



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115479219 A

(43) 申请公布日 2022.12.16

(21) 申请号 202211142544.2

(22) 申请日 2022.09.20

(71) 申请人 无锡科晟光子科技有限公司  
地址 214000 江苏省无锡市经济开发区高浪东路999-8-A1-201-210室

(72) 发明人 王一川 高善涛 邬小可 汪勇

(74) 专利代理机构 无锡市观知成专利商标代理  
事务所(特殊普通合伙)  
32591

专利代理师 陈丽丽

(51) Int. Cl.

F17D 5/00 (2006.01)

F17D 5/02 (2006.01)

G01H 9/00 (2006.01)

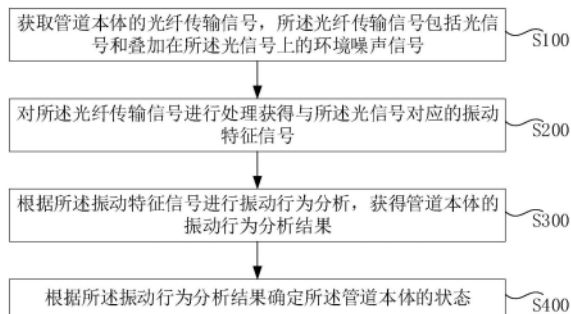
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

智能管道状态监测方法、监测装置及智能管道系统

(57) 摘要

本发明涉及燃气管道安防技术领域,具体公开了一种智能管道状态监测方法、监测装置及智能管道系统,包括:获取管道本体的光纤传输信号,所述光纤传输信号包括光信号和叠加在所述光信号上的环境噪声信号;对所述光纤传输信号进行处理获得与所述光信号对应的振动特征信号;根据所述振动特征信号进行振动行为分析,获得管道本体的振动行为分析结果;根据所述振动行为分析结果确定所述管道本体的状态。本发明提供的智能管道状态监测方法能够对管道状态实现有效监测。



1. 一种智能管道状态监测方法,其特征在于,应用在智能管道系统中,所述智能管道系统包括管道本体和设置在所述管道本体内部的光纤,所述智能管道状态监测方法包括:

获取管道本体的光纤传输信号,所述光纤传输信号包括光信号和叠加在所述光信号上的环境噪声信号;

对所述光纤传输信号进行处理获得与所述光信号对应的振动特征信号;

根据所述振动特征信号进行振动行为分析,获得管道本体的振动行为分析结果;

根据所述振动行为分析结果确定所述管道本体的状态。

2. 根据权利要求1所述的智能管道状态监测方法,其特征在于,对所述光纤传输信号进行处理获得与所述光信号对应的振动特征信号,包括:

对所述光纤传输信号进行信号解调,获得解调信号;

根据环境噪声信号模型库确定当前所述光纤传输信号所对应的环境噪声信号;

对所述解调信号进行环境噪声信号去除处理后,获得光信号;

对所述光信号进行振动特征提取获得光信号对应的振动特征信号。

3. 根据权利要求2所述的智能管道状态监测方法,其特征在于,根据环境噪声信号模型库确定当前所述光纤传输信号所对应的环境噪声信号,包括:

分别获取管道本体在不同环境噪声信号下的光纤传输信号,其中不同环境噪声信号能够根据环境噪声采集装置确定;

将不同环境噪声信号下的光纤传输信号作为训练数据集进行训练,获得光纤传输信号特征库,其中所述光纤传输信号特征库包括光纤传输信号与环境噪声信号的映射关系;

将当前所述光纤传输信号输入至所述环境噪声信号模型库,确定当前所述光纤传输信号所对应的环境噪声信号。

4. 根据权利要求2所述的智能管道状态监测方法,其特征在于,对所述光信号进行振动特征提取获得光信号对应的振动特征信号,包括:

对所述光信号进行特征分解,获得对应的振动特征信号;

对所述振动特征信号分解获得MFCC信号和时域信号。

5. 根据权利要求4所述的智能管道状态监测方法,其特征在于,根据所述振动特征信号进行振动行为分析,获得管道本体的振动行为分析结果,包括:

根据所述MFCC信号计算MFCC能量,以及根据所述时域信号计算时域能量;

将所述MFCC能量和所述时域能量分别与各自对应的能量门限值进行比较,并根据比较结果确定管道本体的振动行为分析结果。

6. 根据权利要求5所述的智能管道状态监测方法,其特征在于,将所述MFCC能量和所述时域能量分别与各自对应的能量门限值进行比较,并根据比较结果确定管道本体的振动行为分析结果,包括:

将所述MFCC能量与预设MFCC能量门限值比较,以及将所述时域能量与预设时域能量门限值比较;

若所述MFCC能量大于所述预设MFCC能量门限值,和/或,所述时域能量大于所述预设时域能量门限值,则根据决策树分类器的输出结果确定管道本体的振动行为分析结果;

若所述MFCC能量不大于所述预设MFCC能量门限值,则将所述MFCC能量与预设综合门限比较,并在所述MFCC能量大于所述预设综合门限时根据决策树分类器的输出结果确定管道

本体的振动行为分析结果；

若所述时域能量不大于所述预设时域能量门限值，则将所述时域能量与预设综合门限比较，并在所述时域能量大于所述预设综合门限时根据决策树分类器的输出结果确定管道本体的振动行为分析结果；

其中所述决策树分类器包括时域能量与振动行为对应的映射关系以及MFCC能量与振动行为对应的映射关系。

7. 根据权利要求6所述的智能管道状态监测方法，其特征在于，所述振动行为包括平静行为、炸管行为、行人行为和挖掘行为。

8. 根据权利要求2所述的智能管道状态监测方法，其特征在于，所述环境噪声信号包括温度、流量和压力。

9. 一种智能管道状态监测装置，其特征在于，应用在智能管道系统中，所述智能管道系统包括管道本体和设置在所述管道本体内部的光纤，所述智能管道状态监测装置包括：

获取模块，用于获取管道本体的光纤传输信号，所述光纤传输信号包括光信号和叠加在所述光信号上的环境噪声信号；

处理模块，用于对所述光纤传输信号进行处理获得与所述光信号对应的振动特征信号；

分析模块，用于根据所述振动特征信号进行振动行为分析，获得管道本体的振动行为分析结果；

确定模块，用于根据所述振动行为分析结果确定所述管道本体的状态。

10. 一种智能管道系统，其特征在于，包括：管道本体，设置在所述管道本体内部的光纤，设置在所述管道本体上的环境噪声采集装置和权利要求9所述的智能管道状态监测装置，所述光纤和所述环境噪声采集装置均与所述智能管道状态监测装置电连接；

所述管道本体包括由内到外依次设置的介质传输层、增强层、包覆层、光缆和光缆保护层。

## 智能管道状态监测方法、监测装置及智能管道系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及燃气管道安防技术领域,尤其涉及一种智能管道状态监测方法、智能管道状态监测装置及智能管道系统。

### 背景技术

[0002] 传统管道的安防手段一般以人防为主,效率低,成本高,即使与各种传感系统融合基本也是预埋光纤、追加布设的方式为主,这样的方式光纤与管道有物理间隔,并不是真正意义上的贴合,其所检测的特征是无法真正的展现管道的状态,而且传输介质在不同情况下对管道施加的影响会导致传感系统的误报。

[0003] 因此,如何能够实现管道状态的有效监测以提升安防效率成为本领域技术人员亟待解决的技术问题。

### 发明内容

[0004] 本发明提供了一种智能管道状态监测方法、智能管道状态监测装置及智能管道系统,解决相关技术中存在的管道状态无法有效监测的问题。

[0005] 作为本发明的第一个方面,提供一种智能管道状态监测方法,其中,应用在智能管道系统中,所述智能管道系统包括管道本体和设置在所述管道本体内的光纤,所述智能管道状态监测方法包括:

[0006] 获取管道本体的光纤传输信号,所述光纤传输信号包括光信号和叠加在所述光信号上的环境噪声信号;

[0007] 对所述光纤传输信号进行处理获得与所述光信号对应的振动特征信号;

[0008] 根据所述振动特征信号进行振动行为分析,获得管道本体的振动行为分析结果;

[0009] 根据所述振动行为分析结果确定所述管道本体的状态。

[0010] 进一步地,对所述光纤传输信号进行处理获得与所述光信号对应的振动特征信号,包括:

[0011] 对所述光纤传输信号进行信号解调,获得解调信号;

[0012] 根据环境噪声信号模型库确定当前所述光纤传输信号所对应的环境噪声信号;

[0013] 对所述解调信号进行环境噪声信号去除处理后,获得光信号;

[0014] 对所述光信号进行振动特征提取获得光信号对应的振动特征信号。

[0015] 进一步地,根据环境噪声信号模型库确定当前所述光纤传输信号所对应的环境噪声信号,包括:

[0016] 分别获取管道本体在不同环境噪声信号下的光纤传输信号,其中不同环境噪声信号能够根据环境噪声采集装置确定;

[0017] 将不同环境噪声信号下的光纤传输信号作为训练数据集进行训练,获得光纤传输信号特征库,其中所述光纤传输信号特征库包括光纤传输信号与环境噪声信号的映射关系;

[0018] 将当前所述光纤传输信号输入至所述环境噪声信号模型库,确定当前所述光纤传输信号所对应的环境噪声信号。

[0019] 进一步地,对所述光信号进行振动特征提取获得光信号对应的振动特征信号,包括:

[0020] 对所述光信号进行特征分解,获得对应的振动特征信号;

[0021] 对所述振动特征信号分解获得MFCC信号和时域信号。

[0022] 进一步地,根据所述振动特征信号进行振动行为分析,获得管道本体的振动行为分析结果,包括:

[0023] 根据所述MFCC信号计算MFCC能量,以及根据所述时域信号计算时域能量;

[0024] 将所述MFCC能量和所述时域能量分别与各自对应的能量门限值进行比较,并根据比较结果确定管道本体的振动行为分析结果。

[0025] 进一步地,将所述MFCC能量和所述时域能量分别与各自对应的能量门限值进行比较,并根据比较结果确定管道本体的振动行为分析结果,包括:

[0026] 将所述MFCC能量与预设MFCC能量门限值比较,以及将所述时域能量与预设时域能量门限值比较;

[0027] 若所述MFCC能量大于所述预设MFCC能量门限值,和/或,所述时域能量大于所述预设时域能量门限值,则根据决策树分类器的输出结果确定管道本体的振动行为分析结果;

[0028] 若所述MFCC能量不大于所述预设MFCC能量门限值,则将所述MFCC能量与预设综合门限比较,并在所述MFCC能量大于所述预设综合门限时根据决策树分类器的输出结果确定管道本体的振动行为分析结果;

[0029] 若所述时域能量不大于所述预设时域能量门限值,则将所述时域能量与预设综合门限比较,并在所述时域能量大于所述预设综合门限时根据决策树分类器的输出结果确定管道本体的振动行为分析结果;

[0030] 其中所述决策树分类器包括时域能量与振动行为对应的映射关系以及MFCC能量与振动行为对应的映射关系。

[0031] 进一步地,所述振动行为包括平静行为、炸管行为、行人行为和挖掘行为。

[0032] 进一步地,所述环境噪声信号包括温度、流量和压力。

[0033] 作为本发明的另一个方面,提供一种智能管道状态监测装置,其中,应用在智能管道系统中,所述智能管道系统包括管道本体和设置在所述管道本体内部的光纤,所述智能管道状态监测装置包括:

[0034] 获取模块,用于获取管道本体的光纤传输信号,所述光纤传输信号包括光信号和叠加在所述光信号上的环境噪声信号;

[0035] 处理模块,用于对所述光纤传输信号进行处理获得与所述光信号对应的振动特征信号;

[0036] 分析模块,用于根据所述振动特征信号进行振动行为分析,获得管道本体的振动行为分析结果;

[0037] 确定模块,用于根据所述振动行为分析结果确定所述管道本体的状态。

[0038] 作为本发明的另一个方面,提供一种智能管道系统,其中,包括:管道本体,设置在所述管道本体内部的光纤,设置在所述管道本体上的环境噪声采集装置和前文所述的智能管

道状态监测装置,所述光纤和所述环境噪声采集装置均与所述智能管道状态监测装置电连接;

[0039] 所述管道本体包括由内到外依次设置的介质传输层、增强层、包覆层、光缆、光缆附着层和光缆保护层。

[0040] 本发明提供的智能管道状态监测方法,通过获取光纤传输信号,并对光纤传输信号进行处理后获得振动特征信号,进而实现对智能管道状态的有效监测。因此,本发明提供的智能管道的状态监测方法,实现了光纤与管道的真正融合,根据光信号的变化解调出管道沿线的振动强度、频率等信息,同时结合压力、温度、流量传感器的综合运用及分析,提升振动信号行为分析的准确率,实现对管道应用的实时监控,并针对高压下的炸管现象进行了重点监测,提前发出预警,精准定位炸管位置,给抢修管道赢得宝贵的时间。

### 附图说明

[0041] 附图是用来提供对本发明的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与下面的具体实施方式一起用于解释本发明,但并不构成对本发明的限制。

[0042] 图1为本发明提供的智能管道状态监测方法的流程图。

[0043] 图2为本发明提供的管道本体的结构示意图。

[0044] 图3为本发明提供的压力对管道监测的振动影响示意图。

[0045] 图4为本发明提供的五档流量下的系统信号对应图。

[0046] 图5为本发明提供的同环境下敲击与平静状态的MFCC能量对比示意图。

[0047] 图6为本发明提供的管道本体的振动行为分析结果确定流程图。

[0048] 图7为本发明提供的智能管道状态监测装置的结构框图。

[0049] 图8为本发明提供的智能管道系统的结构框图。

### 具体实施方式

[0050] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互结合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0051] 为了使本领域技术人员更好地理解本发明方案,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分的实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本发明保护的范围。

[0052] 需要说明的是,本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的本发明的实施例。此外,术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包括,例如,包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元,而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0053] 在本实施例中提供了一种智能管道状态监测方法,应用在智能管道系统中,所述智能管道系统包括管道本体和设置在所述管道本体内的光纤,图1是根据本发明实施例提供的智能管道状态监测方法的流程图,如图1所示,所述智能管道状态监测方法包括:

[0054] S100、获取管道本体的光纤传输信号,所述光纤传输信号包括光信号和叠加在所述光信号上的环境噪声信号;

[0055] 在本发明实施例中,管道本体内的光纤传输信号具体可以由光缆传输,且由于管道本体会受环境噪声影响,位于管道本体内的光缆所传输的光纤传输信号具体是包括光信号和叠加在光信号上的环境噪声信号的。

[0056] 应当理解的是,在本发明实施例中,如图2所示,具体为管道本体10的结构示意图,具体可以包括由内到外依次设置的介质传输层11、增强层12、包覆层13、光缆14和光缆保护层15。

[0057] 应当理解的是,所述光缆14具体是包括光纤的,即光缆是由一定数量的光纤按照一定方式组成缆芯。

[0058] 需要说明的是,图2所示的管道本体10仅作为一种示例性结构,应当理解的是,管道本体10还可以包括其他结构类型,例如在光缆14外层设置光缆附着层等等,具体可以根据需要设置其他类型结构,此处不作限定。

[0059] 其中,所述介质输送层11具体可以采用聚乙烯pe,增强层12具体可以为钢丝、钢带、涤纶长丝等,可抵抗压力,包覆层13具体可以为聚乙烯保护结构防止液体腐蚀,光纤附着在包覆层13上增加不锈钢保护,光缆附着层用来固定光纤,加强振动传导同时具备隔热作用,隔绝温度变化对光纤振动检测的影响,最外层为光缆保护层15,具备光缆隐蔽覆盖的作用,防止人为故意的针对性损坏或者屏蔽。

[0060] 另外需要说明的是,光缆部分考虑在管道设备使用时的拉力和压力影响,采用铠装光缆增加不锈钢层保护,以解决盘卷管线重力压迫影响,光缆14选择附着在管道10点40或者1点20的位置,此处需要说明的是,以图2所示管道截面为一时钟面,则光缆14设置在10点40或者1点20的位置,是考虑承压点的问题,在这两个点设置光缆能够有效解决盘卷管线的重力压迫影响。

[0061] 应当理解的是,所述环境噪声信号具体可以包括温度、流量和压力。而为了排除环境噪声信号的影响,在管道本体上可以设置流量传感器、压力传感器以及温度传感器来检测相应的信号。

[0062] 由于管道埋于地下,因此对外界噪声有一定的隔绝作用,本发明实施例中管道本体结构上的设计屏蔽了温度的影响,在实际运行的测试数据中也可以看到不同温度下振动信号的确没有明显的变化。经过大量的升降压实验数据验证可以得出结论压力对管道检测的振动影响主要集中在压差的陡变瞬间下会带来振动信号的跳动(如图3压强变化),而液体流动的影响直接作用于管道及光纤,由此客户自,如需屏蔽外界噪声可以通过不同流速的数据采集记录管道本体在不同情况下的噪声信号水平以及标定振动信号值来实现。

[0063] 另外,管道压力、流量的变化对振动变化特征库的影响因子将记入到系统数据库中,图4为五档流量实验下的系统信号对应图。图5所示为同环境下敲击与平静状态的MFCC能量对比示意图。

[0064] S200、对所述光纤传输信号进行处理获得与所述光信号对应的振动特征信号;

[0065] 当获得光纤传输信号时,首先对光纤传输信号进行解调处理,由于本身接收到的光纤传输信号是包括环境噪声信号的,因此还需要通过标定方式排除掉环境噪声信号的影响,进而进行振动特征提取处理后获得与光信号对应的振动特征信号。

- [0066] 在一些实施方式中,步骤S200具体可以包括:
- [0067] S210、对所述光纤传输信号进行信号解调,获得解调信号;
- [0068] 在获得光纤传输信号后,对光纤传输信号进行信号解调,即将载波光携带的信号转换成光的强度变化,然后由光电探测器进行检测,该解调过程具体为本领域技术人员所熟知,此处不再赘述。
- [0069] S220、根据环境噪声信号模型库确定当前所述光纤传输信号所对应的环境噪声信号;
- [0070] 在一些实施方式中,需要先构建光纤传输信号特征库,进而根据该环境噪声信号模型库确定光纤传输信号所对应的环境噪声信号。
- [0071] 具体地,包括:
- [0072] S221、分别获取管道本体在不同环境噪声信号下的光纤传输信号,其中不同环境噪声信号能够根据环境噪声采集装置确定;
- [0073] 在本发明实施例中,所述环境噪声采集装置具体可以包括温度传感器、压力传感器和流量传感器。
- [0074] S222、将不同环境噪声信号下的光纤传输信号作为训练数据集进行训练,获得光纤传输信号特征库,其中所述光纤传输信号特征库包括光纤传输信号与环境噪声信号的映射关系;
- [0075] S223、将当前所述光纤传输信号输入至所述环境噪声信号模型库,确定当前所述光纤传输信号所对应的环境噪声信号。
- [0076] 在本发明实施例中,环境噪声信号模型库根据流量、压力、温度变化进行标定数据的采集,生成训练集,通过模式识别算法训练成不同的模型库,标定数据包含环境噪声信息,在实际中,基于训练结果进行基础特征因子的匹配加成算法,在不同情况下判断时域能量门限是变化的。
- [0077] S230、对所述解调信号进行环境噪声信号去除处理后,获得光信号;
- [0078] 应当理解的是,上述解调信号获得后,由于是包含环境噪声信号的,结合环境噪声信号模型库确定解调信号中的环境噪声信号后,能够确定该解调信号不包含环境噪声信号的结果,即能够确定光信号。
- [0079] S240、对所述光信号进行振动特征提取获得光信号对应的振动特征信号。
- [0080] 具体地,包括:
- [0081] 对所述光信号进行特征分解,获得对应的振动特征信号;
- [0082] 对所述振动特征信号分解获得MFCC (Mel Frequency Cepstrum Coefficient, Mel 频率倒谱系数) 信号和时域信号。
- [0083] 对光信号进行特征分解,获得其中的振动特征信号,进而进一步分解,获得MFCC信号和时域信号。
- [0084] S300、根据所述振动特征信号进行振动行为分析,获得管道本体的振动行为分析结果;
- [0085] 具体地,包括:
- [0086] 根据所述MFCC信号计算MFCC能量,以及根据所述时域信号计算时域能量;
- [0087] 将所述MFCC能量和所述时域能量分别与各自对应的能量门限值进行比较,并根据

比较结果确定管道本体的振动行为分析结果。

[0088] 应当理解的是,管道内监测的振动尤其是最为关注的炸管行为,它是瞬间行为,属于一种短时特征,其表现特性很适合于对短时突变特征敏感的MFCC特征分析方式,而第三方挖掘等行为通常表现具备时间上的持续性,为兼顾两种行为的检测性能并且根据管道振动信号与语音信号的不同本发明实施例采用MFCC能量、时域能量特征结合的检测方式进行振动行为的分析。

[0089] 具体地,将所述MFCC能量和所述时域能量分别与各自对应的能量门限值进行比较,并根据比较结果确定管道本体的振动行为分析结果,如图6所示,包括:

[0090] 将所述MFCC能量与预设MFCC能量门限值比较,以及将所述时域能量与预设时域能量门限值比较;

[0091] 若所述MFCC能量大于所述预设MFCC能量门限值,和/或,所述时域能量大于所述预设时域能量门限值,则根据决策树分类器的输出结果确定管道本体的振动行为分析结果;

[0092] 若所述MFCC能量不大于所述预设MFCC能量门限值,则将所述MFCC能量与预设综合门限比较,并在所述MFCC能量大于所述预设综合门限时根据决策树分类器的输出结果确定管道本体的振动行为分析结果;

[0093] 若所述时域能量不大于所述预设时域能量门限值,则将所述时域能量与预设综合门限比较,并在所述时域能量大于所述预设综合门限时根据决策树分类器的输出结果确定管道本体的振动行为分析结果;

[0094] 其中所述决策树分类器包括时域能量与振动行为对应的映射关系以及MFCC能量与振动行为对应的映射关系。

[0095] 需要说明的是,所述振动行为包括平静行为、炸管行为、行人行为和挖掘行为。

[0096] 根据管道内置光纤的传导特性,采用改变后的梅尔频率倒谱系数(MFCC能量值)和时域能量值作为基础信号特征值,使用门限判决作为预报警判断逻辑,其中任一值超过设定门限就会通过决策树分类器给出行为分析结果,判决流程如下,综合门限的为进一步防止漏报,将特殊时候单项阈值未满足门限判决,但两者同时满足综合门限里的设定值的情况仍然给出预报警并进入决策树分类器进行行为分析,基础MFCC能量值为20,时域能量门限值根据系统检测流速划为五档,分别为(0-0.5)、(0.5-1)、(1.5-2)、(2-2.5)、(大于3)单位为米/秒,其时域能量门限分别为80、100、120、140、160,综合门限中MFCC能量值为15,时域能量门限值为70、90、100、120、140。

[0097] 压强陡变下系统根据压力表变化绝对值大于3MPA,则该帧信号不参与所有振动判别,以减少压强变化带来的误判。

[0098] 在本发明实施例中,MFCC能量的计算过程为:

[0099] 将采集的一组信号,信号格式为a[x,y],y代表其地理位置,计算MFCC能量特征,将信号拆分为Y帧b[x]信号,将b[x]做快速FFT运算,得到其信号一帧检测信号X点离散傅里叶变换做DFT,计算公式如下:

$$[0100] \quad X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)W_N^{kn} \quad k=0, 1, \dots, N-1, \quad W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}}$$

[0101] 其中,k表示索引号,即从0到信号数组中的最后一个。

[0102] 得到傅里叶变化值后,进行频谱取模平方作得到信号功率谱,将得到的信号功率谱通过Mel尺度的三角形滤波器组进行滤波运算,定义一个有25个滤波器的滤波器组,三角滤波器的频率响应定义为:

$$[0103] \quad H_m(k) = \begin{cases} 0 & , k < f(m-1) \\ \frac{2(k-f(m-1))}{(f(m+1)-f(m-1))(f(m)-f(m-1))} & , f(m-1) \leq k \leq f(m) \\ \frac{2(f(m+1)-k)}{(f(m+1)-f(m-1))(f(m)-f(m-1))} & , f(m) \leq k \leq f(m+1) \\ 0 & , k \geq f(m+1) \end{cases}$$

[0104] 其中,  $\sum_{m=0}^{M-1} H_m(k) = 1$ ,  $s(m) = \ln(\sum_{k=0}^{N-1} |X_a(k)|^2 H_m(k))$ ,  $0 \leq m \leq M$ ,

[0105]  $m$ 表示序号从0到25, $k$ 表示索引号, $f(m)$ 表示三角滤波器的频率段。

[0106] 综上,根据滤波器组计算结果取对数并累计和作为该通道的MFCC能量值。

[0107] 在本发明实施例中,时域能量的计算同样是将 $a[x, y]$ 拆分成 $y$ 个 $a[x]$ 信号,每个信号之间计算信号每个点与后一点的连线的斜率,每个斜率作绝对值运算得到 $x-1$ 个值,将所有值求和得到 $N$ ,并且时域连续特征前 $M$ 个值 $N$ 累计得到时域能量( $M$ 可设置,根据实际炸管、挖掘等测试实验的验证, $M$ 一般设为4)。

[0108] 由于决策树分类器使用scikit-learn工具进行训练,样本数据包括不同环境下的炸管、行人、挖掘、平静四种数据,样本数目15600个,正样本数目8000,负样本数目7600,学习深度设为6,根据样本实际行为进行数据标注,使用0代表平静、1代表炸管、2代表行人、3代表挖掘,进行模型训练和数据验证,获取其分类模型库,正确率可达96.7%。

[0109] S400、根据所述振动行为分析结果确定所述管道本体的状态。

[0110] 由于上述振动行为分析结果具体可以包括平静、炸管、行人以及挖掘,因此可以根据该振动行为分析结果确定当前管道本体的状态,即确定当前管道本体的状态是否安全。

[0111] 综上,本发明提供的智能管道状态监测方法,通过获取光纤传输信号,并对光纤传输信号进行处理后获得振动特征信号,进而实现对智能管道状态的有效监测。因此,本发明提供的智能管道的状态监测方法,实现了光纤与管道的真正融合,根据光信号的变化解调出管道沿线的振动强度、频率等信息,同时结合压力、温度、流量传感器的综合运用及分析,提升振动信号行为分析的准确率,实现对管道应用的实时监控,并针对高压下的炸管现象进行了重点监测,提前发出预警,精准定位炸管位置,给抢修管道赢得宝贵的时间。

[0112] 作为本发明的另一实施例,提供一种智能管道状态监测装置,其中,应用在智能管道系统中,所述智能管道系统包括管道本体和设置在所述管道本体内部的光纤,如图7所示,所述智能管道状态监测装置100包括:

[0113] 获取模块110,用于获取管道本体的光纤传输信号,所述光纤传输信号包括光信号和叠加在所述光信号上的环境噪声信号;

[0114] 处理模块120,用于对所述光纤传输信号进行处理获得与所述光信号对应的振动特征信号;

[0115] 分析模块130,用于根据所述振动特征信号进行振动行为分析,获得管道本体的振动行为分析结果;

[0116] 确定模块140,用于根据所述振动行为分析结果确定所述管道本体的状态。

[0117] 本发明提供的智能管道状态监测装置,通过获取光纤传输信号,并对光纤传输信号进行处理后获得振动特征信号,进而实现对智能管道状态的有效监测。因此,本发明提供的智能管道的状态监测装置,实现了光纤与管道的真正融合,根据光信号的变化解调出管道沿线的振动强度、频率等信息,同时结合压力、温度、流量传感器的综合运用及分析,提升振动信号行为分析的准确率,实现对管道应用的实时监控,并针对高压下的炸管现象进行了重点监测,提前发出预警,精准定位炸管位置,给抢修管道赢得宝贵的时间。

[0118] 关于本发明提供的智能管道状态监测装置的具体工作过程可以参照前文的智能管道状态监测方法的描述,此处不再赘述。

[0119] 作为本发明的另一实施例,提供一种智能管道系统1,其中,如图8所示,包括:管道本体10,设置在所述管道本体10内的光纤,设置在所述管道本体10上的环境噪声采集装置20和前文所述的智能管道状态监测装置100,所述光纤和所述环境噪声采集装置20均与所述智能管道状态监测装置100电连接;

[0120] 所述管道本体10包括由内到外依次设置的介质传输层、增强层、包覆层、光缆和光缆保护层。

[0121] 应当理解的是,所述环境噪声采集装置20具体设置在所述管道本体10的光缆保护层外侧上,其设置的具体位置本发明实施例并不做限定,可以根据需要进行设定。另外,所述环境噪声采集装置20可以包括温度传感器、压力传感器和流量传感器,还可以根据需要包括其他类型传感器。

[0122] 关于管道本体10的具体结构可以参照图2所示,关于具体结构的描述可以参照前文的智能管道状态监测方法中的管道本体结构描述,此处不再赘述。

[0123] 本发明提供的智能管道系统,实现了光纤与管道的真正融合,根据光信号的变化解调出管道沿线的振动强度、频率等信息,同时结合压力、温度、流量传感器的综合运用及分析,提升振动信号行为分析的准确率,实现对管道应用的实时监控,并针对高压下的炸管现象进行了重点监测,提前发出预警,精准定位炸管位置,给抢修管道赢得宝贵的时间。

[0124] 关于本发明提供的智能管道系统的具体工作原理可以参照前文的智能管道状态监测方法中的管道本体结构描述,此处不再赘述。

[0125] 可以理解的是,以上实施方式仅仅是为了说明本发明的原理而采用的示例性实施方式,然而本发明并不局限于此。对于本领域内的普通技术人员而言,在不脱离本发明的精神和实质的情况下,可以做出各种变型和改进,这些变型和改进也视为本发明的保护范围。

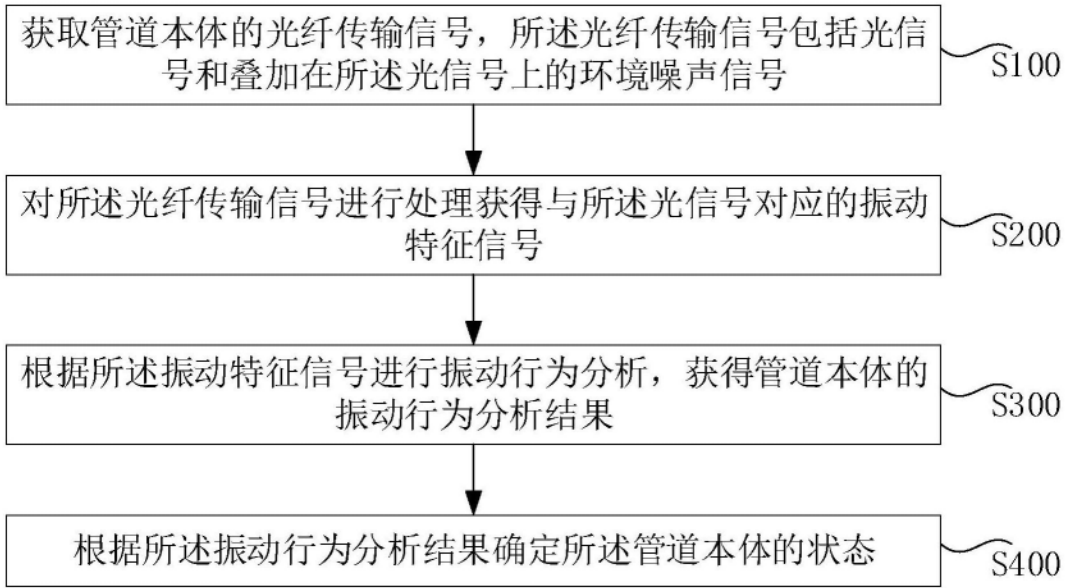


图1

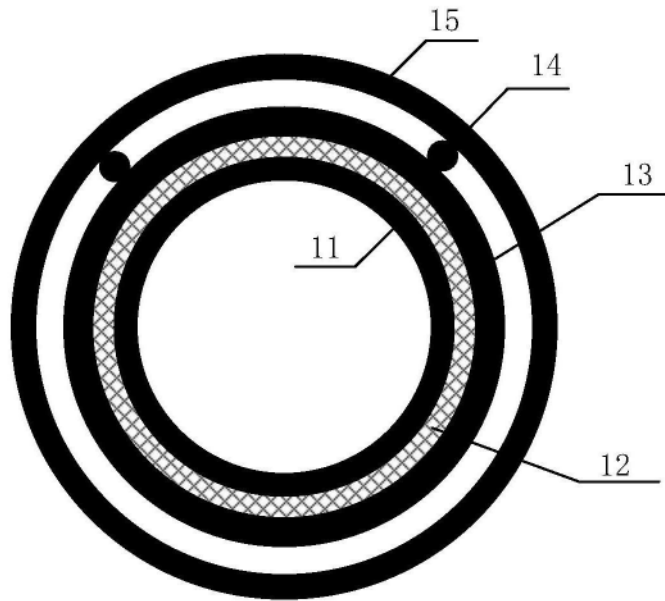


图2

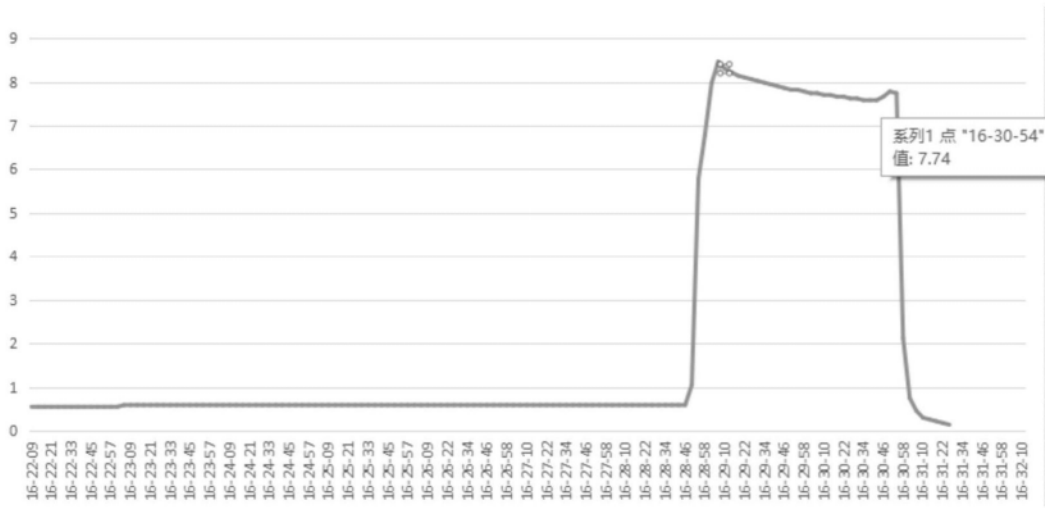


图3

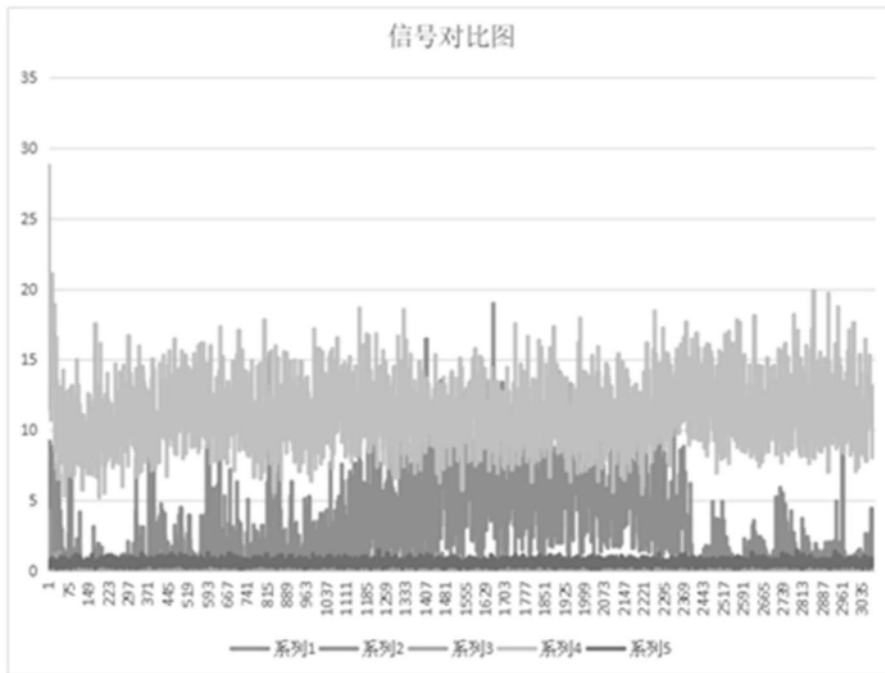


图4

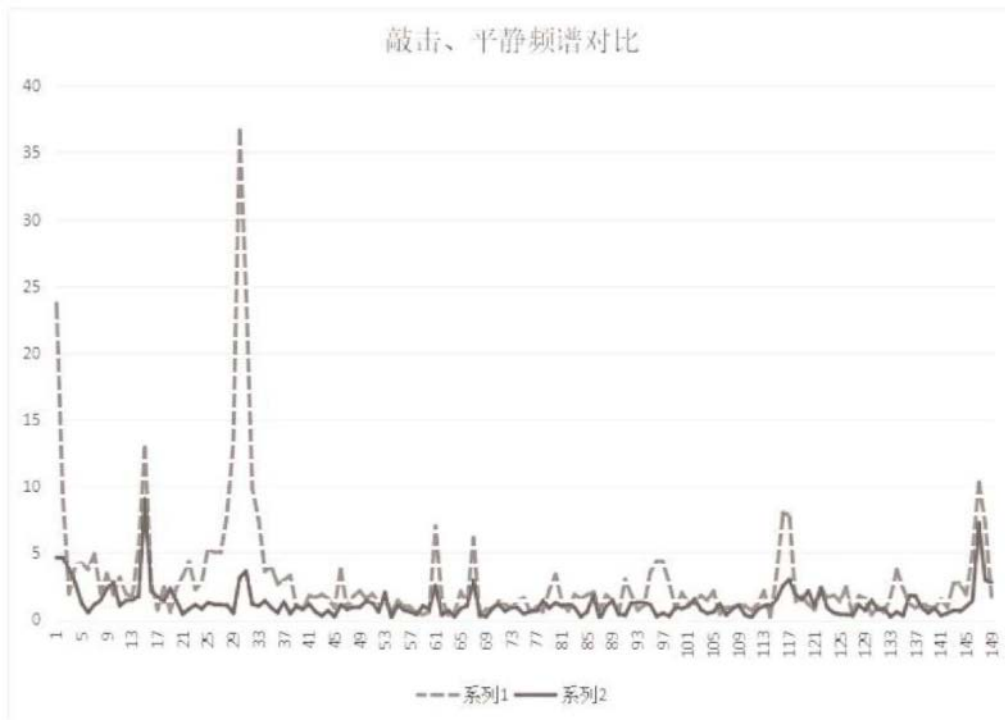


图5

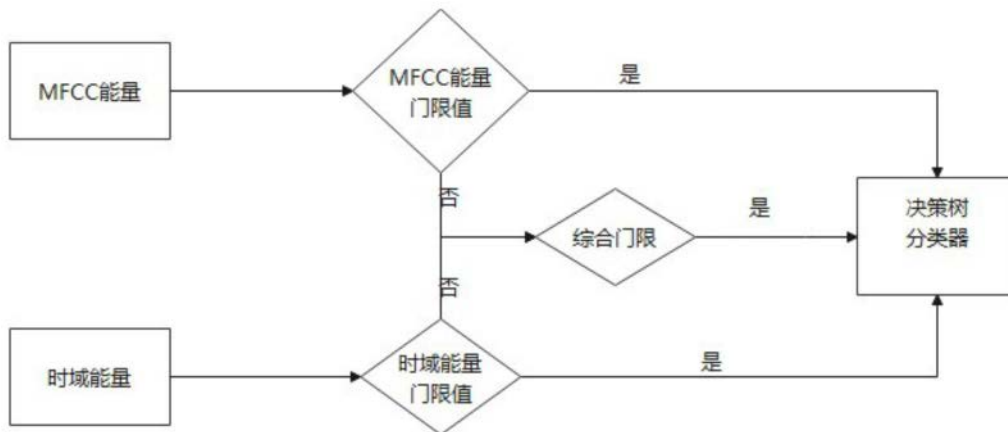


图6

100

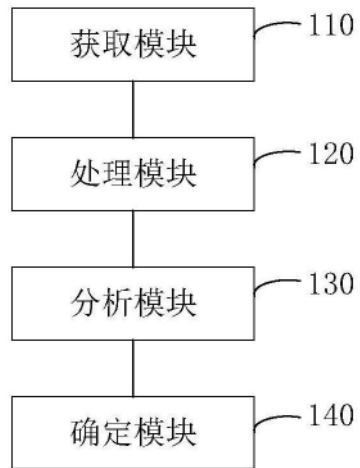


图7

1

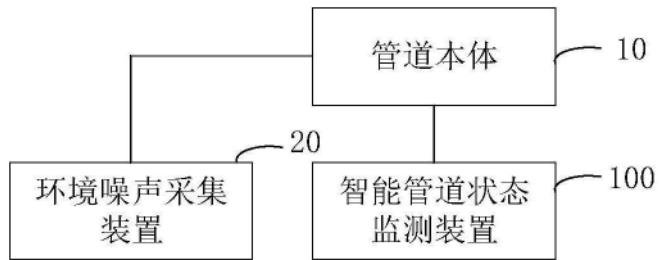


图8