



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 116678552 B

(45) 授权公告日 2023. 10. 03

(21) 申请号 202310968170.8

(22) 申请日 2023.08.03

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 116678552 A

(43) 申请公布日 2023.09.01

(73) 专利权人 四川中测仪器科技有限公司
地址 610037 四川省成都市金牛高新
技术产业园区金科南路38号8栋1层
102号

(72) 发明人 李波 胡春祥 周永福 李德

(74) 专利代理机构 成都云纵知识产权代理事务
所(普通合伙) 51316
专利代理师 熊曦 陈婉鹃

(51) Int. Cl.
G01L 25/00 (2006.01)
G01L 1/24 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 105141477 A, 2015.12.09

CN 103968864 A, 2014.08.06

CN 113902334 A, 2022.01.07

CN 115962797 A, 2023.04.14

CN 115018021 A, 2022.09.06

CN 116256026 A, 2023.06.13

CN 105894027 A, 2016.08.24

CN 114152407 A, 2022.03.08

RU 2682362 C1, 2019.03.19

EP 4075114 A1, 2022.10.19

JP 2003232043 A, 2003.08.19

周克明;赵允亮;王振平.FBG传感器在岩土
工程应用中常见失效成因及改进方法.大坝与安全.
2016, (02), 第6-10页.

审查员 陈坤云

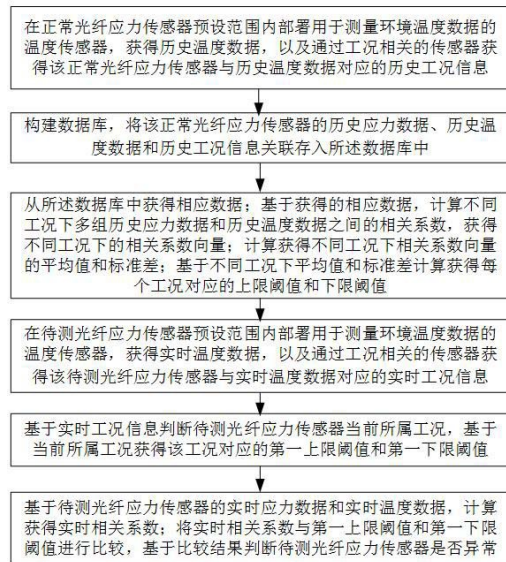
权利要求书3页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

一种变温度环境下光纤应力传感器异常监测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种变温度环境下光纤应力传感器异常监测方法,涉及传感器监测领域,包括:获得正常光纤应力传感器的历史应力数据、历史温度数据和历史工况信息并存入数据库中;计算不同工况下历史应力数据和历史温度数据之间的相关系数获得相关系数向量;计算不同工况下相关系数向量的平均值和标准差;基于不同工况下平均值和标准差计算获得每个工况对应的阈值;基于待测光纤应力传感器实时工况信息判断当前所属工况并获得该工况对应的阈值;基于实时应力数据和实时温度数据,计算获得实时相关系数;将实时相关系数与阈值进行比较,基于比较结果判断待测是否异常,本发明能够实时且准确的对变温度环境下光纤应力传感器进行异常监测。



1. 一种变温度环境下光纤应力传感器异常监测方法,其特征在于,所述方法包括:

在正常光纤应力传感器预设范围内部署用于测量环境温度数据的温度传感器,获得历史温度数据,以及通过工况相关的传感器获得该正常光纤应力传感器与历史温度数据对应的历史工况信息,工况相关的传感器为电流和/或电压和/或振动传感器;

构建数据库,将该正常光纤应力传感器的历史应力数据、历史温度数据和历史工况信息关联存入所述数据库中;

从所述数据库中获得相应数据;

基于获得的相应数据,计算不同工况下多组历史应力数据和历史温度数据之间的相关系数,获得不同工况下的相关系数向量;

计算获得不同工况下相关系数向量的平均值和标准差;

基于不同工况下相关系数向量的平均值和标准差计算获得每个工况对应的上限阈值和下限阈值;

在待测光纤应力传感器预设范围内部署用于测量环境温度数据的温度传感器,获得实时温度数据,以及通过工况相关的传感器获得该待测光纤应力传感器与实时温度数据对应的实时工况信息;

基于实时工况信息判断待测光纤应力传感器当前所属工况,基于当前所属工况获得该工况对应的第一上限阈值和第一下限阈值;

基于待测光纤应力传感器的实时应力数据和实时温度数据,计算获得实时相关系数;

将实时相关系数与第一上限阈值和第一下限阈值进行比较,基于比较结果判断待测光纤应力传感器是否异常。

2. 根据权利要求1所述的一种变温度环境下光纤应力传感器异常监测方法,其特征在于,若实时相关系数大于或等于第一上限阈值,或实时相关系数小于或等于第一下限阈值,则判断待测光纤应力传感器异常,否则判断待测光纤应力传感器正常。

3. 根据权利要求1所述的一种变温度环境下光纤应力传感器异常监测方法,其特征在于,相关系数向量为 H_j , $H_j = [h_1^j, \dots, h_k^j, \dots, h_p^j]$,其中, h_k^j 为光纤应力传感器在第j个工况中第k组数据的相关系数, p 为在第j个工况中数据的组数, $j \leq M$, M 为工况数目;

第j个工况对应的上限阈值和下限阈值分别为 S_j 和 X_j :

$$S_j = \mu_j + \theta_j + \beta_1(\sigma_j + \lambda_j);$$

$$X_j = \mu_j - \eta_j + \beta_2(\sigma_j - f_j);$$

其中, μ_j 为相关系数向量的平均值, σ_j 为相关系数向量的标准差, β_1 和 β_2 分别为上限阈值和下限阈值的置信水平系数, θ_j 和 η_j 分别为上限阈值和下限阈值的平均值修正系数, λ_j 和 f_j 分别为上限阈值和下限阈值的标准差修正系数。

4. 根据权利要求1所述的一种变温度环境下光纤应力传感器异常监测方法,其特征在于,所述方法还包括:当待测光纤应力传感器判断为异常时,将异常光纤应力传感器的身份信息、位置信息和故障信息通过通信终端发送至监控终端。

5. 根据权利要求1所述的一种变温度环境下光纤应力传感器异常监测方法,其特征在于,本方法中所述历史温度数据和所述历史工况信息的获得方式为:

利用光纤应力传感器检测仪器对光纤应力传感器进行检测,判断光纤应力传感器是否正常;

利用工况相关的传感器检测仪器对工况相关的传感器进行检测,判断工况相关的传感器是否正常;

若光纤应力传感器和工况相关的传感器均正常,则在正常光纤应力传感器预设范围内部署用于测量环境温度数据的温度传感器,获得历史温度数据,以及通过工况相关的传感器获得该正常光纤应力传感器与历史温度数据对应的历史工况信息。

6. 根据权利要求1所述的一种变温度环境下光纤应力传感器异常监测方法,其特征在于,所述方法还包括:当待测光纤应力传感器判断为异常时,自动进行告警。

7. 根据权利要求1所述的一种变温度环境下光纤应力传感器异常监测方法,其特征在于,所述构建数据库,将该正常光纤应力传感器的历史应力数据、历史温度数据和历史工况信息关联存入所述数据库中,具体包括:

构建数据库;

获得光纤应力传感器的原始数据;

基于原始数据确定光纤应力传感器的工况数,基于光纤应力传感器的工况数获得每种工况对应的原始数据;

基于聚类算法计算获得每种工况对应的原始数据的分类数目;

基于分类数目,对每种工况对应的原始数据进行分类,获得每个类别对应的原始数据;

判断每个类别对应的原始数据是否满足数据数量预设要求,若不满足,则对相应类别对应的原始数据进行数据扩充或压缩处理,获得每个类别对应处理后的数据;

将每个类别对应处理后的数据以类别作为标签,将光纤应力传感器的应力数据、历史温度数据和历史工况信息关联存入所述数据库中。

8. 根据权利要求7所述的一种变温度环境下光纤应力传感器异常监测方法,其特征在于,所述判断每个类别对应的原始数据是否满足数据数量预设要求,若不满足,则对相应类别对应的原始数据进行数据扩充或压缩处理,具体包括:

判断每个类别对应的原始数据的数据量是否大于阈值 N_1 且小于阈值 N_2 ,若某类别对应的原始数据的数据量小于阈值 N_1 ,则对该类别对应的原始数据进行数据扩充处理;若某类别对应的原始数据的数据量大于阈值 N_2 ,则对该类别对应的原始数据进行数据压缩处理。

9. 根据权利要求7所述的一种变温度环境下光纤应力传感器异常监测方法,其特征在于,基于聚类算法计算获得每种工况对应的原始数据的分类数目,具体包括:

步骤a:初始化聚类个数、聚类算法的迭代次数和初始聚类中心种子;

步骤b:利用粒子群优化算法初始化粒子,粒子以聚类个数、聚类算法的迭代次数和初始聚类中心种子为坐标;

步骤c:将粒子的坐标值作为超参数赋给聚类算法,以Calinski-Harabaz指标为目标函数进行聚类;

步骤d:计算聚类后的Calinski-Harabaz指标值,判断Calinski-Harabaz指标值是否满足收敛条件,若不满足则更新粒子坐标返回执行步骤c,若满足则输出最优的超参数作为工

况对应的原始数据的分类数目。

10. 根据权利要求7所述的一种变温度环境下光纤应力传感器异常监测方法,其特征在
于,所述聚类算法为K-Means算法。

一种变温度环境下光纤应力传感器异常监测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及传感器监测领域,具体地,涉及一种变温度环境下光纤应力传感器异常监测方法。

背景技术

[0002] 在变温度环境下光纤应力传感器易受温度变化影响,导致测量不准。而这种变化是一种渐变过程,不容易被发现,且不易被专家经验阈值方法发现。如不能及时发现这种变化,将导致传感器采集的数据不准确,最终影响人为判断。

[0003] 目前采用两种方法来解决上述问题,一个是基于专家经验阈值的方法,另一个是通过人工调取历史数据查看。基于专家经验阈值的方法是不区分工况,直接设置一个阈值,当大于阈值时则认为发生了故障,当小于阈值时,不认为发生了故障,这种方法虽然有一定的效果,但误报和漏报都很高。在对数值影响较大的工况下,数值很容易超过经验阈值,此时容易产生误报。在对数值影响较小的工况下,传感器发生故障时,数值未必超过了经验阈值,此时容易产生漏报。人工调取历史数据查看方法,在发生故障后,调取历史数据,明显实时性不高。而光纤应力传感器的数据是渐变的,需要调取比较长的一段时间才能看出有退化现象。因此,对于第二种方法,实时性不高,短时间内较难观察出,且光纤应力传感器的数量很多,人工观察难度很大。

发明内容

[0004] 为了实时且准确的对变温度环境下光纤应力传感器进行异常监测,本发明提供了一种变温度环境下光纤应力传感器异常监测方法,所述方法包括:

[0005] 在正常光纤应力传感器预设范围内部署用于测量环境温度数据的温度传感器,获得历史温度数据,以及通过工况相关的传感器获得该正常光纤应力传感器与历史温度数据对应的历史工况信息;

[0006] 构建数据库,将该正常光纤应力传感器的历史应力数据、历史温度数据和历史工况信息关联存入所述数据库中;

[0007] 从所述数据库中获得相应数据;

[0008] 基于获得的相应数据,计算不同工况下多组历史应力数据和历史温度数据之间的相关系数,获得不同工况下的相关系数向量;

[0009] 计算获得不同工况下相关系数向量的平均值和标准差;

[0010] 基于不同工况下相关系数向量的平均值和标准差计算获得每个工况对应的上限阈值和下限阈值;

[0011] 在待测光纤应力传感器预设范围内部署用于测量环境温度数据的温度传感器,获得实时温度数据,以及通过工况相关的传感器获得该待测光纤应力传感器与实时温度数据对应的实时工况信息;

[0012] 基于实时工况信息判断待测光纤应力传感器当前所属工况,基于当前所属工况获

得该工况对应的第一上限阈值和第一下限阈值；

[0013] 基于待测光纤应力传感器的实时应力数据和实时温度数据，计算获得实时相关系数；

[0014] 将实时相关系数与第一上限阈值和第一下限阈值进行比较，基于比较结果判断待测光纤应力传感器是否异常。

[0015] 其中，本方法通过采集正常状态下的光纤应力传感器的应力数据、温度数据和工况数据，构建数据库，然后通过数据库中的数据进行挖掘，获得正常光纤应力传感器在相应工况下的上下阈值，然后计算出待测光纤应力传感器的实时系数，将实时系数与挖掘出的相应工况下的上下阈值进行比较，基于比较结果来判断待测光纤应力传感器是否正常，本方法能够基于实时数据进行实时处理，能够实现实时监测，且避免了人工参与和人工经验进行判断，且利用历史正常数据进行深度挖掘处理，然后进行比较，能够快速准确的判断出待测光纤应力传感器是否异常。

[0016] 在一些实施例中，若实时相关系数大于或等于第一上限阈值，或实时相关系数小于或等于第一下限阈值，则判断待测光纤应力传感器异常，否则判断待测光纤应力传感器正常。

[0017] 其中，本发明中的上下阈值是根据历史正常的大数据进行挖掘获得的，具有一定的数据基础，当实时的数据不在这个范围内，则可认为该实时数据异常。

[0018] 在一些实施例中，相关系数向量为 H_j ， $H_j = [h_1^j, \dots, h_k^j, \dots, h_p^j]$ ，其中， h_k^j 为离心泵在第 j 工况中第 k 组数据的相关系数， p 为在第 j 个工况中数据的组数， $j \leq M$ ， M 为工况数目。由于应力和温度之间会有一定的相关性，这种相关性是通过上述相关系数来量化表示，当出现异常时，应力和温度之间的相关性会发生变化，相应的相关系数会异常，且不同工况下的相应的相关系数也会有一定的差异，因此通过历史数据获得相关系数向量，从而获得不同工况下相关系数的阈值。

[0019] 第 j 个工况对应的上限阈值和下限阈值分别为 S_j 和 X_j ：

$$[0020] \quad S_j = \mu_j + \theta_j + \beta_1(\sigma_j + \lambda_j);$$

$$[0021] \quad X_j = \mu_j - \eta_j + \beta_2(\sigma_j - f_j);$$

[0022] 其中， μ_j 为相关系数向量的平均值， σ_j 为相关系数向量的标准差， β_1 和 β_2 分别为上限阈值和下限阈值的置信水平系数， θ_j 和 η_j 分别为上限阈值和下限阈值的平均值修正系数， λ_j 和 f_j 分别为上限阈值和下限阈值的标准差修正系数。

[0023] 在一些实施例中，所述方法还包括：当待测光纤应力传感器判断为异常时，将异常光纤应力传感器的身份信息、位置信息和故障信息通过通信终端发送至监控终端。这样便于后端维护人员快速根据常光纤应力传感器的身份信息、位置信息和故障信息判断出故障类型、故障原因和故障位置，快速进行抢修。

[0024] 在一些实施例中，本方法中所述历史温度数据和所述历史工况信息的获得方式为：

[0025] 利用光纤应力传感器检测仪器对光纤应力传感器进行检测，判断光纤应力传感器

是否正常；

[0026] 利用工况相关的传感器检测仪器对工况相关的传感器进行检测,判断工况相关的传感器是否正常；

[0027] 若光纤应力传感器和工况相关的传感器均正常,则在正常光纤应力传感器预设范围内部署用于测量环境温度数据的温度传感器,获得历史温度数据,以及通过工况相关的传感器获得该正常光纤应力传感器与历史温度数据对应的历史工况信息。

[0028] 其中,在本方法采集历史数据前,首先需要使用相应的检测仪器对光纤应力传感器和工况相关的传感器进行检测,以保障相应的传感器是正常的,不含有异常数据,使得历史数据准确,便于后续的判断的准确性,其中,相应的检测仪器为能够对相应传感器是否正常进行检测的仪器,本发明不进行赘述。

[0029] 在一些实施例中,所述方法还包括:当待测光纤应力传感器判断为异常时,自动进行告警。自动告警能够快速通知相应人员进行提前处理,减少损失。

[0030] 在一些实施例中,所述构建数据库,将该正常光纤应力传感器的历史应力数据、历史温度数据和历史工况信息关联存入所述数据库中,具体包括:

[0031] 构建数据库;

[0032] 获得光纤应力传感器的原始数据;

[0033] 基于原始数据确定光纤应力传感器的工况数,基于光纤应力传感器的工况数获得每种工况对应的原始数据;

[0034] 基于聚类算法计算获得每种工况对应的原始数据的分类数目;

[0035] 基于分类数目,对每种工况对应的原始数据进行分类,获得每个类别对应的原始数据;

[0036] 判断每个类别对应的原始数据是否满足数据数量预设要求,若不满足,则对相应类别对应的原始数据进行数据扩充或压缩处理,获得每个类别对应处理后的数据;

[0037] 将每个类别对应处理后的数据以类别作为标签,将光纤应力传感器的应力数据、历史温度数据和历史工况信息关联存入所述数据库中。

[0038] 随着对设备可靠性、寿命和维护费用的要求日益苛刻,基于数据的设备健康监测技术已广泛应用于工业过程中,以便预防及时识别设备的状态、发现故障早期征兆,及时消除故障隐患,实现设备的智能维护。但目前工业过程中普遍存在多种工况且各工况之间的数据极度不平衡,同时数据库的数据量很大。目前的数据库是通过mysql等软件根据数据表建立的,存储原则是有数据就存,不做任何选择性存储的策略,不管数据量有多大,直接进行查询和调取,随着数据量越来越大,查询和调取的时间会越来越大,这导致基于数据的设备健康监测技术在查询和调取所需数据时费时费力,对于新工况或者某些数据较少的工况,容易出现所需数据较少,严重影响监测技术的有效性和实时性。

[0039] 为了构建数据量少且能够全面代表原始数据的数据库,以便减少基于数据的设备健康监测技术在查询和调取所需数据时时间和工作量,本发明采用了上述方式来构建数据库。

[0040] 其中,本方法首先确定工况数,然后基于聚类算法计算获得每种工况对应的原始数据的分类数目,基于分类数目对每种工况对应的原始数据进行分类,获得每个类别对应的原始数据;然后判断每个类别对应的原始数据是否满足数据数量预设要求,若不满足,则

对相应类别对应的原始数据进行数据扩充或压缩处理,获得每个类别对应处理后的数据;通过本方法既能适应所有工况,又能通过对原始数据比较少的工况或新工况的数据进行扩充来确保每个工况的数据量足够,还能通过对原始数据比较多的工况进行压缩,用尽可能少的数据有效且较全面的代表原始数据,以便减少数据库的数据量。

[0041] 在一些实施例中,所述判断每个类别对应的原始数据是否满足数据数量预设要求,若不满足,则对相应类别对应的原始数据进行数据扩充或压缩处理,具体包括:

[0042] 判断每个类别对应的原始数据的数据量是否大于 N_1 且小于 N_2 ,若某类别对应的原始数据的数据量小于 N_1 ,则对该类别对应的原始数据进行数据扩充处理;若某类别对应的原始数据的数据量大于 N_2 ,则对该类别对应的原始数据进行数据压缩处理。

[0043] 在一些实施例中,基于聚类算法计算获得每种工况对应的原始数据的分类数目,具体包括:

[0044] 步骤a:初始化聚类个数、聚类算法的迭代次数和初始聚类中心种子;

[0045] 步骤b:利用粒子群优化算法初始化粒子,粒子以聚类个数、聚类算法的迭代次数和初始聚类中心种子为坐标;

[0046] 步骤c:将粒子的坐标值作为超参数赋给聚类算法以Calinski-Harabaz (CH) 指标为目标函数进行聚类;

[0047] 步骤d:计算聚类后的CH值,判断CH值是否满足收敛条件,若不满足则更新粒子坐标返回执行步骤c,若满足则输出最优的超参数作为工况对应的原始数据的分类数目。

[0048] 在一些实施例中,CH值的计算方式为:

$$[0049] \quad S = \frac{\text{tr}(B_K)}{\text{tr}(W_K)} \times \frac{N - K}{K - 1};$$

[0050] 其中,S为CH值,N为容量,K为聚类个数, B_K 为类间的协方差矩阵, W_K 为类内数据的协方差矩阵, $\text{tr}(B_K)$ 为 B_K 的秩, $\text{tr}(W_K)$ 为 W_K 的秩。

[0051] 在一些实施例中, B_K 的计算公式为:

$$[0052] \quad B_K = \sum_{q=1}^K n_q (c_q - c_e)(c_q - c_e)^T;$$

[0053] W_K 的计算公式为:

$$[0054] \quad W_K = \sum_{q=1}^K \sum_{x \in C_q} (x - c_q)(x - c_q)^T;$$

[0055] 其中, c_q 表示类q的中心点, c_e 表示数据集的中心点, n_q 表示类q中的数据的数目, C_q 表示类q的数据集合,x为类q中的数据,表示将 $(x - c_q)$ 进行转置。

[0056] 在一些实施例中,所述聚类算法为K-Means算法。

[0057] 在一些实施例中,当某工况对应的原始数据数据量大于第一阈值时,对于该工况中的每个类别,如果该类别的数量大于 n_1 ,则选取距离聚类质心最近的 n_1 个样本;如果该类

别的数量小于 n_1 ，则将该类别中的样本数量扩充到 n_1 个，得到 $n_1 \times K_1$ 个样本， $N_1 < n_1 \times K_1 \leq N_2$ ， K_1 为聚类个数；

[0058] 当某工况对应的原始数据数据量小于第二阈值时，对于该工况中的每个类别，如果该类别的数量大于 n_2 ，则选取距离聚类质心最近的 n_2 个样本，如果该类别的数量小于 n_2 ，则将该类别中的样本数量扩充到 n_2 个，得到 $n_2 \times K_2$ 个样本， $N_1 < n_2 \times K_2 \leq N_2$ ， K_2 为聚类个数。

[0059] 在一些实施例中，所述方法还包括：

[0060] 获得新样本数据，根据新样本数据中的工况信息确定所属工况信息；

[0061] 基于所属工况信息获得与该工况信息对应的分类信息；

[0062] 基于分类信息判断新样本数据是否属于其中的某一类别；

[0063] 若新样本数据属于其中的某一类别，则将该类别作为新样本数据的标签将新样本数据存入所述数据库中；

[0064] 若新样本数据不属于其中的某一类别，则基于新样本数据更新该工况对应的原始数据，然后返回执行聚类算法对所述数据库进行更新。

[0065] 其中，本方法利用上述步骤可以实现数据库的新样本数据处理功能，完整数据库的更新操作。

[0066] 在一些实施例中，基于分类信息判断新样本数据是否属于其中的某一类别，具体包括：

[0067] 基于分类信息获得新样本数据与类心的距离；

[0068] 若新样本数据与类心的距离均大于最大类内距离，则判断新样本数据不属于其中的某一类别；

[0069] 若存在新样本数据与类心的距离小于最大类内距离，则选择与新样本数据的距离最小的类别为新样本数据所属的类别。

[0070] 本方法制定的更新数据库的规则能有效应对出现新工况或已有工况中出现新类别的情况。

[0071] 本发明提供的一个或多个技术方案，至少具有如下技术效果或优点：

[0072] 本发明能够实时且准确的对变温度环境下光纤应力传感器进行异常监测。

附图说明

[0073] 此处所说明的附图用来提供对本发明实施例的进一步理解，构成本发明的一部分，并不构成对本发明实施例的限定；

[0074] 图1为一种变温度环境下光纤应力传感器异常监测方法的流程示意图；

[0075] 图2为数据库建立与更新的流程示意图；

[0076] 图3为以CH指标为目标函数，通过PSO优化K-Means的流程示意图。

实施方式

[0077] 为了能够更清楚地理解本发明的上述目的、特征和优点，下面结合附图和具体实施方式对本发明进行进一步的详细描述。需要说明的是，在相互不冲突的情况下，本发明的

实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0078] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明,但是,本发明还可以采用其他不同于在此描述范围内的其他方式来实施,因此,本发明的保护范围并不受下面公开的具体实施例的限制。

实施例

[0079] 请参考图1,图1为一种变温度环境下光纤应力传感器异常监测方法的流程示意图,本发明提供了一种变温度环境下光纤应力传感器异常监测方法,所述方法包括:

[0080] 在正常光纤应力传感器预设范围内部署用于测量环境温度数据的温度传感器,获得历史温度数据,以及通过工况相关的传感器获得该正常光纤应力传感器与历史温度数据对应的历史工况信息;

[0081] 构建数据库,将该正常光纤应力传感器的历史应力数据、历史温度数据和历史工况信息关联存入所述数据库中;

[0082] 从所述数据库中获得相应数据;

[0083] 基于获得的相应数据,计算不同工况下多组历史应力数据和历史温度数据之间的相关系数,获得不同工况下的相关系数向量;

[0084] 计算获得不同工况下相关系数向量的平均值和标准差;

[0085] 基于不同工况下相关系数向量的平均值和标准差计算获得每个工况对应的上限阈值和下限阈值;

[0086] 在待测光纤应力传感器预设范围内部署用于测量环境温度数据的温度传感器,获得实时温度数据,以及通过工况相关的传感器获得该待测光纤应力传感器与实时温度数据对应的实时工况信息;

[0087] 基于实时工况信息判断待测光纤应力传感器当前所属工况,基于当前所属工况获得该工况对应的第一上限阈值和第一下限阈值;

[0088] 基于待测光纤应力传感器的实时应力数据和实时温度数据,计算获得实时相关系数;

[0089] 将实时相关系数与第一上限阈值和第一下限阈值进行比较,基于比较结果判断待测光纤应力传感器是否异常。

[0090] 下面对本实施例中的方法进行详细介绍:

[0091] 在光纤应力传感器附近部署温度传感器以及用于获取被测设备对象所在工况的相关传感器,其中,温度传感器距离光纤应力传感器的距离可以根据实际情况进行调整,目的是采集光纤应力传感器的环境温度数据,其中,工况相关传感器即为能够获得工况信息的传感器,如电流和/或电压和/或振动等传感器;

[0092] 获取并建立包含被测设备对象的工况信息、光纤应力传感器和温度传感器等数据的数据库;

[0093] 光纤应力传感器不仅会受到设备对象自身工况的影响,还会受到温度的影响,对此,采取以下步骤:

[0094] 首先从数据库中获得健康数据,即光纤应力传感器在正常情况下采集的历史数据,对工况进行分类,获得M个工况;

[0095] 然后计算不同工况下多组光纤应力传感器数据和温度传感器数据之间的相关系数,得到相关系数向量 $H_j = [h_1^j, \dots, h_k^j, \dots, h_p^j]$,其中 h_k^j 为离心泵在第j个工况中第k组数据的相关系数, p 为在第j个工况中数据的组数;

[0096] 计算 H_j 的平均值 μ_j 和标准差 σ_j ;

[0097] 由于不同工况对相关系数有一定的影响,根据工程实际情况,通过对平均值 μ_j 和标准差 σ_j 进行适当的修正,确定在第j个工况下上限阈值和下限阈值分别为 S_j 和 X_j 。

[0098] $S_j = \mu_j + \theta_j + \beta_1(\sigma_j + \lambda_j)$;

[0099] $X_j = \mu_j - \eta_j + \beta_2(\sigma_j - f_j)$;

[0100] 其中, β_1 、 β_2 、 θ_j 、 λ_j 、 η_j 和 f_j 为常数,根据工程实践经验确定。 β_1 、 β_2 分别为上限阈值和下限阈值的置信水平系数, θ_j 、 η_j 分别为上限阈值和下限阈值的平均值修正系数, λ_j 和 f_j 分别为上限阈值和下限阈值的标准差修正系数。

[0101] 对于上限值, μ_j 是平均值, σ_j 是标准差, $\mu_j + \beta_1(\sigma_j)$ 是统计学中的置信阈值, θ_j 和 λ_j 是根据专家经验对平均值和标准差进行修正,上限阈值用加,下限阈值用减,能够增大上下限阈值间的范围,采用的系数 β_1 与 β_2 不相同是便于单独修正上限阈值或者下限阈值,先设置一个较大范围,然后根据实际情况对这些常数进行修改。

[0102] 当获得一组新的光纤应力传感器数据和温度传感器数据时,采取以下步骤:

[0103] 首先通过其工况信息判断当前所属工况;

[0104] 然后计算新的光纤应力传感器数据和温度传感器数据的相关系数,并将当前相关系数与所属工况的上限和下限阈值进行比较;

[0105] 如果大于或等于上限阈值,或者小于或等于下限阈值,则说明光纤应力传感器有异常,需要进行维护检测。反之,则说明光纤应力传感器无异常。

[0106] 本方法根据光纤应力传感器在不同工况下多组健康数据的相关系数的平均值和标准差,结合工况对相关系数的影响,确定光纤应力传感器在不同工况下的上限阈值和下限阈值,可实时准确的有效了解光纤应力传感器的健康状态。

[0107] 其中,本方法还包括当监测到异常光纤应力传感器时,将异常光纤应力传感器的身份信息、位置信息和故障信息通过通信终端发送至监控终端,监控终端能够根据故障信息和位置信息实现对光纤应力传感器的快速处理。

[0108] 下面对本方法中的数据库构建方式进行详细说明:

[0109] 请参考图2,图2为数据库建立与更新流程示意图,数据库的建立包括:

[0110] 根据数据梳理并划分设备的工况,然后判断每种工况下数据量是否足够。以阈值 N_1 和 N_2 为界限,当任意一种工况的原始数据量在 (N_1, N_2) 之间时,该工况的原始数据保持不变;当任意一种工况的原始数据量小于 N_1 时,该工况属于原始数据比较少的工况,需要扩展该工况的数据;当任意一种工况的原始数据量大于 N_2 时,该工况属于原始数据比较多的工况,需要压缩该工况的数据。

[0111] 其中, N_1 与 N_2 的大小根据实际情况进行确定。

[0112] 对于原始数据比较多的工况,以Calinski-Harabaz (CH) 指标 (CH越大代表着类自身越紧密,类与类之间越分散,即更优的聚类结果)为目标函数,采用PSO优化K-Means的聚类个数、算法的迭代次数和初始聚类中心种子等参数,如图3所示,并选择CH值最大所对应的聚类个数 K_1 ,PSO为粒子群优化算法。图3为以CH指标为目标函数,通过PSO优化K-Means的流程示意图,优化K-Means的流程主要是获得CH值最大所对应的聚类个数 K_1 ,以此确定当前工况下的数据有多少种分类。

[0113] CH指标是评估聚类效果的指标。采用CH指标为目标函数是确定聚类的效果。

[0114] 采用PSO优化K-Means的聚类个数、聚类算法的迭代次数和初始聚类中心种子等参数是为了获得最佳的参数。

[0115] 采用K-Means算法的作用和目的是为了获得CH值最大所对应的聚类个数 K_1 ,以此获得当前工况的数据可以分为几类。

[0116] 其中,CH指标的计算公式为:
$$S = \frac{\text{tr}(B_K)}{\text{tr}(W_K)} \times \frac{N - K}{K - 1};$$

[0117] 其中,N为容量,K为聚类个数, B_K 为类间的协方差矩阵, W_K 为类内数据的协方差矩

阵,详细公式如下:
$$B_K = \sum_{q=1}^K n_q (c_q - c_e)(c_q - c_e)^T;$$

$$W_K = \sum_{q=1}^K \sum_{x \in C_q} (x - c_q)(x - c_q)^T;$$

[0118] 其中, c_q 表示类q的中心点, c_e 表示数据集的中心点, n_q 表示类q中的数据的数目, C_q 表示类q的数据集合,x为类q中的数据,表示将 $(x - c_q)$ 进行转置。

[0119] 对于每个类别,如果该类别的数量大于 n_1 ,则选取距离聚类质心最近的 n_1 个样本。如果该类别的数量小于 n_1 ,则通过随机噪声等方法将每个类别中的样本数量扩充到 n_1 个,这样就可以得到 $n_1 \times K_1 (N_1 < n_1 \times K_1 \leq N_2)$ 个样本,以便在满足数据量约束的基础上,用尽可能少的数据有效且较全面的代表原始数据。

[0120] (2)对于原始数据比较少的工况或者新工况,以Calinski-Harabaz (CH) 指标为目标函数,采用PSO优化K-Means的聚类个数、算法的迭代次数和初始聚类中心种子等参数,并选择CH值最大所对应的聚类个数 K_2 。

[0121] 对于每个类别,如果该类别的数量大于 n_2 ,则选取距离聚类质心最近的 n_2 个样本。如果该类别的数量小于 n_2 ,则通过随机噪声等方法将每个类别中的样本数量扩充到 n_2 个,这样就可以得到个 $n_2 \times K_2 (N_1 < n_2 \times K_2 \leq N_2)$ 样本,以便在满足数据量约束的基础上,确保数据能有效代表当前原始数据。

[0122] 数据库更新规则:

[0123] 当获得新的数据样本时,根据新的数据样本的工况信息确定所属工况。

[0124] 更新规则如下:

[0125] (1) 根据新的数据样本与类心的距离是否大于最大类内距离,判断新的数据样本是否属于 K_1 或 K_2 中的某一类。

[0126] (2) 如果新的数据样本与类心的距离都大于对应的最大类内距离,则将新的数据样本作为数据库的对应工况中数据,按照数据库建立的处理方法,更新数据库中当前工况的数据。

[0127] (3) 如果存在新的数据样本与类心的距离小于对应的最大类内距离的情况,则根据最小距离原则,选择与新的数据样本的距离最小的类别为新的数据样本所属的类别,且不需要更新数据库。

[0128] 尽管已描述了本发明的优选实施例,但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念,则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本发明范围的所有变更和修改。

[0129] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

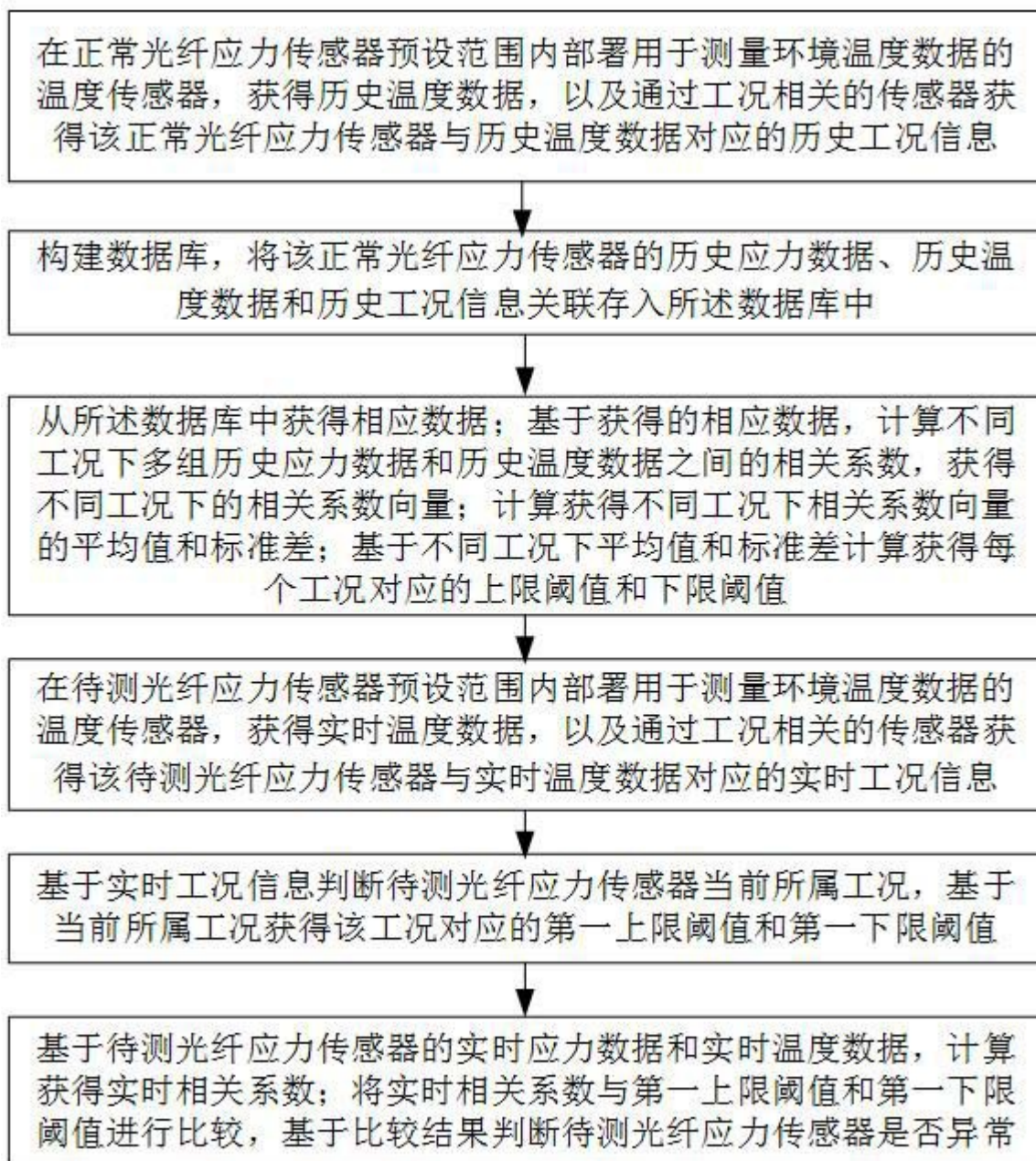


图 1

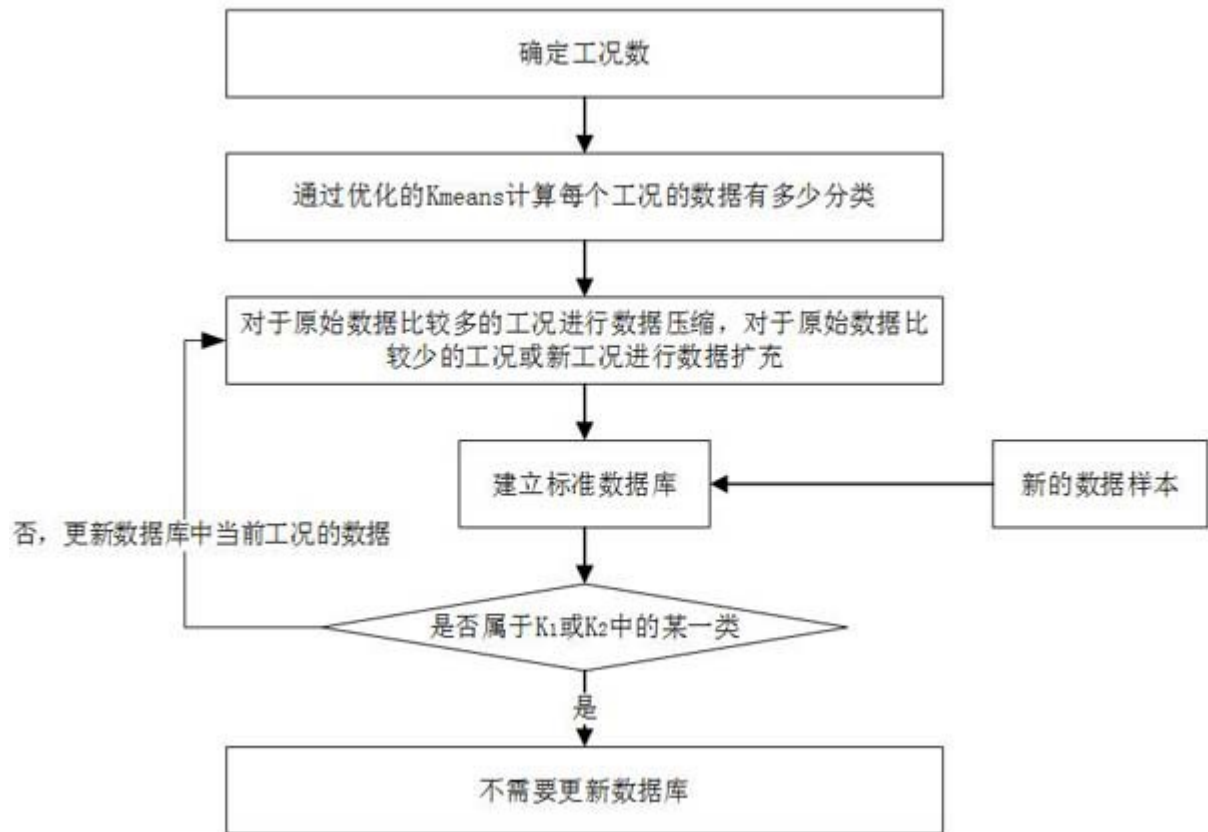


图 2

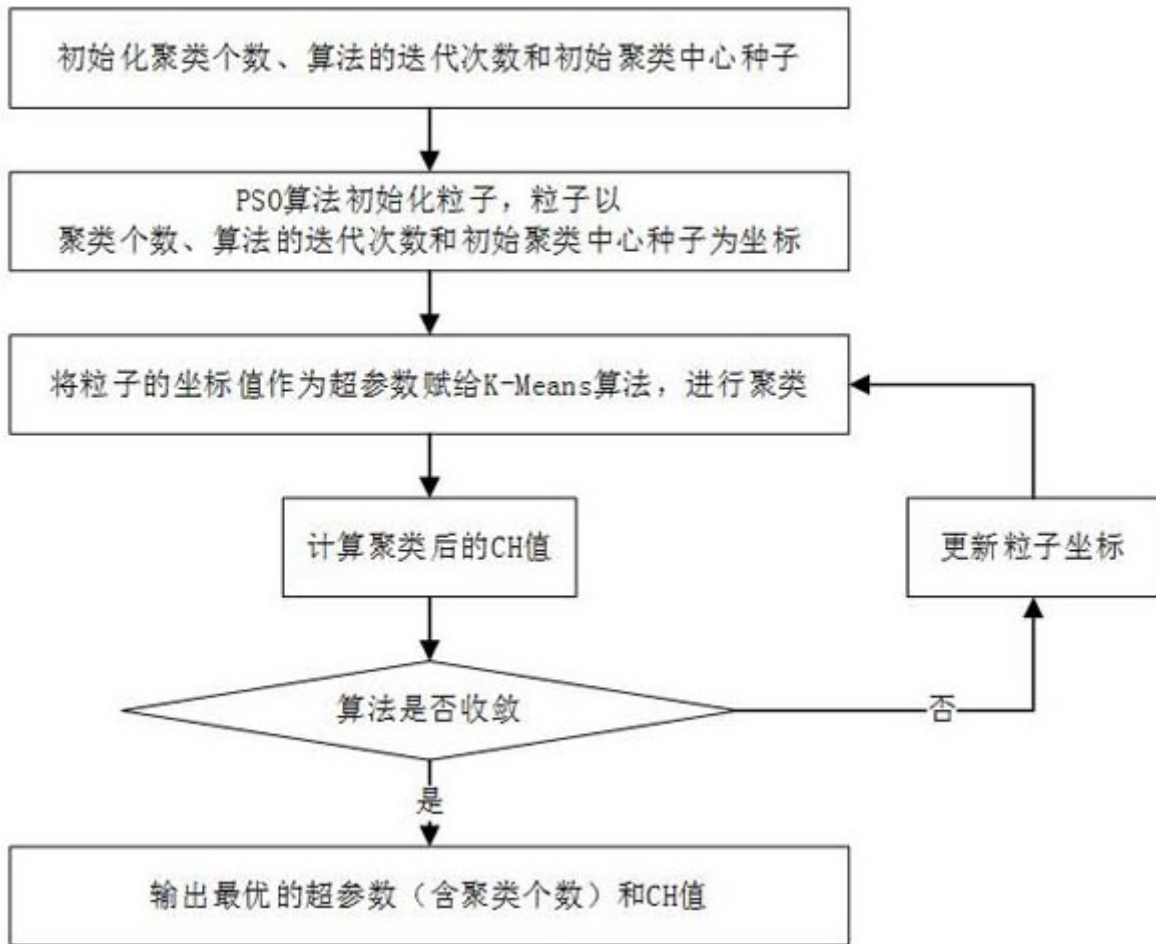


图 3