,所述步骤a3包括,同一直管段上的同一负压波信号,压力传感器采集到的管道内瞬时压力降均不小于预先设定的瞬时压力降阈值,且先后检测到负压波的时间间隔均不大于预先设定的时间间隔阈值,判断压力波动信号异常,开始步骤b3。

[0013] 所述一种供热管道泄漏在线检测定位方法,其中,所述步骤b3包括,

当同一直管段其中一个压力传感器采集到的管道内瞬时压力降不小于设定的瞬时压力降阈值,其余压力传感器相对于第一个检测到负压波信号的传感器,先后以不同的时间间隔检测到该负压波信号,即该两处管道内瞬时压力降不小于设定的压力降阈值,且时间间隔均不大于设定的时间间隔阈值,判定本直管段发生泄漏,信号分析装置计算泄漏点位置;

当直管段某端点压力传感器首先检测到负压波信号,中间点处和另一端点处压力传感器先后以相同的时间间隔检测到了负压波信号,则可判定该负压波信号不是本管段泄漏产生;若该直管段上先检测到负压波信号的压力传感器的一端连接的是热源或用户或中继泵站,则可判定该负压波信号是因业务操作引起,所述信号分析装置自动忽略该负压波;

当相邻直管段分段节点各侧的压力传感器同时检测到负压波信号,且相邻直管段上其余两处压力传感器分别先后以相同的时间间隔检测到该负压波信号,判定泄漏点在分段节点处,所述信号分析装置计算泄漏点位置。

[0014] 所述一种供热管道泄漏在线检测定位方法,其中,还包括所述步骤四,压力波动信号异常为本直管段发生泄漏或分段节点处泄漏引起时,所述信号分析装置发出泄漏报警信息,并显示泄漏点位置。

[0015] 所述一种供热管道泄漏在线检测定位方法,其中,所述信号分析装置为计算机、智能手机、PC终端。

[0016] (三)有益效果:本发明提供一种供热管道泄漏在线检测定位方法,适用于单个直管段泄漏在线检测定位,也适用于连续多个直管段以及带支线管段泄漏的在线检测定位,并能识别和排除因业务操作引起的压力波动干扰,准确计算出泄漏点位置。

附图说明

[0017] 图1是本发明一种供热管道泄漏在线检测定位方法第一实施方式的示意图;

图2是本发明一种供热管道泄漏在线检测定位方法第二实施方式的示意图;

1-信号分析装置;2-数据采集卡;3-热源端;4-第一用户端;4'-第二用户端;5-G₅直管段;50-第一泄漏点;51-C₅₁压力传感器;52-C₅₂压力传感器;53-C₅₃压力传感器;6-G₆直管段;60-第二泄漏点;61-C₆₁压力传感器;62-C₆₂压力传感器;63-C₆₃压力传感器;67-三通;7-G₇直管段;71-C₇₁压力传感器;72-C₇₂压力传感器;73-C₇₃压力传感器;8-G₈直管段;89-弯头;81-C₈₁压力传感器;82-C₈₂压力传感器;83-C₈₃压力传感器;9-G₉直管段;91-C₉₁压力传感器;92-C₉₂压力传感器;93-C₉₃压力传感器。

具体实施方式

[0018] 下面结合优选的实施例对本发明做进一步详细说明,在以下的描述中阐述了更多的细节以便于充分理解本发明,但是,本发明显然能够以多种不同于此描述的方式来实施,本领域技术人员可以在不违背本发明内涵的情况下根据实际应用情况作类似推广、演绎,因此不应以此具体实施例的内容限制本发明的保护范围。

[0019] 附图是本发明的实施例的示意图,需要注意的是,此附图仅作为示例,并非是按照等比例的条件绘制的,并且不应该以此作为对本发明的实际要求保护范围构成限制。

[0020] 一种供热管道泄漏在线检测定位方法,包括以下步骤:

步骤一:对供热管道划分为若干个连续的直管段,对划分的每段直管道设置压力传感器,所述压力传感器分别连接数据采集卡,通过数据采集卡得到每个压力传感器处管道内的压力波动信号;

步骤二:所述数据采集卡将采集的压力传感器处管道内的瞬时负压波信号发送到信号分析装置;

步骤三:所述信号分析装置根据压力传感器处管道内的瞬时负压波信号及压力传感器先后检测到该负压波信号的时间间隔,与预先设定的压力传感器处管道内的瞬时压力降阈值和压力传感器先后检测到负压波的时间间隔阈值进行比较,判断供热管道的泄漏点位置。所述的供热管道是单热源、单用户的热网系统,或者是多热源、多用户的带支线的热网

系统,并且同一直管段具有相同的管材、管径、水温、水压及约束条件,使得负压波的传播速度在同一直管段内保持一致。

[0021] 所述步骤一中,划分的每段直管道上的压力传感器,包括三个,分别设置在管道两侧端点和中间点处管壁上的压力传感器,划分的每段直管道上的所述压力传感器,为型号相同的压力传感器。

[0022] 所述压力传感器用于检测对应点处管道内的压力波动,并捕捉在管道内传播的负压波信号。

[0023] 所述步骤一中,直管段划分节点包括热源、用户、中继泵站、分段阀门、分支管处、弯头处等。其中,用户可以是热力站或直接连接的基本用户。

[0024] 所述数据采集卡采集的负压波信号包括每个直管段压力传感器检测对应点处管道内的负压波信号,以及管道内传播的负压波信号。

[0025] 所述步骤二具体的说包括:

采集供热系统正常稳定运行工况下,各压力传感器采集到的管道内对应点处的压力波动信号,并将压力波动信号通过信号分析装置绘制成三个压力传感器处管道内连续的压力波形图,并设定该稳定工况下各压力传感器对应管道内各点处的瞬时压力降阈值,设定同一直管段上其余两处压力传感器相对于第一个检测到负压波的传感器先后检测到该负压波的时间间隔阈值;

采集各压力传感器管道内对应点处的瞬时负压波信号,并将瞬时负压波信号通过信号分析装置绘制成三个压力传感器处管道瞬时的压力波形图。

[0026] 需要说明的是,所述信号分析装置根据该供热系统正常稳定运行工况下,管道内三个压力检测点处的压力波形图,以及直管段的管材、管径、水温、水压、长度以及约束条件等,分析得到各检测点管道内最大的瞬时压力降和三个压力传感器先后检测到负压波的时间间隔阈值。

[0027] 所述瞬时压力降阈值高于正常稳定工况下各点最大压力降波动值,两者差值越小,对压力传感器和数据采集卡的性能以及计算机处理的压力波动信号精度要求越高,计算量也会越大,越能更准确的实现管道渗漏的检测定位。

[0028] 所述时间间隔阈值是指,同一直管段上其余两处压力传感器相对于第一个检测到负压波的传感器先后检测到该负压波的时间间隔阈值,与负压波在直管段内的传播速度、热媒的流速和流动方向以及直管段的长度有关。

[0029] 所述步骤三具体的说包括:

步骤a3,所述信号分析装置根据同一直管段上,每个压力传感器对应的瞬时负压波信号形成的瞬时的压力波形图,以及每个压力传感器位置对应的瞬时压力降阈值进行比较,基于预先设置的瞬时压力降阈值和时间间隔阈值,计算出三个压力传感器检测到负压波的先后顺序及时间间隔,用于判断负压波是来自本管段还是管段划分节点方向;

步骤b3,所述信号分析装置根据供热管道各直管段首先检测到负压波信号的传感器位置及其余两处压力传感器先后检测到同一负压波的时间间隔,判断供热管道是否发生泄漏及发生泄漏的位置。

[0030] 所述步骤a3包括,同一直管段上的同一负压波信号,压力传感器采集到的管道内瞬时压力降均不小于预先设定的瞬时压力降阈值,且先后检测到负压波的时间间隔均不大

于预先设定的时间间隔阈值,判断压力波动信号异常,开始步骤b3。

[0031] 所述步骤b3包括,当同一直管段其中一个压力传感器采集到的管道内瞬时压力降不小于设定的瞬时压力降阈值,其余压力传感器相对于第一个检测到负压波信号的传感器,先后以不同的时间间隔检测到该负压波信号,即该两处管道内瞬时压力降不小于设定的压力降阈值,且时间间隔均不大于设定的时间间隔阈值,判定本直管段发生泄漏,信号分析装置计算泄漏点位置;

当直管段某端点压力传感器首先检测到负压波信号,中间点处和另一端点处压力传感器先后以相同的时间间隔检测到了负压波信号,则可判定该负压波信号不是本管段泄漏产生;若该直管段上先检测到负压波信号的压力传感器的一端连接的是热源或用户或中继泵站,则可判定该负压波信号是因业务操作引起,所述信号分析装置自动忽略该负压波;

若该直管段上先检测到负压波的压力传感器的一端连接有其他直管段,则可根据该直管段所有相邻管段设置的三个压力传感器检测到该负压波的先后顺序和时间差共同确定泄漏点位置。具体的说,当相邻直管段分段节点各侧的压力传感器同时检测到负压波信号,且相邻直管段上其余两处压力传感器分别先后以相同的时间间隔检测到该负压波信号,判定泄漏点在分段节点处,所述信号分析装置计算泄漏点位置。

[0032] 所述的一种供热管道泄漏在线检测定位方法,还包括所述步骤四,当压力波动信号异常为本直管段发生泄漏或分段节点处泄漏引起时,所述信号分析装置发出泄漏报警信息,并显示泄漏点位置。其中,所述信号分析装置发出泄漏报警信息可以是直接在计算机上显示、发出报警提示音或者像管理员的智能终端发出泄漏报警短信息。

[0033] 所述信号分析装置可以是具有计算、显示功能的智能设备,具体可以是计算机、智能手机、PC终端等。

[0034] 下面结合本发明提供一种供热管道泄漏在线检测定位方法一个优选的实施例进行详细说明。

[0035] 如图1所示,图1是本发明的第一实施方式的示意图,该实施方式中,涉及的是单热源、单用户、单一直管段的供热系统,热媒从热源端3流向第一用户端4,信号分析装置使用计算机1。

[0036] 在G₅直管段5上,在接近热源端3和第一用户端4,以及其中间点处,分别设置同种型号的三个压力传感器:C₅₁压力传感器51、C₅₂压力传感器52和C₅₃压力传感器53,压力传感器间距记为L。三个压力传感器通过数据采集卡2与计算机1相连,数据采集卡2将G₅直管段5管道内对应检测点处压力波动信号输入计算机1中,形成对应的连续的压力波形图。

[0037] 在计算机上,根据该供热系统正常稳定运行工况下,管道内三个压力检测点处的压力波形图,分析得到各检测点管道内最大的瞬时压力降,以此设定各检测点瞬时压力降阈值P₅₁₀、P₅₂₀、P₅₃₀,且均大于对应检测点管道内正常稳定运行工况下最大的瞬时压力降。

[0038] 负压波在水中传播速度a约为1200~1400m/s,供热管道内水流速度v一般不大于3m/s,因此,水流速度和方向对负压波的传播影响很小,可以忽略。预先设定时间间隔阈值 $\Delta t_{50} > L/a$ 。负压波在水中的传播速度是温度的函数,取决于热媒的体积弹性系数、密度、管材的弹性模量和直管段约束条件,可计算得到,也可取负压波在水中传播速度相对低的经验值,比如取a=1200m/s。

[0039] 如图1所示,若某时,G₅直管段5上,C₅₂压力传感器52对应检测点管道内的压力波形

图呈现的瞬时压力降 $P_{521} \geq P_{520}$, 间隔时间 Δt_{51} 后, C_{53} 压力传感器53对应检测点管道内的压力波形图呈现的瞬时压力降 $P_{531} \geq P_{530}$, 再间隔时间 Δt_{52} 后, C_{51} 压力传感器51对应检测点管道内的压力波形图呈现的瞬时压力降 $P_{511} \geq P_{510}$, 且 $\Delta t_{51} \leq \Delta t_{50}$ 和 $\Delta t_{52} \leq \Delta t_{50}$, 据此计算机将判定 G_5 直管段5发生泄漏, 并给出第一泄漏点50距 C_{52} 压力传感器52对应检测点的距离 X , 泄漏点定位计算公式如下:

$$X = \frac{L}{2} \cdot \frac{\Delta t_{52}}{\Delta t_{51} + \Delta t_{52}} \quad (1)$$

如图1所示, 若某时, G_5 直管段5上, C_{51} 压力传感器51对应检测点管道内的压力波形图呈现的瞬时压力降 $P_{512} \geq P_{510}$, 间隔时间 Δt_{53} 后, C_{52} 压力传感器52对应检测点管道内的压力波形图呈现的瞬时压力降 $P_{522} \geq P_{520}$, 再间隔时间 Δt_{54} 后, C_{53} 压力传感器53对应检测点管道内的压力波形图呈现的瞬时压力降 $P_{532} \geq P_{530}$, 且 $\Delta t_{53} = \Delta t_{54} \leq \Delta t_{50}$, 据此计算机将判定此负压波来自于热源端3的业务操作, 不发出泄漏报警。

[0040] 如图1所示, 若某时, G_5 直管段5上, C_{53} 压力传感器53对应检测点管道内的压力波形图呈现的瞬时压力降 $P_{533} \geq P_{530}$, 间隔时间 Δt_{55} 后, C_{52} 压力传感器52对应检测点管道内的压力波形图呈现的瞬时压力降 $P_{523} \geq P_{520}$, 再间隔时间 Δt_{56} 后, C_{51} 压力传感器51对应检测点管道内的压力波形图呈现的瞬时压力降 $P_{513} \geq P_{510}$, 且 $\Delta t_{55} = \Delta t_{56} \leq \Delta t_{50}$, 据此计算机将判定此负压波来自于第一用户端4的业务操作, 不发出泄漏报警。

[0041] 如图1所示, 若某时, G_5 直管段5上某个压力传感器对应检测点的压力波形图呈现的瞬时压力降不小于设定的瞬时压力降阈值, 其余两处压力传感器中的一个或两个对应检测点的压力波形图未在设定的时间间隔阈值内呈现出不小于设定的瞬时压力降阈值, 据此计算机判定此次检测到的负压波为无效压力波动信号, 不发出泄漏报警。

[0042] 下面结合本发明提供一种供热管道泄漏在线检测定位方法领一个优选的实施例进行详细说明。

[0043] 图2是本发明的第二实施方式的示意图:

如图2所示, 该实施方式中, 涉及的是单热源、多用户、分支管、多直管段的供热系统, 热媒从热源端3流向第一用户端4和第二用户端4'。

[0044] 按照本发明所述的直管段划分原则, 将图2所示的供热系统, 分别以热源端3、三通67、弯头89、第一用户端4和第二用户端4'为节点, 划分为分别具有相同的管材、管径、水温、水压及约束条件的 G_6 直管段6、 G_7 直管段7、 G_8 直管段8和 G_9 直管段9。

[0045] 分别在 G_6 直管段6、 G_7 直管段7、 G_8 直管段8和 G_9 直管段9的两端点和中间点处设置同种型号的压力传感器, 且在中间节点处设置的压力传感器相对于节点等间距布置。

[0046] 在 G_6 直管段6上, 近热源端3和三通67以及中间点处, 分别设置同种型号的三个压力传感器: C_{61} 压力传感器61、 C_{62} 压力传感器62和 C_{63} 压力传感器63, 压力传感器间距记为 L' 。三个压力传感器通过数据采集卡2与计算机1相连, 将管道内对应检测点处压力波动信号输入计算机1中, 形成对应的连续的压力波形图。

[0047] 在 G_7 直管段7上, 近第一用户端4和三通67以及中间点处, 分别设置同种型号的三个压力传感器: C_{71} 压力传感器71、 C_{72} 压力传感器72和 C_{73} 压力传感器73, 压力传感器间距记为 L'' 。三个压力传感器通过数据采集卡2与计算机1相连, 将管道内对应检测点处压力波动信号输入计算机1中, 形成对应的连续的压力波形图。

[0048] 在G₈直管段8上,三通67和弯头89以及中间点处,分别设置同种型号的三个压力传感器:C₈₁压力传感器81、C₈₂压力传感器82和C₈₃压力传感器83,压力传感器间间距记为L^{///}。三个压力传感器通过数据采集卡2与计算机1相连,将管道内对应监测点处压力波动信号输入计算机1中,形成对应的连续的压力波形图。

[0049] 在G₉直管段9上,近第二用户端4'和弯头89以及中间点处,分别设置同种型号的三个压力传感器:C₉₁压力传感器91、C₉₂压力传感器92和C₉₃压力传感器93,压力传感器间间距记为L^{////}。三个压力传感器通过数据采集卡2与计算机1相连,将管道内对应监测点处压力波动信号输入计算机1中,形成对应的连续的压力波形图。

[0050] 在计算机上,根据该供热系统正常稳定运行工况下,管道内压力检测点处的压力波形图,分析得到各检测点管道内最大的瞬时压力降,以此设定各检测点瞬时压力降阈值P₆₁₀、P₆₂₀、P₆₃₀、P₇₁₀、P₇₂₀、P₇₃₀、P₈₁₀、P₈₂₀、P₈₃₀、P₉₁₀、P₉₂₀、P₉₃₀,且均大于对应检测点管道内正常稳定运行工况下最大的瞬时压力降。

[0051] 负压波在水中传播速度a约为1200~1400m/s,供热管道内水流速度v一般不大于3m/s,因此,水流速度和方向对负压波的传播影响很小,可以忽略。预先设定各直管段的时间间隔阈值。负压波在水中的传播速度是温度的函数,取决于热媒的体积弹性系数、密度、管材的弹性模量和直管段约束条件,可计算得到,也可取负压波在水中传播速度相对低的经验值,比如取a=1200m/s,若各直管段热媒温度差异较大,建议计算得到各直管段的负压波传播速度。

[0052] G₆直管段6时间间隔阈值记为 $\Delta t_{60} > L'/a$,G₇直管段7时间间隔阈值记为 $\Delta t_{70} > L''/a$,G₈直管段8时间间隔阈值记为 $\Delta t_{80} > L'''/a$,G₉直管段9时间间隔阈值记为 $\Delta t_{90} > L''''/a$ 。

[0053] 如图2所示,若某时,G₇直管段7上,C₇₂压力传感器72对应检测点管道内的压力波形图呈现的瞬时压力降 $P_{721} \geq P_{720}$,间隔时间 Δt_{71} 后,C₇₁压力传感器71对应检测点管道内的压力波形图呈现的瞬时压力降 $P_{711} \geq P_{710}$,再间隔时间 Δt_{72} 后,C₇₃压力传感器73对应检测点管道内的压力波形图呈现的瞬时压力降 $P_{731} \geq P_{730}$,且 $\Delta t_{71} \leq \Delta t_{70}$ 和 $\Delta t_{72} \leq \Delta t_{70}$,据此计算机将判定G₇直管段7发生泄漏,并给出泄漏点距C₇₂压力传感器72对应检测点的距离X',泄漏点定位计算公式如下。

$$[0054] \quad X' = \frac{L''}{2} \cdot \frac{\Delta t_{72}}{\Delta t_{71} + \Delta t_{72}} \quad (2)$$

如图2所示,若某时,G₇直管段7上压力传感器73对应检测点管道内的压力波形图呈现的瞬时压力降 $P_{732} \geq P_{730}$,间隔时间 Δt_{73} 后,压力传感器72对应检测点管道内的压力波形图呈现的瞬时压力降 $P_{722} \geq P_{720}$,再间隔时间 Δt_{74} 后,压力传感器71对应检测点管道内的压力波形图呈现的瞬时压力降 $P_{712} \geq P_{710}$,且 $\Delta t_{73} = \Delta t_{74} \leq \Delta t_{70}$,据此计算机将判定此负压波来自于用户端4的业务操作,不发出泄漏报警。

[0055] 如图2所示,若某时,G₆直管段6上,C₆₃压力传感器63对应检测点管道内的压力波形图呈现的瞬时压力降 $P_{631} \geq P_{610}$,G₇直管段7上C₇₁压力传感器71对应检测点管道内的压力波形图呈现的瞬时压力降 $P_{713} \geq P_{710}$,G₈直管段8上C₈₁压力传感器81对应检测点管道内的压力波形图呈现的瞬时压力降 $P_{811} \geq P_{810}$;然后,G₆直管段6、G₇直管段7、G₈直管段8其余两处压力传感器分别先后以相同的时间间隔检测到了该负压波,据此计算机判定三通67发生泄漏。

[0056] 供热管道发生泄漏时,热媒在管道内外压差的作用下从泄漏点迅速流失,泄漏部位的热媒损失使该处的流体密度减小,出现瞬间压力下降。由于流体的连续性,管道内的流体速度不会立刻发生变化,而流体在泄漏点和其相邻区域之间的压力产生差异,这种差异导致泄漏点两边区域的高压流体流向泄漏点处的低压区域,从而又引起与泄漏点相邻区域流体的密度减小和压力降低。这一现象依次向管道上、下游方向传递,就产生了从泄漏点处沿管道分别向上下游传播的瞬态负压波。负压波沿管道向上下游传播,瞬时的压力降具有几乎垂直的边沿。

[0057] 按照一定的原则将供热管道划分成连续的直管段,使得压力波的传播速度在同一直管段内保持一致,并在直管段的两端点和中间点处设置压力传感器捕捉瞬时负压波信号。泄漏位置不同,负压波向上下游传播的距离不同,到达各压力传感器的时间不同,可以根据到达相关压力传感器的时间差来确定泄漏点的位置。因正常运行时,供热管道内的压力处于波动状态,且正常的业务操作如调泵、调阀或热水用户取用热水等也会产生负压波,因此如何有效识别泄漏产生的负压波是泄漏检测定位的核心和难点。

[0058] 识别负压波的方法很多,有相关分析法、残差法、时间序列分析法和小波分析法等。其中小波分析法是根据小波变换原理,用小波分析工具对信号进行变换,多尺度对信号进行分析。小波变换可以在时域-频域对信号进行多层分解和多尺度分析,在时域和频域同时具有良好的观察信号局部特征的能力,可以在细节上观察管道压力变化,凸显突变点(压力下降沿),因此在负压波信号处理上具有较为明显的优越性。

[0059] 一种供热管道泄漏在线检测定位方法不仅适用于单热源、单用户、单直管段的供热系统管道泄漏的在线检测定位,还适用于多热源、多用户、分支管、多直管段的供热系统管道泄漏的在线定位检测,并且能够识别和排除正常业务操作产生的负压波的干扰,准确计算出泄漏点位置,有效提高供热管道泄漏在线检测定位水平。

[0060] 以上内容是对本发明创造的优选的实施例的说明,可以帮助本领域技术人员更充分地理解本发明创造的技术方案。但是,这些实施例仅仅是举例说明,不能认定本发明创造的具体实施方式仅限于这些实施例的说明。对本发明创造所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明创造构思的前提下,还可以做出若干简单推演和变换,都应当视为属于本发明创造的保护范围。

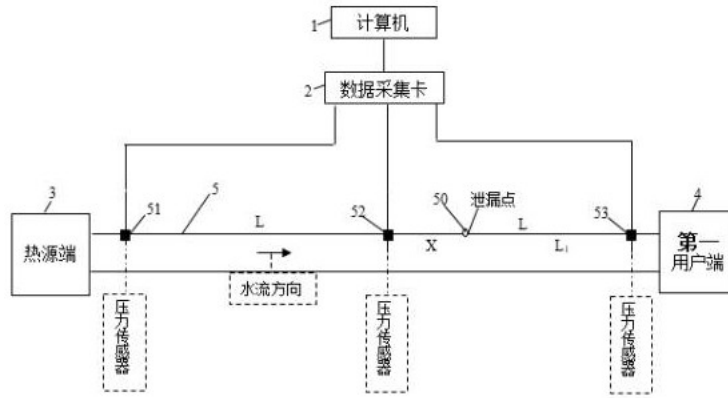


图1

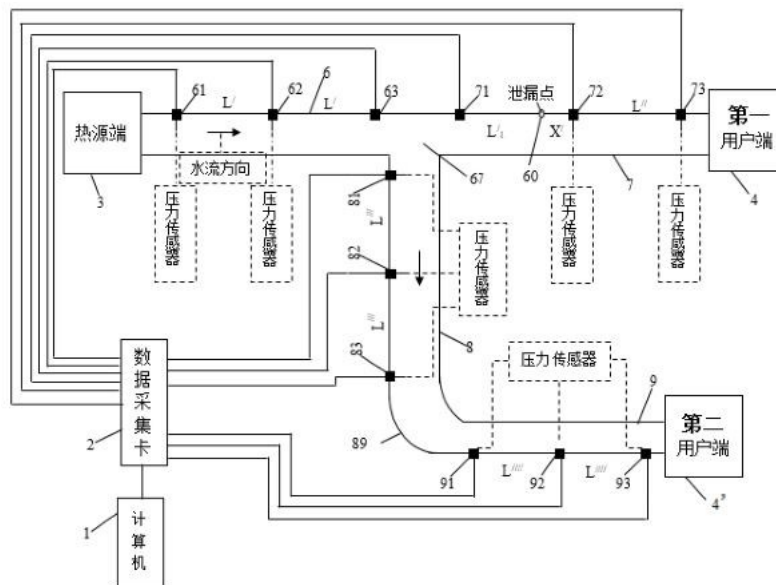


图2