(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118551663 A
(43)申请公布日 2024.08.27

(21)申请号 202410887997.0

(22)申请日 2024.07.04

(71)申请人 中国水产科学研究院渔业工程研究所
地址 100141 北京市丰台区青塔村150号

(72)发明人 王娜 王刚 刘年飞

(74)专利代理机构 北京名拓专利代理有限公司 16151
专利代理师 林霞

(51)Int.Cl.
G06F 30/27(2020.01)
G06F 18/2433(2023.01)
G06F 18/23213(2023.01)
G06F 18/27(2023.01)
G06F 119/14(2020.01)

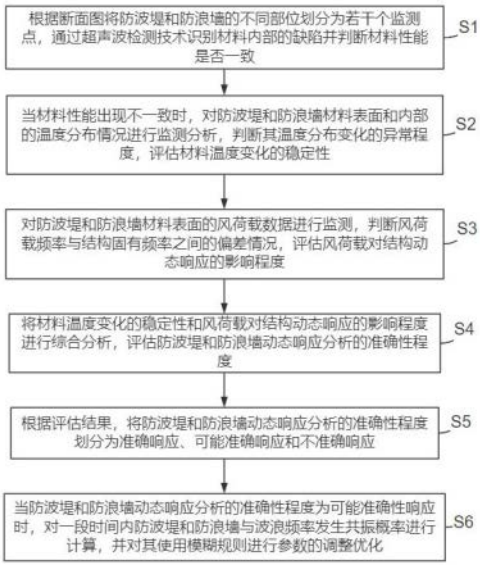
权利要求书3页 说明书11页 附图1页

(54)发明名称

一种防波堤防浪墙断面的参数分析优化方法

(57)摘要

本发明公开了一种防波堤防浪墙断面的参数分析优化方法,具体涉及防波堤防浪墙技术领域;根据断面图将防波堤和防浪墙划分为若干个监测点,使用超声波检测技术识别材料内部的缺陷并判断材料性能一致性,当材料性能不一致时,监测和分析温度分布变化,评估材料温度变化的稳定性,监测风荷载数据,评估风荷载频率与结构固有频率之间的偏差情况,综合分析材料温度变化稳定性和风荷载对结构动态响应的影响,评估动态响应分析的准确性,将评估结果进行划分,对于可能准确性响应的情况,计算共振概率,并通过模糊规则进行参数调整优化;不仅能及时发现和预防共振风险,提高结构安全性和稳定性,还能通过系统化的监测和分析,优化设计和维护策略。



CN 118551663 A

1.一种防波堤防浪墙断面的参数分析优化方法,其特征在于:包括以下步骤;

S1:根据断面图将防波堤和防浪墙的不同部位划分为若干个监测点,通过超声波检测技术识别材料内部的缺陷并判断材料性能是否一致;

S2:当材料性能出现不一致时,对防波堤和防浪墙材料表面和内部的温度分布情况进行监测分析,判断其温度分布变化的异常程度,评估材料温度变化的稳定性;

S3:对防波堤和防浪墙材料表面的风荷载数据进行监测,判断风荷载频率与结构固有频率之间的偏差情况,评估风荷载对结构动态响应的影响程度;

S4:将材料温度变化的稳定性和风荷载对结构动态响应的影响程度进行综合分析,评估防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度;

S5:根据评估结果,将防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度划分为准确响应、可能准确响应和不准确响应;

S6:当防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度为可能准确性响应时,对一段时间内防波堤和防浪墙与波浪频率发生共振概率进行计算,并对其使用模糊规则进行参数的调整优化。

2.根据权利要求1所述的一种防波堤防浪墙断面的参数分析优化方法,其特征在于:S1中,将超声波检测设备采集到的数据进行分析,数据包括时间(t)和信号强度(A)两个参数;使用滤波器去除噪声信号,识别并移除基线漂移,对齐不同监测点的时间基准;

计算反射信号的振幅峰值和到达时间,具体的计算表达式为:$A_{peak}=\max(A(t))$;式中,A_{peak}为振幅峰值,$A(t)$表示随时间(t)变化的信号振幅;$t_{arrival}=|A_{peak}|$;式中,$t_{arrival}$为到达时间;获取超声波在材料中的传播速度v,使用超声波的传播速度和反射时间计算缺陷的位置,具体的计算表达式为:$d=\frac{v*t_{arrival}}{2}$;d为缺陷位置;

将缺陷位置点的反射信号与标准样本对比,识别异常信号,根据反射信号的特征,判断是否存在缺陷:计算反射信号的归一化互相关函数值,具体的计算表达式为:$R_{xy}(t)=\frac{\sum_t(xt-X)(yt-Y)}{\sqrt{\sum_t(xt-X)^2}\sqrt{\sum_t(yt-Y)^2}}$;式中,$R_{xy}(t)$为归一化互相关函数值,X和Y分别是信号x和y的均值,xt为在时间(t)处的信号值;

将获取到的反射信号的归一化互相关函数值与历史数据中的标准状态下的归一化互相关函数标准值进行比较,若归一化互相关函数值大于等于归一化互相关函数标准值,此时的材料性能一致;若归一化互相关函数值小于归一化互相关函数标准值,此时的材料性能不一致。

3.根据权利要求2所述的一种防波堤防浪墙断面的参数分析优化方法,其特征在于:S2中,根据防波堤和防浪墙温度数据的分析结果,获取其的温度变化频率偏差值,评估材料温度变化的稳定性,则温度变化频率偏差值的获取方法为:

对防波堤和防浪墙的表面和内部布置温度传感器获取到的温度数据进行去噪处理,将预处理后的温度数据分成g个时间段,每个时间段称为一个窗口,对每个窗口的温度数据进行傅里叶变换,然后计算功率谱密度估计值,计算每个窗口的频率偏差值,具体的计算表达

式为：$\Delta f_{sd}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(f_i-fk)^2}{N}}$；其中，$f_i$表示频率谱上的每个频率点的值，$fk$表示频率的平均值，N表示频率点的总数；

将计算得到的每个窗口的频率偏差值进行小波变换，得到小波系数矩阵，根据小波系数矩阵，计算温度变化频率偏差值，具体的计算表达式为：$LM=\sqrt{\sum_{j=1}^{J}\sum_{m=1}^{M}\left(f_{jm}-fk\right)^2}$；式中，$LM$为温度变化频率偏差值，J表示小波变换的尺度数，M表示小波变换的频率数，f_{jm}表示小波系数矩阵中的每个元素。

4.根据权利要求3所述的一种防波堤防浪墙断面的参数分析优化方法，其特征在于：将获取到的温度变化频率偏差值与预先设置的防波堤和防浪墙温度数据标准状态下的温度变化频率偏差值参考值进行比较，若温度变化频率偏差值大于等于温度变化频率偏差值参考值，此时生成材料温度变化不稳定信号；若温度变化频率偏差值小于温度变化频率偏差值参考值，此时生成材料温度变化稳定信号。

5.根据权利要求4所述的一种防波堤防浪墙断面的参数分析优化方法，其特征在于：S3中，将风荷载的频率与结构的固有频率进行分析，获取风荷载频率异常指数，评估风荷载对结构动态响应的影响程度，则风荷载频率异常指数的获取方法为：

对风荷载数据进行傅里叶变换，将风荷载数据时域信号转换为频域信号，分析频谱图，利用傅里叶变换将时域信号$Q(s)$转换为频域信号QF，具体的转换表达式为：$QF=\int_{-\infty}^{\infty}Q(s)e^{-2\pi iFs}ds$；$QF$为频率为F处的频谱成分，反映了信号在频域上的能量分布，F为频率，i为风荷载数据的数量；将傅里叶变换得到的频谱数据进行聚类分析，将傅里叶变换得到的频谱数据作为输入，通过K-means聚类算法将数据点划分为预先指定数量的簇，使得簇内的数据点之间的距离最小，而不同簇之间的距离最大，使用选择的聚类算法对频谱数据进行聚类分析，算法将频率分组为不同的簇，每个簇代表具有相似频率特征的数据点集合，对每个聚类得到的群组进行频率分布特征分析，计算每个群组的频率标准差，并将所有群组的频率标准差进行求和后得到风荷载频率异常指数。

6.根据权利要求5所述的一种防波堤防浪墙断面的参数分析优化方法，其特征在于：将获取到的风荷载频率异常指数与风荷载频率异常指数参考阈值进行比较，若风荷载频率异常指数大于等于风荷载频率异常指数参考阈值，此时生成风荷载频率异常信号；若风荷载频率异常指数小于风荷载频率异常指数参考阈值，此时生成风荷载频率正常信号。

7.根据权利要求6所述的一种防波堤防浪墙断面的参数分析优化方法，其特征在于：S4中，将材料温度变化的稳定性和风荷载对结构动态响应的影响程度进行综合分析，具体为：

将温度变化频率偏差值和风荷载频率异常指数转换为第一特征向量，将第一特征向量作为机器学习模型的输入，机器学习模型以每组第一特征向量预测防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性值标签为预测目标，以最小化对所有防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性值标签的预测误差之和作为训练目标，对机器学习模型进行训练，直至预测误差之和达到收敛时停止模型训练，根据模型输出结果确定防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性系数，其中，机器学习模型为多项式回归模型。

8.根据权利要求7所述的一种防波堤防浪墙断面的参数分析优化方法，其特征在于：S5

中,将防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度划分为准确响应、可能准确响应和不准确响应,具体为:

将获取到的防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性系数与梯度标准阈值进行比较,梯度标准阈值包括第一标准阈值和第二标准阈值,且第一标准阈值小于第二标准阈值,将防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性系数分别与第一标准阈值和第二标准阈值进行对比;

若防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性系数大于第二标准阈值,将防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度划分为准确响应;若防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性系数大于等于第一标准阈值且小于等于第二标准阈值,将防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度划分为可能准确响应;若防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性系数小于第一标准阈值,将防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度划分为不准确响应。

9.根据权利要求8所述的一种防波堤防浪墙断面的参数分析优化方法,其特征在于:S6中,对一段时间内防波堤和防浪与波浪频率发生共振概率进行计算,具体为:

收集一段时间内的波浪频率数据,记录波浪频率随时间的变化情况,采集防波堤和防浪墙的结构固有频率数据,使用传感器收集防波堤和防浪墙在不同波浪条件下的动态响应数据,对波浪频率和结构响应频率数据进行平滑处理;使用傅里叶变换将时间域数据转换为频域数据,对波浪频率和结构固有频率数据进行频谱分析,确定防波堤和防浪墙的共振频率范围,即结构的固有频率范围,计算波浪频率与结构固有频率的偏差值,计算波浪频率fw与结构固有频率fs的频率偏差值Δf,$\Delta f = |fw - fs|$;将频率偏差值Δf的时间序列数据进行统计分析,获得频率偏差值的分布情况;

通过核密度估计方法,构建频率偏差值的概率密度函数P(Δf),设定共振频率偏差阈值$\Delta f_{threshold}$,计算频率偏差值落在共振频率偏差阈值内的概率,$p_{resonance}=\int_0^{\Delta f_{threshold}} P(\Delta f)d(\Delta f))$;其中,$p_{resonance}$为共振概率。

10.根据权利要求9所述的一种防波堤防浪墙断面的参数分析优化方法,其特征在于:使用模糊规则进行参数的调整优化,具体为:

将共振概率$p_{resonance}$和准确性系数BG作为模糊规则的输入项,将共振概率和准确性系数划分为若干模糊集合,定义每个模糊集合的隶属函数,根据工程经验和实际需求,建立模糊规则库;

根据输入变量的实际值,使用隶属函数计算每个模糊集合的隶属度;

应用模糊规则库,根据输入变量的隶属度和模糊规则,计算输出变量的隶属度;

根据选择的去模糊化方法,计算输出变量的精确值;

根据去模糊化得到的输出值,调整防波堤和防浪墙的参数。

一种防波堤防浪墙断面的参数分析优化方法

技术领域

[0001] 本发明涉及防波堤防浪墙技术领域,具体涉及一种防波堤防浪墙断面的参数分析优化方法。

背景技术

[0002] 防波堤防浪墙断面的参数分析优化是指通过对防波堤和防浪墙结构的各种参数进行综合分析和优化设计,以提高其抗浪性能、减少材料消耗、降低建造成本、延长使用寿命等目的。这种分析和优化包括考虑海洋环境、结构力学、材料工程等多方面因素,以达到在不同海况下最佳的防护效果和经济性。在防波堤防浪墙断面的参数分析优化时,可以通过断面图,了解结构内部的材料分布和构造细节,有助于维护和检修工作,延长结构的使用寿命。但是,如果出现材料性能不一致的情况,可能会影响到结构的动态特性,进而导致动态响应分析出现误差。且错误的动态响应分析可能导致结构在特定波浪频率下发生共振,显著增加破坏风险。例如,某防浪墙由于混凝土块强度不一致,导致动态分析误差,未能预见到共振现象,实际运行中在强浪条件下发生共振,结果墙体快速疲劳破坏。

[0003] 动态响应是指结构在外部动态荷载作用下的位移、速度和加速度等随时间变化的行为。通过动态响应分析,可以预测和评估结构在这些荷载下的性能,确保其安全性和稳定性。这种分析帮助识别结构的振动特性和共振风险,从而采取措施防止结构在特定条件下发生破坏。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种防波堤防浪墙断面的参数分析优化方法,以解决背景技术中不足。

[0005] 为了实现上述目的,本发明提供如下技术方案:一种防波堤防浪墙断面的参数分析优化方法,包括以下步骤:

S1:根据断面图将防波堤和防浪墙的不同部位划分为若干个监测点,通过超声波检测技术识别材料内部的缺陷并判断材料性能是否一致;

S2:当材料性能出现不一致时,对防波堤和防浪墙材料表面和内部的温度分布情况进行监测分析,判断其温度分布变化的异常程度,评估材料温度变化的稳定性;

S3:对防波堤和防浪墙材料表面的风荷载数据进行监测,判断风荷载频率与结构固有频率之间的偏差情况,评估风荷载对结构动态响应的影响程度;

S4:将材料温度变化的稳定性和风荷载对结构动态响应的影响程度进行综合分析,评估防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度;

S5:根据评估结果,将防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度划分为准确响应、可能准确响应和不准确响应;

S6:当防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度为可能准确性响应时,对一段时间内防波堤和防浪墙与波浪频率发生共振概率进行计算,并对其使用模糊规则进行参数

的调整优化。

[0006] 在一个优选地实施方式中,S1中,将超声波检测设备采集到的数据进行分析,数据包括时间(t)和信号强度(A)两个参数;使用滤波器去除噪声信号,识别并移除基线漂移,对齐不同监测点的时间基准;计算反射信号的振幅峰值和到达时间,具体的计算表达式为:$A_{peak}=\max(A(t))$;式中,A_{peak}为振幅峰值,$A(t)$表示随时间(t)变化的信号振幅;$t_{arrival}=|A_{peak}|$;式中,$t_{arrival}$为到达时间;获取超声波在材料中的传播速度v,使用超声波的传播速度和反射时间计算缺陷的位置,具体的计算表达式为:$d=\frac{v*t_{arrival}}{2}$;d为缺陷位置;

将缺陷位置点的反射信号与标准样本对比,识别异常信号,根据反射信号的特征,判断是否存在缺陷:计算反射信号的归一化互相关函数值,具体的计算表达式为:$R_{xy}(t)=\frac{\sum_t(xt-X)(yt-Y)}{\sqrt{\sum_t(xt-X)^2}\sqrt{\sum_t(yt-Y)^2}}$;式中,$R_{xy}(t)$为归一化互相关函数值,X和Y分别是信号x和y的均值,xt为在时间(t)处的信号值;将获取到的反射信号的归一化互相关函数值与历史数据中的标准状态下的归一化互相关函数标准值进行比较,若归一化互相关函数值大于等于归一化互相关函数标准值,此时的材料性能一致;若归一化互相关函数值小于归一化互相关函数标准值,此时的材料性能不一致。

[0007] 在一个优选地实施方式中,S2中,根据防波堤和防浪墙温度数据的分析结果,获取其的温度变化频率偏差值,评估材料温度变化的稳定性,则温度变化频率偏差值的获取方法为:

对防波堤和防浪墙的表面和内部布置温度传感器获取到的温度数据进行去噪处理,将预处理后的温度数据分成g个时间段,每个时间段称为一个窗口,对每个窗口的温度数据进行傅里叶变换,然后计算功率谱密度估计值,计算每个窗口的频率偏差值,具体的计算表达式为:$\Delta f_{sd}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(f_i-fk)^2}{N}}$;其中,$f_i$表示频率谱上的每个频率点的值,$fk$表示频率的平均值,N表示频率点的总数;

将计算得到的每个窗口的频率偏差值进行小波变换,得到小波系数矩阵,根据小波系数矩阵,计算温度变化频率偏差值,具体的计算表达式为:

$LM=\sqrt{\sum_{j=1}^{J}\sum_{m=1}^{M}(f_{jm}-fk)^2}$;式中,LM为温度变化频率偏差值,J表示小波变换的尺度数,M表示小波变换的频率数,f_{jm}表示小波系数矩阵中的每个元素。

[0008] 在一个优选地实施方式中,将获取到的温度变化频率偏差值与预先设置的防波堤和防浪墙温度数据标准状态下的温度变化频率偏差值参考值进行比较,若温度变化频率偏差值大于等于温度变化频率偏差值参考值,此时生成材料温度变化不稳定信号;若温度变化频率偏差值小于温度变化频率偏差值参考值,此时生成材料温度变化稳定信号。

[0009] 在一个优选地实施方式中,S3中,将风荷载的频率与结构的固有频率进行分析,获取风荷载频率异常指数,评估风荷载对结构动态响应的影响程度,则风荷载频率异常指数的获取方法为:

对风荷载数据进行傅里叶变换,将风荷载数据时域信号转换为频域信号,分析频

谱图,利用傅里叶变换将时域信号Q(s)转换为频域信号QF,具体的转换表达式为:$QF = \int_{-\infty}^{\infty} Q(s)e^{-2\pi iFs}ds$;QF为频率为F处的频谱成分,反映了信号在频域上的能量分布,F为频率,i为风荷载数据的数量;将傅里叶变换得到的频谱数据进行聚类分析,将傅里叶变换得到的频谱数据作为输入,通过K-means聚类算法将数据点划分为预先指定数量的簇,使得簇内的数据点之间的距离最小,而不同簇之间的距离最大,使用选择的聚类算法对频谱数据进行聚类分析,算法将频率分组为不同的簇,每个簇代表具有相似频率特征的数据点集合,对每个聚类得到的群组进行频率分布特征分析,计算每个群组的频率标准差,并将所有群组的频率标准差进行求和后得到风荷载频率异常指数。

[0010] 在一个优选地实施方式中,将获取到的风荷载频率异常指数与风荷载频率异常指数参考阈值进行比较,若风荷载频率异常指数大于等于风荷载频率异常指数参考阈值,此时生成风荷载频率异常信号;若风荷载频率异常指数小于风荷载频率异常指数参考阈值,此时生成风荷载频率正常信号。

[0011] 在一个优选地实施方式中,S4中,将材料温度变化的稳定性和风荷载对结构动态响应的影响程度进行综合分析,具体为:

将温度变化频率偏差值和风荷载频率异常指数转换为第一特征向量,将第一特征向量作为机器学习模型的输入,机器学习模型以每组第一特征向量预测防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性值标签为预测目标,以最小化对所有防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性值标签的预测误差之和作为训练目标,对机器学习模型进行训练,直至预测误差之和达到收敛时停止模型训练,根据模型输出结果确定防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性系数,其中,机器学习模型为多项式回归模型。

[0012] 在一个优选地实施方式中,S5中,将防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度划分为准确响应、可能准确响应和不准确响应,具体为:

将获取到的防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性系数与梯度标准阈值进行比较,梯度标准阈值包括第一标准阈值和第二标准阈值,且第一标准阈值小于第二标准阈值,将防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性系数分别与第一标准阈值和第二标准阈值进行对比;

若防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性系数大于第二标准阈值,将防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度划分为准确响应;若防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性系数大于等于第一标准阈值且小于等于第二标准阈值,将防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度划分为可能准确响应;若防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性系数小于第一标准阈值,将防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度划分为不准确响应。

[0013] 在一个优选地实施方式中,S6中,对一段时间内防波堤和防浪与波浪频率发生共振概率进行计算,具体为:

收集一段时间内的波浪频率数据,记录波浪频率随时间的变化情况,采集防波堤和防浪墙的结构固有频率数据,使用传感器收集防波堤和防浪墙在不同波浪条件下的动态响应数据,对波浪频率和结构响应频率数据进行平滑处理;

使用傅里叶变换将时间域数据转换为频域数据,对波浪频率和结构固有频率数据进行频谱分析,确定防波堤和防浪墙的共振频率范围,即结构的固有频率范围,计算波浪频

率与结构固有频率的偏差值，计算波浪频率fw与结构固有频率fs的频率偏差值Δf，$\Delta f = |fw - fs|$；将频率偏差值Δf的时间序列数据进行统计分析，获得频率偏差值的分布情况；通过核密度估计方法，构建频率偏差值的概率密度函数P(Δf)，设定共振频率偏差阈值$\Delta f_{threshold}$，计算频率偏差值落在共振频率偏差阈值内的概率，$p_{resonance}=\int_0^{\Delta f_{threshold}} P(\Delta f)d(\Delta f))$；其中，$p_{resonance}$为共振概率。

[0014] 在一个优选地实施方式中，使用模糊规则进行参数的调整优化，具体为：

将共振概率$p_{resonance}$和准确性系数BG作为模糊规则的输入项，将共振概率和准确性系数划分为若干模糊集合，定义每个模糊集合的隶属函数，根据工程经验和实际需求，建立模糊规则库；

根据输入变量的实际值，使用隶属函数计算每个模糊集合的隶属度；

应用模糊规则库，根据输入变量的隶属度和模糊规则，计算输出变量的隶属度；

根据选择的去模糊化方法，计算输出变量的精确值；

根据去模糊化得到的输出值，调整防波堤和防浪墙的参数。

[0015] 在上述技术方案中，本发明提供的技术效果和优点：

1、本发明通过多方面的监测与分析，包括超声波检测、温度分布分析和风荷载监测等，针对防波堤和防浪墙可能存在的材料不一致性和动态响应误差进行全面评估，进而采用模糊规则优化参数，提高了动态响应分析的准确性。通过动态响应分析准确性程度的细分，能够更加精确地评估结构的安全性，从而有效降低共振风险，提高防波堤和防浪墙的抗风能力和耐久性。

[0016] 2、本发明通过模糊规则进行参数优化，首先将防波堤和防浪墙的共振概率和准确性系数进行模糊处理，应用模糊规则库进行推理，并通过去模糊化方法得到精确的优化参数。这些参数用于调整材料选择和结构设计，以提高结构的动态响应性能。优化后的模型需经过重新计算和验证，通过对比优化前后的动态响应结果，确保关键指标如共振频率和最大位移等得到显著改善，从而提升结构的稳定性和安全性。不仅提高了结构设计的可靠性，还有效预防因材料性能不一致引起的潜在破坏风险。

附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明中记载的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0018] 图1为本发明的方法流程图。

具体实施方式

[0019] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，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，所描述的实施例是本发明一部分实施例，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作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

实施例1

[0020] 请参阅图1所示,本实施例所述一种防波堤防浪墙断面的参数分析优化方法,包括以下步骤:

S1:根据断面图将防波堤和防浪墙的不同部位划分为若干个监测点,通过超声波检测技术识别材料内部的缺陷并判断材料性能是否一致;

S2:当材料性能出现不一致时,对防波堤和防浪墙材料表面和内部的温度分布情况进行监测分析,判断其温度分布变化的异常程度,评估材料温度变化的稳定性;

S3:对防波堤和防浪墙材料表面的风荷载数据进行监测,判断风荷载频率与结构固有频率之间的偏差情况,评估风荷载对结构动态响应的影响程度;

S4:将材料温度变化的稳定性和风荷载对结构动态响应的影响程度进行综合分析,评估防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度;

S5:根据评估结果,将防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度划分为准确响应、可能准确响应和不准确响应;

S6:当防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度为可能准确性响应时,对一段时间内防波堤和防浪墙与波浪频率发生共振概率进行计算,并对其使用模糊规则进行参数的调整优化。

[0021] 其中,在S1中,根据断面图将防波堤和防浪墙的不同部位划分为若干个监测点,通过超声波检测技术识别材料内部的缺陷并判断材料性能是否一致。

[0022] 根据防波堤和防浪墙的断面图,确定不同部位的关键位置。识别易受力部位和关键受力部位,如基底、拐角、连接点等。将防波堤和防浪墙划分为若干个区域。在每个区域内均匀布置监测点,确保覆盖所有重要部位。

[0023] 选择合适的超声波检测仪器和探头,确保能检测到预期的缺陷深度和大小。配备必要的耦合剂(如水、油或凝胶)以确保探头与材料表面之间良好的声学接触。使用已知标准样品校准超声波检测设备,确保检测结果的准确性。校准包括调整探头、声速和增益等参数。

[0024] 清洁待检测表面,确保没有灰尘、油污和其他杂质。涂抹耦合剂,以减少声波的反射和损失。将探头放置在预定的监测点上。按照预定的路径和速度移动探头,确保覆盖整个检测区域。通过检测仪器实时监测和记录超声波的反射信号。记录每个监测点的超声波反射信号。采集数据包括反射波的振幅、频率和时间延迟等参数。

[0025] 将超声波检测设备采集到的数据进行分析,数据包括时间(t)和信号强度(A)两个参数;使用滤波器去除噪声信号,识别并移除基线漂移,确保反射信号的准确性;对齐不同监测点的时间基准,以便比较反射信号;

计算反射信号的振幅峰值和到达时间,具体的计算表达式为:$A_{peak}=\max(A(t))$;式中,A_{peak}为振幅峰值,$A(t)$表示随时间(t)变化的信号振幅;$t_{arrival}=|A_{peak}|$;式中,$t_{arrival}$为到达时间;获取超声波在材料中的传播速度v,使用超声波的传播速度和反射时间计算缺陷的位置,具体的计算表达式为:$d=\frac{v*t_{arrival}}{2}$;d为缺陷位置;将缺陷位置点的反射信号与标准样本对比,识别异常信号,根据反射信号的特征,判断是否存在缺陷:计算反射信号的归一化互相关函数值,具体的计算表达式为:$R_{xy}(t)=\frac{\sum_t(xt-X)(yt-Y)}{\sqrt{\sum_t(xt-X)^2}\sqrt{\sum_t(yt-Y)^2}}$;式中,$R_{xy}(t)$为归一化互相关

函数值,X和Y分别是信号x和y的均值,xt为在时间(t)处的信号值;

将获取到的反射信号的归一化互相关函数值与历史数据中的标准状态下的归一化互相关函数标准值进行比较,若归一化互相关函数值大于等于归一化互相关函数标准值,此时的材料性能一致;若归一化互相关函数值小于归一化互相关函数标准值,此时的材料性能不一致。

[0026] 本发明中通过超声波检测技术对防波堤和防浪墙的材料进行分析,可准确识别内部缺陷和材料性能是否一致,通过滤波去噪、基线漂移校正、振幅峰值及到达时间提取、缺陷位置计算和归一化互相关函数计算等步骤,确保数据的准确性和可靠性,为结构的安全性提供重要支持。

[0027] S2:当材料性能出现不一致时,对防波堤和防浪墙材料表面和内部的温度分布情况进行监测分析,判断其温度分布变化的异常程度,评估材料温度变化的稳定性。

[0028] 当材料性能出现不一致时,在防波堤和防浪墙的表面和内部布置温度传感器,以覆盖整个结构的温度变化情况。使用数据采集设备实时记录温度传感器所获取的数据,包括不同位置、不同深度处的温度值。对采集到的温度数据进行处理,包括去除异常值、平滑处理等,确保数据的准确性和可靠性。分析处理后的温度数据,对防波堤和防浪墙材料表面和内部的温度分布进行图形化展示,以便直观地观察温度变化的趋势和分布情况。

[0029] 根据防波堤和防浪墙温度数据的分析结果,获取其的温度变化频率偏差值,评估材料温度变化的稳定性,则温度变化频率偏差值的获取方法为:

对防波堤和防浪墙的表面和内部布置温度传感器获取到的温度数据进行去噪处理,将预处理后的温度数据分成g个时间段,每个时间段称为一个窗口,对每个窗口的数据应用窗口函数,如汉明窗、汉宁窗等,以减少频谱泄漏和减小频谱估计的方差。

[0030] 对每个窗口的温度数据进行傅里叶变换,然后计算功率谱密度估计值,计算每个窗口的频率偏差值,具体的计算表达式为:$\Delta f_{sd}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(f_i-fk)^2}{N}}$;其中,$f_i$表示频率谱上的每个频率点的值,$fk$表示频率的平均值,N表示频率点的总数;

将计算得到的每个窗口的频率偏差值进行小波变换,得到小波系数矩阵,根据小波系数矩阵,计算温度变化频率偏差值,具体的计算表达式为:

$LM=\sqrt{\sum_{j=1}^{J}\sum_{m=1}^{M}\left(f_{jm}-fk\right)^2}$;式中,LM为温度变化频率偏差值,J表示小波变换的尺度数,M表示小波变换的频率数,f_{jm}表示小波系数矩阵中的每个元素。

[0031] 将获取到的温度变化频率偏差值与预先设置的防波堤和防浪墙温度数据标准状态下的温度变化频率偏差值参考值进行比较,若温度变化频率偏差值大于等于温度变化频率偏差值参考值,则说明防波堤和防浪墙材料表面和内部的温度分布情况出现异常,此时生成材料温度变化不稳定信号;若温度变化频率偏差值小于温度变化频率偏差值参考值,则说明防波堤和防浪墙材料表面和内部的温度分布情况没有出现异常,此时生成材料温度变化稳定信号。

[0032] 温度变化频率偏差值越大,意味着防波堤和防浪墙材料的温度变化越不稳定,具体为:

温度波动剧烈:频繁的温度波动可能导致材料的热应力增加,从而影响材料的物

理性能和耐久性。

[0033] 温度变化不均匀:不同部位的温度变化频率存在较大差异,可能导致材料内部应力分布不均匀,从而影响材料的结构强度和稳定性。

[0034] 温度异常:频率偏差值的增大也可能暗示温度存在异常变化,如局部热点或冷点,这可能会影响到结构的正常运行和使用寿命。

[0035] S3:对防波堤和防浪墙材料表面的风荷载数据进行监测,判断风荷载频率与结构固有频率之间的偏差情况,评估风荷载对结构动态响应的影响程度。

[0036] 在防波堤和防浪墙的表面安装风荷载监测设备,例如风速计或风压传感器。这些设备能够实时监测风力的大小和方向。通过监测设备采集风荷载的数据,包括风速、风向和风压等信息。这些数据通常以时间序列的形式记录下来。

[0037] 根据结构的设计参数和材料特性,计算或者通过实验测量得到防波堤和防浪墙的固有频率。这是结构在自然振动时的频率。对采集到的风荷载数据进行频谱分析,以确定风荷载的频率分布。这可以通过傅里叶变换等方法来实现。将风荷载的频率与结构的固有频率进行比较。如果风荷载的频率与结构的固有频率相近,可能会导致结构共振或者其他动态响应问题。判断风荷载频率与结构固有频率之间的偏差情况,根据偏差情况,分析风荷载对结构的动态响应可能产生的影响。如果存在频率接近的情况,可能需要采取措施来减轻结构的振动或共振风险。

[0038] 将风荷载的频率与结构的固有频率进行分析,获取风荷载频率异常指数,评估风荷载对结构动态响应的影响程度,则风荷载频率异常指数的获取方法为:

对风荷载数据进行傅里叶变换,将风荷载数据时域信号转换为频域信号,分析频谱图,利用傅里叶变换将时域信号$Q(s)$转换为频域信号QF,具体的转换表达式为:$QF=\int_{-\infty}^{\infty}Q(s)e^{-2\pi iFs}ds$;$QF$为频率为F处的频谱成分,反映了信号在频域上的能量分布,F为频率,i为风荷载数据的数量;

将傅里叶变换得到的频谱数据进行聚类分析,将傅里叶变换得到的频谱数据作为输入,通过K-means聚类算法将数据点划分为预先指定数量的簇,使得簇内的数据点之间的距离最小,而不同簇之间的距离最大,使用选择的聚类算法对频谱数据进行聚类分析,算法将频率分组为不同的簇,每个簇代表具有相似频率特征的数据点集合,对每个聚类得到的群组进行频率分布特征分析,计算每个群组的频率标准差,并将所有群组的频率标准差进行求和后得到风荷载频率异常指数。

[0039] 将获取到的风荷载频率异常指数与风荷载频率异常指数参考阈值进行比较,若风荷载频率异常指数大于等于风荷载频率异常指数参考阈值,说明风荷载对结构动态响应的影响程度越大,此时生成风荷载频率异常信号;若风荷载频率异常指数小于风荷载频率异常指数参考阈值,说明风荷载对结构动态响应的影响程度越小,此时生成风荷载频率正常信号。

[0040] 影响程度增加:较大的风荷载频率异常指数表明风荷载的频率与结构的固有频率相差较大,可能导致结构受到较大的外部激励。这意味着结构的动态响应与风荷载之间存在明显的失配,可能提高结构的振动幅度和应力水平。

[0041] 共振风险增加:频率偏差较大可能会导致结构在特定频率下发生共振现象,即结

构的振动频率与外部激励的频率相匹配。共振可能导致结构受到较大的振幅,增加了结构的疲劳破坏风险,甚至可能导致结构的倒塌或损坏。

[0042] 结构稳定性下降:频率失配可能导致结构的动态响应与风荷载之间的不稳定性增加,使结构的稳定性降低。在风荷载频率异常指数较大的情况下,结构可能更容易受到外部环境的影响,从而增加了结构的失效风险。

[0043] S4:将材料温度变化的稳定性和风荷载对结构动态响应的影响程度进行综合分析,评估防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度。

[0044] 将温度变化频率偏差值和风荷载频率异常指数转换为第一特征向量,将第一特征向量作为机器学习模型的输入,机器学习模型以每组第一特征向量预测防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性值标签为预测目标,以最小化对所有防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性值标签的预测误差之和作为训练目标,对机器学习模型进行训练,直至预测误差之和达到收敛时停止模型训练,根据模型输出结果确定防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性系数,其中,机器学习模型为多项式回归模型。

[0045] 防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性系数的获取方法为:从训练完成的机器学习模型的第一特征向量训练数据中,获得对应的函数表达式:$BG = f_1(LM,\ CN)$;式中,f_1是模型的输出函数,LM为温度变化频率偏差值,CN为风荷载频率异常指数,BG为准确性系数。

[0046] 多项式回归模型具有较好的拟合能力,能够适应不同的结构特性和环境条件。当输入特征(温度变化频率偏差值和风荷载频率异常指数)变化时,模型可以自动调整其输出,提供准确的动态响应分析结果。多项式回归模型的函数表达式形式简单,容易理解和解释。这有助于工程师和决策者理解和信任模型的预测结果,从而更好地进行工程设计和维护决策。通过模型输出的准确性系数,可以识别哪些防波堤和防浪墙的动态响应分析存在较大误差,提前采取措施进行补救,避免潜在的工程风险。

[0047] S5:根据评估结果,将防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度划分为准确响应、可能准确响应和不准确响应。

[0048] 将获取到的防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性系数与梯度标准阈值进行比较,梯度标准阈值包括第一标准阈值和第二标准阈值,且第一标准阈值小于第二标准阈值,将防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性系数分别与第一标准阈值和第二标准阈值进行对比;

若防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性系数大于第二标准阈值,将防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度划分为准确响应;将这些分析结果确认并记录在工程档案中。继续对这些部位进行常规监测,确保其动态响应分析保持准确。使用这些准确的分析结果进一步优化设计和维护策略,以提高整体结构的性能和安全性。

[0049] 若防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性系数大于等于第一标准阈值且小于等于第二标准阈值,将防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度划分为可能准确响应;增加监测频率和密度,通过进一步分析以获取更多数据并提高分析准确性。

[0050] 若防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性系数小于第一标准阈值,将防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度划分为不准确响应。对这些部位进行立即检查,找出导致分析不准确的原因,修正可能的错误数据或分析模型。进行详细的地质和结构评估,确认是否存在异常地质条件或材料问题。在必要时,实施应急措施,如限制使用或增加临时支撑,

以确保安全。

[0051] 在本实施例中,通过超声波检测技术、温度分布监测和风荷载数据分析,对防波堤和防浪墙的材料性能和动态响应进行评估和分级,可以全面判断结构的安全性和稳定性。此过程不仅能够精准识别材料缺陷和异常环境因素对结构的影响,还能通过综合分析确保动态响应分析的准确性,最终提高防波堤和防浪墙的设计和维护质量,防止潜在风险,延长结构使用寿命。

实施例2

[0052] S6:当防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度为可能准确性响应时,对一段时间内防波堤和防浪墙与波浪频率发生共振概率进行计算,并对其使用模糊规则进行参数的调整优化。

[0053] 当防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度为可能准确性响应时,收集一段时间内的波浪频率数据,记录波浪频率随时间的变化情况。采集防波堤和防浪墙的结构固有频率数据。使用传感器收集防波堤和防浪墙在不同波浪条件下的动态响应数据,包括位移、加速度等。数据过滤和清洗:去除数据中的噪声,过滤掉异常值,确保数据的准确性。对波浪频率和结构响应频率数据进行平滑处理,消除短期波动。

[0054] 使用傅里叶变换将时间域数据转换为频域数据,以便分析频率成分。对波浪频率和结构固有频率数据进行频谱分析,获取主要频率成分。确定防波堤和防浪墙的共振频率范围,即结构的固有频率范围。计算波浪频率与结构固有频率的偏差值。计算波浪频率fw与结构固有频率fs的频率偏差值$\Delta f=|fw-fs|$;将频率偏差值Δf的时间序列数据进行统计分析,获得频率偏差值的分布情况。

[0055] 通过核密度估计方法,构建频率偏差值的概率密度函数$P(\Delta f)$,设定共振频率偏差阈值$\Delta f_{threshold}$,计算频率偏差值落在共振频率偏差阈值内的概率,

$p_{resonance}=\int_0^{\Delta f_{threshold}} P(\Delta f)d(\Delta f))$;其中,$p_{resonance}$为共振概率。

[0056] 使用模糊规则进行参数的调整优化具体包括:

定义输入变量:输入变量1:共振概率$p_{resonance}$,输入变量2:准确性系数BG,定义模糊集合:将共振概率和准确性系数划分为若干模糊集合,如低、中、高。定义每个模糊集合的隶属函数。常用的隶属函数包括三角形、梯形和高斯型隶属函数。共振概率$p_{resonance}$的模糊集合:低 (Low),中 (Medium),高 (High);准确性系数BG的模糊集合:低 (Low),中 (Medium),高 (High)

根据工程经验和实际需求,建立模糊规则库,模糊规则一般形式为:IF$p_{resonance}$ IS Low AND BG IS High THEN Output IS Accurate;

示例规则:IF$p_{resonance}$IS Low AND BG IS High THEN Output IS Accurate;

IF$p_{resonance}$IS Medium AND BG IS Medium THEN Output IS Possibly Accurate;

IF$p_{resonance}$IS High AND BG IS Low THEN Output IS Inaccurate;

根据输入变量的实际值,使用隶属函数计算每个模糊集合的隶属度。

[0057] 应用模糊规则库,根据输入变量的隶属度和模糊规则,计算输出变量的隶属度。

[0058] 使用模糊推理方法,如Mamdani推理方法或Sugeno推理方法,计算输出变量(如调整优化参数)的隶属度。

[0059] 常用的去模糊化方法包括重心法(Centroid Method)、最大隶属度法(Max-

Membership Method)等。

[0060] 根据选择的去模糊化方法,计算输出变量的精确值。

[0061] 根据去模糊化得到的输出值,调整防波堤和防浪墙的参数(如材料选择、结构设计等)。重新计算动态响应分析,验证优化后的结果。

[0062] 通过模糊规则进行参数优化,首先将防波堤和防浪墙的共振概率和准确性系数进行模糊处理,应用模糊规则库进行推理,并通过去模糊化方法得到精确的优化参数。这些参数用于调整材料选择和结构设计,以提高结构的动态响应性能。

[0063] 优化后的模型需经过重新计算和验证,通过对比优化前后的动态响应结果,确保关键指标如共振频率和最大位移等得到显著改善,从而提升结构的稳定性和安全性。这一过程不仅提高了结构设计的可靠性,还有效预防了因材料性能不一致引起的潜在破坏风险。

[0064] 在本实施例中,通过使用模糊规则进行参数调整和优化,能够有效处理防波堤和防浪墙动态响应分析中的不确定性和模糊性。模糊逻辑提供了一种灵活的方式,将工程经验和实际需求转化为规则库,结合隶属函数和模糊推理方法,能够对输入变量(如共振概率和准确性系数)的实际值进行综合分析和推理。使用重心法等去模糊化方法,计算出精确的输出值,从而指导结构参数的调整。最终,这种方法提高了动态响应分析的准确性和可靠性,有助于更有效地预测和防止结构在实际运行中可能遇到的问题,确保其安全性和稳定性。

[0065] 上述公式均是去量纲取其数值计算,公式是由采集大量数据进行软件模拟得到最近真实情况的一个公式,公式中的预设参数由本领域的技术人员根据实际情况进行设置。

[0066] 上述实施例,可以全部或部分地通过软件、硬件、固件或其他任意组合来实现。当使用软件实现时,上述实施例可以全部或部分地以计算机程序产品的形式实现。所述计算机程序产品包括一个或多个计算机指令或计算机程序。在计算机上加载或执行所述计算机指令或计算机程序时,全部或部分地产生按照本申请实施例所述的流程或功能。所述计算机可以为通用计算机、专用计算机、计算机网络、或者其他可编程装置。所述计算机指令可以存储在计算机可读存储介质中,或者从一个计算机可读存储介质向另一个计算机可读存储介质传输,例如,所述计算机指令可以从一个网站站点、计算机、服务器或数据中心通过有线或无线(例如红外、无线、微波等)方式向另一个网站站点、计算机、服务器或数据中心进行传输。所述计算机可读存储介质可以是计算机能够存取的任何可用介质或者是包含一个或多个可用介质集合的服务器、数据中心等数据存储设备。所述可用介质可以是磁性介质(例如,软盘、硬盘、磁带)、光介质(例如,DVD)、或者半导体介质。半导体介质可以是固态硬盘。

[0067] 应理解,在本申请的各种实施例中,上述各过程的序号的大小并不意味着执行顺序的先后,各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定,而不应对本申请实施例的实施过程构成任何限定。

[0068] 本领域普通技术人员可以意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出

本申请的范围。

[0069] 以上所述,仅为本申请的具体实施方式,但本申请的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本申请的保护范围之内。

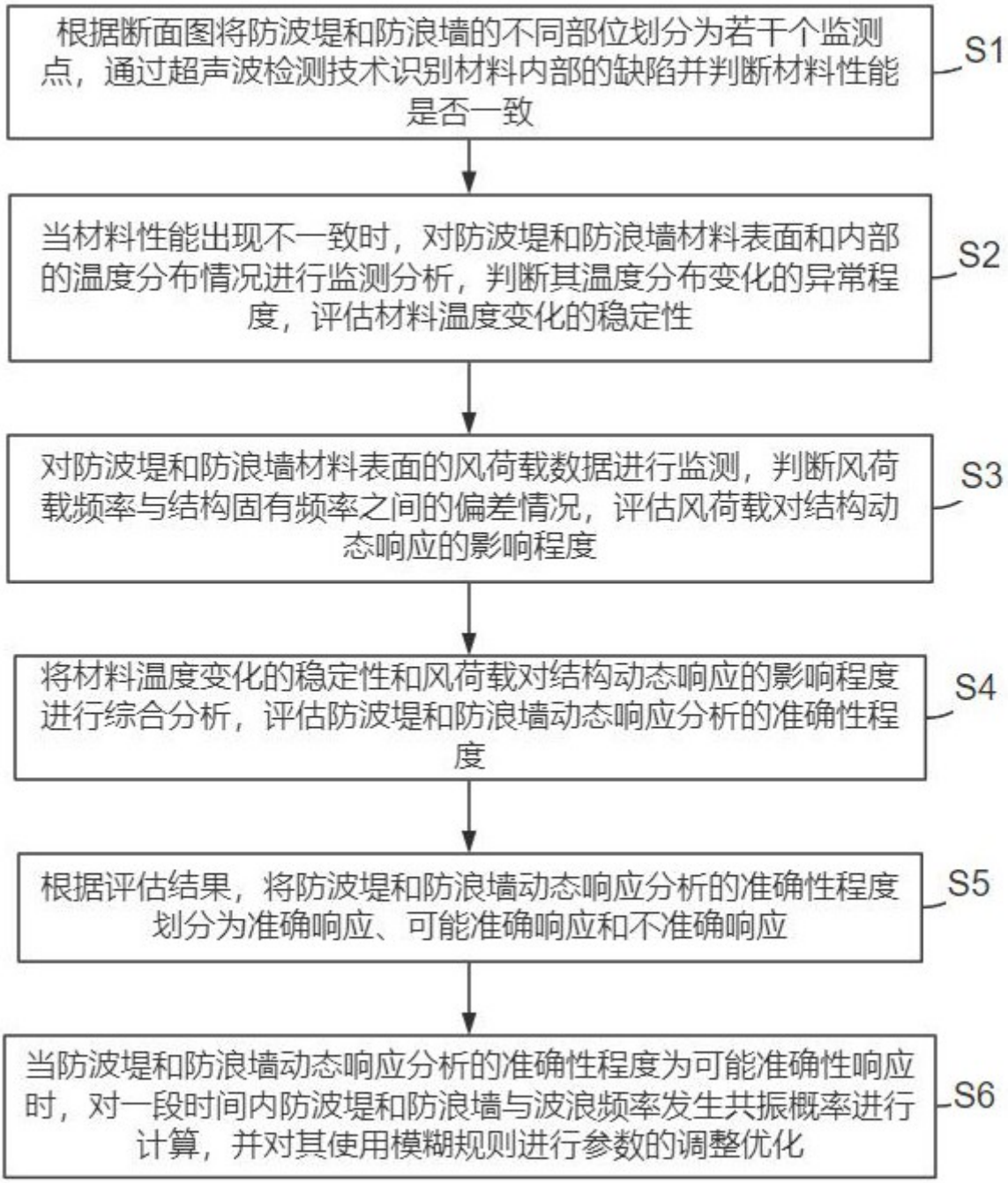

根据断面图将防波堤和防浪墙的不同部位划分为若干个监测点，通过超声波检测技术识别材料内部的缺陷并判断材料性能是否一致
S1
当材料性能出现不一致时，对防波堤和防浪墙材料表面和内部的温度分布情况进行监测分析，判断其温度分布变化的异常程度，评估材料温度变化的稳定性
S2
对防波堤和防浪墙材料表面的风荷载数据进行监测，判断风荷载频率与结构固有频率之间的偏差情况，评估风荷载对结构动态响应的影响程度
S3
将材料温度变化的稳定性和风荷载对结构动态响应的影响程度进行综合分析，评估防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度
S4
根据评估结果，将防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度划分为准确响应、可能准确响应和不准确响应
S5
当防波堤和防浪墙动态响应分析的准确性程度为可能准确性响应时，对一段时间内防波堤和防浪墙与波浪频率发生共振概率进行计算，并对其使用模糊规则进行参数的调整优化
S6

图 1