

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2018 年 12 月 27 日 (27.12.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/233025 A1

(51) 国际专利分类号:
G05D 1/08 (2006.01) **B63B 39/00** (2006.01)
G05B 13/04 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/099596

(22) 国际申请日: 2017 年 8 月 30 日 (30.08.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201710486070.6 2017年6月23日 (23.06.2017) CN

(71) 申请人: 上海交通大学 (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国上海市闵行区东川路 800 号, Shanghai 200240 (CN)。国立大学法人 横滨国立大学 (NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION YO-

KOHAMA NATIONAL UNIVERSITY) [JP/JP]; 日本神奈川县横滨市保土谷区常盘台 79 番 1 号, Kanagawa 〒2408501 (JP)。

(72) 发明人: 马宁 (MA, Ning); 中国上海市闵行区东川路 800 号, Shanghai 200240 (CN)。于立伟 (YU, Liwei); 中国上海市闵行区东川路 800 号, Shanghai 200240 (CN)。平川嘉昭 (HIRAKAWA, Yoshiaki); 日本神奈川县横滨市保土谷区常盘台 79 番 1 号, Kanagawa 〒2408501 (JP)。荒井诚 (ARAI, Makoto); 日本神奈川县横滨市保土谷区常盘台 79 番 1 号, Kanagawa 〒2408501 (JP)。王德禹 (WANG, Deyu); 中国上海市闵行区东川路 800 号, Shanghai 200240 (CN)。顾解忬 (GU, Xiechong); 中国上海市闵行区东川路 800 号, Shanghai 200240 (CN)。

(54) **Title:** EARLY WARNING METHOD, APPARATUS, AND DEVICE FOR PARAMETRIC ROLL RESONANCE OF OCEAN-FLOATING STRUCTURES

(54) 发明名称: 海洋浮式结构物参数共振运动的预警方法、装置及设备

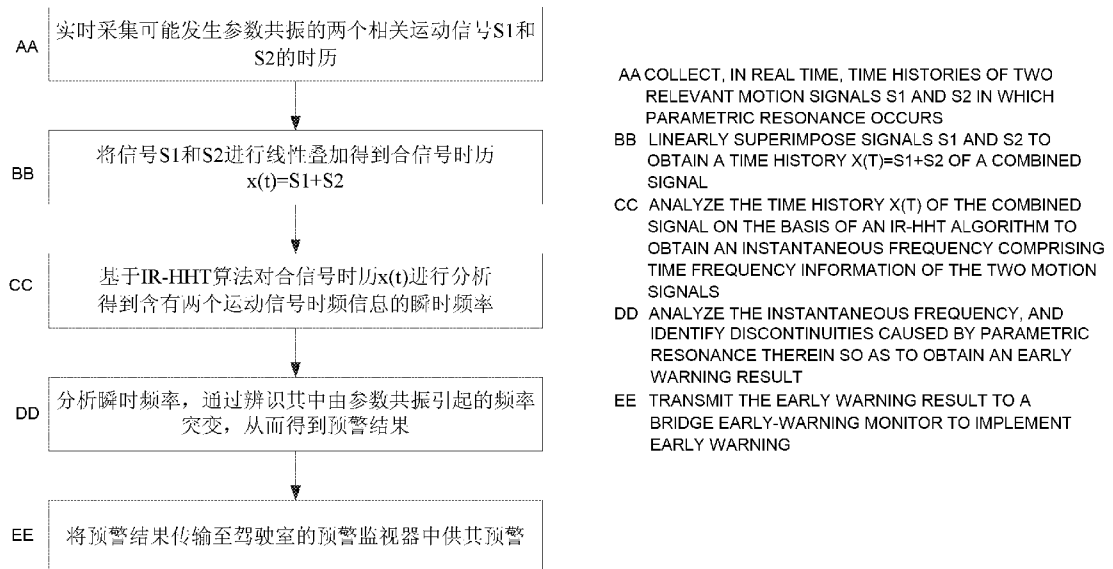


图 4

(57) **Abstract:** Provided are an early warning method, apparatus, and device for parametric roll resonance of an ocean-floating structure. The method comprises: acquiring motion signals of different degrees of freedom of an ocean-floating structure collected in real time; linearly superimposing time history data of different motion signals to obtain time history data of a combined signal; generating, according to the time history data of the combined signal, instantaneous frequency time history data of a time-varying instantaneous frequency of the combined signal; identifying discontinuities from the instantaneous frequency time history data, wherein the discontinuities are caused by a frequency doubling relationship between motion signals of at least two degrees of freedom when parametric roll resonance occurs; and performing a calculation according to the frequency discontinuities to obtain a time at which parametric roll

(74) 代理人：上海光华专利事务所 (J.Z.M.C. PATENT AND TRADEMARK LAW OFFICE); 中国上海市杨浦区国定路 335 号 5022 室余明伟, Shanghai 200433 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第 21 条 (3))。

resonance occurs so as to achieve early warning. The method can implement advance warning of parametric roll resonance by means of more efficient algorithms and fewer device costs, and can consume less energy to effectively prevent parametric roll resonance when an initial motion amplitude is low.

(57) 摘要: 一种海洋浮式结构物参数共振运动的预警方法、装置及设备。方法包括: 获取实时采集的海洋浮式结构物的不同自由度上的运动信号; 将不同运动信号的时历数据线性叠加以得到合信号的时历数据; 根据合信号的时历数据生成合信号的瞬时频率随时间变化的瞬时频率时历数据; 从瞬时频率时历数据中辨识出频率突变; 其中, 频率突变是在参数共振运动发生时由至少两个自由度上的运动信号间的倍频关系引起的; 根据频率突变计算得到参数共振运动发生的时刻以供进行预警。本方法采用更高效的算法和更少的装置成本来实现参数共振运动的超前预警, 能够在参数共振发生的初期运动幅值较小时, 消耗很少的能量来高效地规避参数共振运动。

海洋浮式结构物参数共振运动的预警方法、装置及设备

技术领域

本发明涉及船舶与海洋工程领域，特别是涉及用于检测海洋浮式结构物的参数共振运动的预警方法、装置、存储介质及设备。

背景技术

海洋浮式结构物如船舶、海洋平台和海上浮式风机等在波浪激励下除了会发生常规的波激运动外还会发生非线性的参数共振运动，如：集装箱船和豪华邮轮的参数横摇运动、SPAR 平台和海上浮式风机的参数纵摇运动等。参数共振发生时，会伴随有浮式结构物的大幅剧烈运动甚至失稳倾覆，造成重大的人员和财产损失，如：集装箱船大幅参数横摇下的丢箱、SPAR 平台和海上浮式风机在大幅参数纵摇运动下的系缆断裂等。因此，亟需采取措施来规避参数共振的发生。

目前，海洋浮式结构物上多安装有主动（主动减摇水舱、减摇鳍、动力定位系统等）和被动装置（被动减摇水舱、舳龙骨、垂荡板等）来进行波激运动的有效规避。然而，这些装置对于比常规波激运动更剧烈的参数共振运动规避效果有限。根据参数共振运动的特性，其在发生初期刚满足参数共振条件时，运动幅值较小。因此，如果能在参数共振发生的初期进行预警，采用装置改变达成共振的条件，就可以通过消耗很少的能量来高效地规避参数共振运动。可见，海洋浮式结构物的超前预警装置对于其安全性具有重要意义。

中国发明专利申请“一种主动抑制参数横摇的船舶航迹跟踪预测控制方法”（公开号：CN104881040A）提出在船舶发生参数横摇时，采用舵在尽可能小的牺牲船舶航迹跟踪性能的前提下来抑制参数横摇。在该发明中，舵在发生大幅参数共振运动时才进行减摇，需要消耗大量能量而且会影响船舶航迹跟踪性能。可见，进行参数共振运动的超前预警，在运动幅度小的时候进行抑制的重要性。韩国专利“Parametric roll preventing apparatus and method for vessel”（公告号：KR100827396B1）的发明人提出一种船舶参数横摇的预警方法与装置，并采用舵进行参数横摇抑制。其预警装置中需要采用的海浪监测设备（wave monitoring device）不易获得，应用具有一定局限性，这与本发明中仅采用方便获取的运动信号进行参数共振超前预警有明显区别。丹麦专利“Prediction of resonant oscillation”（公开号：WO2010118752A1）的发明人提出一种进行两个相关振荡信号间参数共振预报的算法及装置，其将两个相关振荡信号进行时域和频域上的变换处理，进而分别设计了频域中的频率辨

识和时域中的相位辨识两个预报机制，来进行参数共振的预报。然而，该算法及装置中仅涉及参数横摇的预警，未在预警的时效性上进行专门设计，这与本发明强调的超前预警存在明显不同，且本发明的算法中采用希尔伯特-黄方法直接得到时频结合信息，与此发明中分别得到时域与频域信息的做法有根本不同。

发明内容

鉴于以上所述现有技术的缺点，本发明的目的在于提供海洋浮式结构物参数共振运动的预警方法、装置、介质及设备，采用更高效的算法和更少的装置成本来实现参数共振运动的超前预警，以期能够在参数共振发生的初期运动幅值较小时，消耗很少的能量来高效地规避参数共振运动。

为实现上述目的及其他相关目的，本发明提供一种海洋浮式结构物参数共振运动的预警方法，包括：获取实时采集的所述海洋浮式结构物的不同自由度上的运动信号；将所述不同运动信号的时历数据线性叠加以得到合信号的时历数据；根据所述合信号的时历数据生成所述合信号的瞬时频率随时间变化的瞬时频率时历数据；从所述瞬时频率时历数据中辨识出频率突变；其中，所述频率突变是在参数共振运动发生时由至少两个自由度上的运动信号间的倍频关系引起的；根据所述频率突变计算得到参数共振运动发生的时刻以供进行预警。

于本发明一实施例中，根据所述合信号的时历数据生成所述合信号的瞬时频率随时间变化的瞬时频率时历数据是基于增量实时希尔伯特-黄算法实现的，包括：从所述合信号中筛选出所有局部对称于平均值零的模态函数；对筛选得到的模态函数进行希尔伯特变换以求得所述瞬时频率。

于本发明一实施例中，所述根据所述频率突变计算得到参数共振运动发生的时刻，包括：建立条件 Γ_1 及条件 Γ_2 ：

$$\Gamma_1: \begin{cases} f'_{MA}(t_h - \Delta t) > 0, f'_{MA}(t_h) < 0 \\ \forall t \in [0, \mu_1 T_{S2}], f'_{MA}(t_h + t) \leq 0 \\ \alpha = \frac{f_{MA}(t_h + \mu_1 T_{S2})}{f_{Average}(t_h)} \leq \alpha_{cr} \end{cases}$$

其中， $f_{MA}(t)$ 为瞬时频率， t_h 为吉布斯峰值点的时间， μ_1 为参数， T_{S2} 为目标运动信号的固有周期，频率下降幅度 α 表示频率相对于 $[0, t_h]$ 区间内的平均频率 $f_{Average}(t_h)$ 下降的幅度， α_{cr} 为预设的临界频率下降幅度；

$$\Gamma_2: \exists t \in [t_h, t_h + \mu_1 T_{S2}], \text{ such that } : -f'_{MA}(t) > \Theta_{PR}$$

其中, Θ_{PR} 为变化率阈值, 超过此阈值则表示有可能发生了参数共振运动, 低于此阈值则表示不是参数共振所引起的频率变化; 根据所述条件 Γ_1 和条件 Γ_2 , 计算得到参数共振运动发生的时刻 $t_p = t_h + \mu_1 T_{S2}$ 。

于本发明一实施例中, 所述变化率阈值 Θ_{PR} 设置为: 所述目标运动信号的固有频率及与所述目标运动信号形成倍频关系的运动信号的固有频率的差值与过渡时间的比值, 其中, 所述过渡时间为所述目标运动信号的固有周期及与所述目标运动信号形成倍频关系的运动信号的固有周期之和。

于本发明一实施例中, 在根据所述条件 Γ_1 和条件 Γ_2 计算得到参数共振运动发生的时刻之前, 对所述瞬时频率时历数据进行预处理以消除其中由数值误差造成的数据点; 将预处理后的瞬时频率时历数据作为瞬时频率 $f_{MA}(t)$, 代入所述条件 Γ_1 和条件 Γ_2 进行计算。

于本发明一实施例中, 所述预处理是基于移动平均算法实现的。

为实现上述目的及其他相关目的, 本发明提供一种海洋浮式结构物参数共振运动的预警装置, 包括: 信号采集模块, 用于获取实时采集的所述海洋浮式结构物的不同自由度上的运动信号; 信号处理模块, 用于将所述不同运动信号的时历数据线性叠加以得到合信号的时历数据; 根据所述合信号的时历数据生成所述合信号的瞬时频率随时间变化的瞬时频率时历数据; 从所述瞬时频率时历数据中辨识出频率突变; 其中, 所述频率突变是在参数共振运动发生时由至少两个自由度上的运动信号间的倍频关系引起的; 共振预警模块, 用于根据所述频率突变计算得到参数共振运动发生的时刻以供进行预警。

于本发明一实施例中, 所述信号处理模块根据所述合信号的时历数据生成所述瞬时频率时历数据是基于增量实时希尔伯特-黄算法实现的, 包括: 从所述合信号中筛选出所有局部对称于平均值零的模态函数; 对筛选得到的模态函数进行希尔伯特变换以求得所述瞬时频率。

于本发明一实施例中, 所述共振预警模块根据所述频率突变计算得到参数共振运动发生的时刻是通过以下方式实现的: 建立条件 Γ_1 及条件 Γ_2 :

$$\Gamma_1: \begin{cases} f'_{MA}(t_h - \Delta t) > 0, f'_{MA}(t_h) < 0 \\ \forall t \in [0, \mu_1 T_{S2}], f'_{MA}(t_h + t) \leq 0 \\ \alpha = \frac{f_{MA}(t_h + \mu_1 T_{S2})}{f_{Average}(t_h)} \leq \alpha_{cr} \end{cases}$$

其中, $f_{MA}(t)$ 为瞬时频率, t_h 为吉布斯峰值点的时间, μ_1 为参数, T_{S2} 为目标运动信号的固有周期, 频率下降幅度 α 表示频率相对于 $[0, t_h]$ 区间内的平均频率 $f_{Average}(t_h)$ 下降的幅度, α_{cr} 为预设的临界频率下降幅度;

$$\Gamma_2: \exists t \in [t_h, t_h + \mu_1 T_{S2}], \text{ such that } : -f'_{MA}(t) > \Theta_{PR}$$

其中， Θ_{PR} 为变化率阈值，超过此阈值则表示有可能发生了参数共振运动，低于此阈值则表示不是参数共振所引起的频率变化；根据所述条件 Γ_1 和条件 Γ_2 ，计算得到参数共振运动发生的时刻 $t_p = t_h + \mu_1 T_{S2}$ 。

于本发明一实施例中，所述变化率阈值 Θ_{PR} 设置为：所述目标运动信号的固有频率及与所述目标运动信号形成倍频关系的运动信号的固有频率的差值与过渡时间的比值，其中，所述过渡时间为所述目标运动信号的固有周期及与所述目标运动信号形成倍频关系的运动信号的固有周期之和。

于本发明一实施例中，所述装置还包括：数据预处理模块，用于在根据所述条件 Γ_1 和条件 Γ_2 计算得到参数共振运动发生的时刻之前，对所述瞬时频率时历数据进行预处理以消除其中由数值误差造成的数据点；将预处理后的瞬时频率时历数据作为瞬时频率 $f_{MA}(t)$ ，代入所述条件 Γ_1 和条件 Γ_2 进行计算。

于本发明一实施例中，所述预处理是基于移动平均算法实现的。

为实现上述目的及其他相关目的，本发明提供一种存储介质，其中存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器加载执行时，实现如上任一所述的海洋浮式结构物参数共振运动的预警方法。

为实现上述目的及其他相关目的，本发明提供一种电子设备，包括：处理器、及存储器；其中，所述存储器用于存储计算机程序；所述处理器用于加载执行所述计算机程序，以使所述电子设备执行如上任一所述的海洋浮式结构物参数共振运动的预警方法。

为实现上述目的及其他相关目的，本发明提供一种海洋浮式结构物参数共振运动的预警系统，包括：角运动检测装置，设置于所述海洋浮式结构物，用于实时采集所述海洋浮式结构物的不同自由度上的运动信号；如上所述的电子设备，通信连接所述角运动检测装置。

如上所述，本发明的海洋浮式结构物参数共振运动的预警方法、装置及设备，相较于专利 KR100827396B1，选用了更高效的算法和更少的装置成本来实现参数共振运动的超前预警；相较于专利 WO2010118752A1，采用了 IR-HHT 算法来获取运动时频信息，以进行参数共振运动的超前预警。此外，本发明还在预警的时效性上进行专门设计，能够在参数共振发生的初期运动幅值较小时进行参数共振运动的超前预警，如此便可以通过消耗很少的能量来高效地规避参数共振运动。

附图说明

图 1 显示为本发明一实施例中的海洋浮式结构物参数共振运动的场景示意图。

图 2 显示为本发明模型实验中的纵摇运动信号 S1 和横摇运动信号 S2 的时历数据图。

图 3 显示为本发明一实施例中的海洋浮式结构物参数共振运动的预警硬件装置示意图。

图 4 显示为本发明一实施例中的海洋浮式结构物参数共振运动的预警方法示意图。

图 5 显示为本发明一实施例中的增量实时希尔伯特-黄 (IR-HHT) 算法流程图。

图 6 显示为本发明一实施例中的瞬时频率曲线 $f(t)$ 及其移动平均 $f_{MA}(t)$ 和变化率 $-10f'_{MA}(t)$ 的示意图。

图 7 显示为本发明模型实验中得到的参数横摇超前预警的仿真结果图。

图 8 显示为本发明一实施例中的海洋浮式结构物参数共振运动的预警软件装置示意图。

具体实施方式

以下通过特定的具体实例说明本发明的实施方式，本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点与功效。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用，本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用，在没有背离本发明的精神下进行各种修饰或改变。需说明的是，在不冲突的情况下，以下实施例及实施例中的特征可以相互组合。

需要说明的是，以下实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本发明的基本构想，遂图式中仅显示与本发明中有关的组件而非按照实际实施时的组件数目、形状及尺寸绘制，其实际实施时各组件的型态、数量及比例可为一种随意的改变，且其组件布局型态也可能更为复杂。

本发明提供一种用于海洋浮式结构物（如：船舶、海洋平台和海上浮式风机等）参数共振运动的超前预警算法和装置，采用更高效的算法和更少的装置成本来实现参数共振运动的超前预警，以期能够在参数共振发生的初期运动幅值较小时，消耗很少的能量来高效地规避参数共振运动。

如图 1 所示，海洋浮式结构物 2 在波浪 1 的激励下进行六自由度振荡运动，包括： x 纵荡、 y 横荡、 z 垂荡、 φ 横摇、 θ 纵摇、 ψ 艏摇。

参数共振运动发生时，海洋浮式结构物在某些自由度上做波频运动，而在某些自由度上做低频的共振运动，两类不同频率的运动间存在倍频关系，如：船舶发生参数横摇时纵摇和垂荡运动与横摇运动间的倍频关系、Spar 平台大幅纵摇时垂荡与纵摇运动间的倍频关系等。

以下将以船舶的参数横摇为例，阐明参数共振运动及其倍频关系的机理。

船舶参数横摇是由于纵浪中横摇回复力的非线性周期性变化而引起的参数自激振动，简化为如下形式的马休方程：

$$\varphi'' + 2\zeta\varphi' + (\omega_0^2 + \varepsilon\cos\omega t)\varphi = 0$$

其中， φ 为横摇角， ζ 为阻尼系数， ω_0 和 ω 分别表示横摇固有频率和波浪遭遇频率， ε 为横摇回复力幅值， $\varepsilon\cos\omega t$ 项为周期性变化的横摇回复力。当 ζ 和 ε 较小时，在 $\omega=2\omega_0$ 即纵摇频率为横摇固有频率的两倍附近，存在一个不稳定边界，这便是参数共振运动发生时满足的倍频关系。

图 2 显示了模型实验中得到的参数共振运动发生时处于倍频关系中的纵摇运动信号 S1（见 11）和横摇运动信号 S2（见 10）的时间历经曲线。从图 2 中可以看出，在两条虚竖线之间，信号 S2 完成了一个周期的振荡运动，而信号 S1 完成了两个周期的振荡运动，这表明了参数共振条件的形成。与此同时，信号 S2 的幅值迅速增大，形成大幅剧烈运动，这对海洋浮式结构物的安全构成了极大威胁。

从图 2 中还可以看出，在信号 S2 幅值还较小时，S1 和 S2 间的这种倍频关系也已形成。因此，本发明通过在共振初期运动幅值较小时辨识出这种倍频关系，从而进行参数共振的早期预警。

参阅图 3，本发明提供的海洋浮式结构物参数共振运动的预警装置主要包括：运动检测装置、及与运动检测装置电连接的电子设备，其中，运动检测装置优选为：六轴陀螺仪 301；电子设备是包括处理器（CPU/MCU/SOC）、存储器（ROM/RAM）、输入/输出接口（总线接口/通信接口）和系统总线的设备，优选为：微型主控电脑 302。在实际的船舶应用场景中，运动检测装置和电子设备可以安装在船舶的设备容器箱（如图 1 的标号 4）中，并与安装在船舶驾驶室的预警监视器（如图 1 的标号 3）通信连接。

如图 4 所示，在本发明一实施过程中，海洋浮式结构物在波浪的激励下做振荡运动，六轴陀螺仪 301 实时采集可能发生参数共振的两个相关运动信号 S1 和 S2 的时历，并将其传输至微型主控电脑 302 中。微型主控电脑 302 集成有参数共振运动的超前预警算法，该算法首先将两个信号时历进行线性叠加得到合信号时历 $x(t)=S1+S2$ ；然后，基于增量实时希尔伯特-黄（Incremental Real-time Hilbert-Huang Transform，简称 IR-HHT）算法对合信号时历 $x(t)$ 进行分析，以得到含有两个运动信号时频信息的瞬时频率（Instantaneous Frequency，简称 IF）；随后，该算法对得到的瞬时频率进行分析，通过辨识其中由参数共振引起的频率突变，从而得到预警结果；最后，将预警结果通过无线信号 7 传输至驾驶室的预警监视器中。当预警信号显示发生参数共振时，可采取相应措施进行参数共振运动的规避。

以下将详细说明本发明的海洋浮式结构物参数共振运动的预警方法的原理。

在 IR-HHT 算法中, 假设任何复杂信号都可以分解为有限数目且具有一定物理意义的固有模态函数 (Intrinsic Mode Function, IMF)。为了得到 IMF, 本算法中采用一种称为经验模态分解 (Empirical Mode Decomposition, EMD) 的筛选过程, 借助不断重复的筛选程序来逐步找出从高到低不同频率的一系列 IMF。为了 IMF 具有一定的物理意义, 应满足两个条件:

- 1) 曲线上局部极大值和极小值的数量之和须与零点的数量相等或是至多相差 1;
- 2) 在任意时刻, 对局部极大值组成的包络线与局部极小值组成的包络线取均值要接近于零。

第一个条件保证了 IMF 是窄带的, 第二个条件保证了 IMF 没有零点偏移。这两个条件保证了 IMF 能够在局部对称于平均值零, 使其类似于弦值函数 (sinusoid-like), 但其周期与振幅不同于弦值函数, 可能会发生变化。对这些类似弦值函数的 IMF 直接使用 Hilbert 变换, 可以求得有意义的瞬时频率 IF。

IR-HHT 方法中的 EMD 过程如图 5 所示, 具体的, 对于一个原始信号 $x(t)$:

步骤 1. 初始化 $r_0(t)=x(t)$, $i=1$;

步骤 2. 分解第 i 个 IMF, 包括:

A. 初始: $h_0(t)=r_i(t)$, $k=1$;

B. 找出 $h_0(t)$ 所有局部极大值以及局部极小值 $h_{k-1}(t)$, 若无新的极值, 则跳至步骤 D;

C. 采用 Hermite 插值, 分别将局部极大值和极小值串连成上下包络线;

D. 计算上下包络线之平均, 得到均值包络线 $m_{k-1}(t)$;

E. $h_k(t)=h_{k-1}(t)-m_{k-1}(t)$;

F. 检查 $h_k(t)$ 是否符合 IMF 的条件; 如果符合, $IMF_i(t)=h_k(t)$, 继续步骤 3; 如果不符合, 回到步骤 B 并令 $k=k+1$;

步骤 3. 定义 $r_i(t)=r_{i-1}(t)-IMF_i(t)$;

步骤 4. 如果 $r_i(t)$ 中依然含有至少两个极大值, 则继续步骤 2 并令 $i=i+1$; 否则结束, $r_i(t)$ 为 $x(t)$ 的平均趋势分量。

若无法再分解出 IMF, 则视为完成了 EMD 筛选过程。信号 $x(t)$ 等于这 n 个 IMF 与一个平均趋势的叠加:

$$x(t) = \sum_{i=1}^n IMF_i + r(t)$$

如此, 信号 $x(t)$ 便分解成频率由高到低的 n 个 IMF 和一个趋势函数, 对包含信号 S1 和 S2 的 IMF 做 Hilbert 变换来得到瞬时频率 IF。图 6 为图 2 中信号 S1 和 S2 的合信号 $x(t)$ 的瞬

时频率 IF 曲线 $f(t)$ (见 12)。从曲线中可以看出, 参数共振运动发生时由倍频关系引起瞬时频率 IF 发生突变, IF 由信号 S1 的频率下降到信号 S2 的频率 (频率突变前信号 S1 的频率占主导, 频率突变后信号 S2 的频率占主导)。本发明将基于这一瞬时频率 IF 的突变设计超前预警算法来预报参数共振发生的时刻。

首先, 引入移动平均 (Moving Average) 方法对 IF 曲线 $f(t)$ 进行预处理以消除图 6 曲线中数值误差造成的尖点。通过移动平均得到的瞬时频率 $f_{MA}(t)$ (见 13) 及其变化率 $-10f'_{MA}(t)$ 的绘制如图 6 所示。由此, 基于瞬时频率 $f_{MA}(t)$ 来设计参数共振运动的超前预警算法, 算法中包括了两个条件: 频率变化条件 Γ_1 和变化率条件 Γ_2 。

频率变化条件 Γ_1 用于辨识参数共振发生时的频率突变。根据吉布斯现象 (Gibbs phenomenon), 频率上的不连续会在瞬时频率中体现为峰值点 (hump) (见 14), 如图 6 中所示。超前预警算法中基于这一峰值点来设计了频率变化条件 Γ_1 :

$$\begin{cases} f'_{MA}(t_h - \Delta t) > 0, f'_{MA}(t_h) < 0 \\ \forall t \in [0, \mu_1 T_{S2}], f'_{MA}(t_h + t) \leq 0 \\ \alpha = \frac{f_{MA}(t_h + \mu_1 T_{S2})}{f_{Average}(t_h)} \leq \alpha_{cr} \end{cases}$$

其中, 第一行条件将瞬时频率的极大值点作为可能的吉布斯峰值点, t_h 为峰值点的时间; 第二行则用于判定在区间 $[0, \mu_1 T_{S2}]$ 瞬时频率是否处于下降阶段, 其中 μ_1 为参数, 优选的, 设为 0.8~1; 第三行中, 频率下降幅度 α 表示频率相对于 $[0, t_h]$ 区间内的平均频率 $f_{Average}(t_h)$ 下降的幅度, 临界频率下降幅度 α_{cr} 优选的设为 0.5 附近, 这也是参数共振运动发生时信号 S2 频率和信号 S1 频率的比值。由此, 公式通过确定吉布斯峰值点后频率下降的幅度建立了频率变化条件 Γ_1 。

由于瞬时频率的突变也可能发生在缓慢的海况变化中, 因此引入变化率条件 Γ_2 作为另一个判定标准。首先, 需要设定一个变化率阈值 Θ_{PR} , 超过此阈值则有可能发生参数共振运动, 低于阈值则不是参数共振所引起的频率变化。

当参数共振发生时, 合信号 $x(t)$ 的瞬时频率会在一定的过渡时间 t_{tran} 内从信号 S1 的频率 f_{S1} 下降至信号 S2 的频率 f_{S2} 。由此, 可设定变化率阈值 Θ_{PR} :

$$\Theta_{PR} = \frac{f_{S1} - f_{S2}}{t_{tran}} = \frac{\frac{2}{T_{S2}} - \frac{1}{T_{S2}}}{\frac{T_{S2} + T_{S2}/2}{2}} = \frac{2}{3T_{S2}^2}$$

其中, 信号 S1 和 S2 的周期满足 $T_{S1} = T_{S2}/2$; 过渡时间 t_{tran} 设为一个 S1 周期和一个 S2 周期之和。最终, 设定变化率条件 Γ_2 :

$$\exists t \in [t_h, t_h + \mu_1 T_{S2}], \text{ such that } : -f'_{MA}(t) > \Theta_{PR} = \frac{2}{3T_{S2}^2}$$

其中，变化率阈值 Θ_{PR} 若设置的太小则海况变化引起的瞬时频率缓慢变化会被错误的预报，太大则可能无法预报参数横摇。

至此，基于 IR-HHT 方法得到的瞬时频率应用频率变化条件 Γ_1 和变化率条件 Γ_2 组成的超前预警算法可以进行参数横摇的预报，参数横摇在 t_p 时刻发生： $t_p = t_h + \mu_1 T_{S2}$ 。

将本发明的参数共振运动超前预警算法和装置安装于某集装箱船的模型中进行了集装箱船参数横摇的超前预警，通过实验对发明的效果进行了验证，预警结果如图 7 所示。

图 7 展示了 4 个工况的实验结果，每个工况结果中包括了实验中六轴陀螺仪采集的横摇角 15 和纵摇角 16 的时历以及 IR-HHT 算法得到的瞬时频率 17。另外，图 7 中还包括了纵摇频率 f_θ （见 18）和横摇固有频率 f_{roll} （见 19）。

从图 7 中可以看出，参数横摇发生时横摇角 15 不断增大，瞬时频率 17 由纵摇频率 18 突变至横摇固有频率 19，超前预警算法预警到了参数横摇发生的时刻 20。此时，参数横摇的幅值还较小。

通过实验结果可见，本发明提出的参数共振运动超前预警的算法和装置能够在参数共振运动幅值较小时进行预报，以便采取相应的规避措施，能够有效地保障海洋浮式结构物的安全性。

除此之外，本发明还包括一种存储介质，所述存储介质包括：ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质，其中存储有计算机程序，该计算机程序在被处理器加载执行时，实现前述实施例中海洋浮式结构物参数共振运动的预警方法的全部或部分步骤。由于前述实施例中的技术特征可以应用于本实施例，因而不重复赘述。

具体的，如图 8 所示，该计算机程序基于以下模块实现：

信号采集模块 801 获取实时采集的所述海洋浮式结构物的不同自由度上的运动信号。

信号处理模块 802 首先将所述不同运动信号的时历数据线性叠加以得到合信号的时历数据。然后，根据所述合信号的时历数据生成所述合信号的瞬时频率随时间变化的瞬时频率时历数据，例如：基于增量实时希尔伯特-黄算法分析所述合信号的时历以获取含有所述合信号的时频信息的瞬时频率，包括：从所述合信号中筛选（如基于经验模态分解算法）出所有局部对称于平均值零的模态函数；对筛选得到的模态函数进行希尔伯特变换以求得所述瞬时频率。随后，从所述瞬时频率时历数据中辨识出在参数共振运动发生时由至少两个自由度上的运动信号间的倍频关系引起频率突变。

共振预警模块 803 根据所述频率突变计算得到参数共振运动发生的时刻以供进行预警，例如：对所述瞬时频率的曲线进行预处理（如：基于移动平均算法）以消除误差数据点；根据所述预处理后的瞬时频率 $f_{MA}(t)$ ，建立条件 Γ_1 及条件 Γ_2 ：

$$\Gamma_1: \begin{cases} f'_{MA}(t_h - \Delta t) > 0, f'_{MA}(t_h) < 0 \\ \forall t \in [0, \mu_1 T_{S2}], f'_{MA}(t_h + t) \leq 0 \\ \alpha = \frac{f_{MA}(t_h + \mu_1 T_{S2})}{f_{Average}(t_h)} \leq \alpha_{cr} \end{cases}$$

其中， t_h 为吉布斯峰值点的时间， μ_1 为参数，频率下降幅度 α 表示频率相对于 $[0, t_h]$ 区间内的平均频率 $f_{Average}(t_h)$ 下降的幅度， α_{cr} 为预设的临界频率下降幅度。

$$\Gamma_2: \exists t \in [t_h, t_h + \mu_1 T_{S2}], \text{ such that } -f'_{MA}(t) > \Theta_{PR}$$

其中， Θ_{PR} 为变化率阈值，超过此阈值则表示有可能发生了参数共振运动，低于此阈值则表示不是参数共振所引起的频率变化。可选的，所述变化率阈值 Θ_{PR} 设置为：目标运动信号的固有频率及与所述目标运动信号形成倍频关系的运动信号的固有频率的差值与过渡时间的比值，其中，所述过渡时间为所述目标运动信号的固有周期及与所述目标运动信号形成倍频关系的运动信号的固有周期之和。

此时，计算得到参数共振运动发生的时刻 $t_p = t_h + \mu_1 T_{S2}$ 。

至此，基于 IR-HHT 方法得到的瞬时频率应用频率变化条件 Γ_1 和变化率条件 Γ_2 组成的超前预警算法可以进行参数横摇的预报，参数横摇在 t_p 时刻发生： $t_p = t_h + \mu_1 T_{S2}$ 。

综上所述，本发明的用于检测海洋浮式结构物的参数共振运动的预警方法、装置、存储介质及设备，有效克服了现有技术中的种种缺点而具高度产业利用价值。

上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效，而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下，对上述实施例进行修饰或改变。因此，举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变，仍应由本发明的权利要求所涵盖。

权利要求书

- 1、一种海洋浮式结构物参数共振运动的预警方法，其特征在于，包括：

获取实时采集的所述海洋浮式结构物的不同自由度上的运动信号；

将所述不同运动信号的时历数据线性叠加以得到合信号的时历数据；

根据所述合信号的时历数据生成所述合信号的瞬时频率随时间变化的瞬时频率时历数据；

从所述瞬时频率时历数据中辨识出频率突变；其中，所述频率突变是在参数共振运动发生时由至少两个自由度上的运动信号间的倍频关系引起的；

根据所述频率突变计算得到参数共振运动发生的时刻以供进行预警。

- 2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，根据所述合信号的时历数据生成所述瞬时频率时历数据是基于增量实时希尔伯特-黄算法实现的。

- 3、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述根据所述频率突变计算得到参数共振运动发生的时刻，包括：

建立条件 Γ_1 及条件 Γ_2 ：

$$\Gamma_1: \begin{cases} f'_{MA}(t_h - \Delta t) > 0, f'_{MA}(t_h) < 0 \\ \forall t \in [0, \mu_1 T_{S2}], f'_{MA}(t_h + t) \leq 0 \\ \alpha = \frac{f_{MA}(t_h + \mu_1 T_{S2})}{f_{Average}(t_h)} \leq \alpha_{cr} \end{cases}$$

其中， $f_{MA}(t)$ 为瞬时频率， t_h 为吉布斯峰值点的时间， μ_1 为参数， T_{S2} 为目标运动信号的固有周期，频率下降幅度 α 表示频率相对于 $[0, t_h]$ 区间内的平均频率 $f_{Average}(t_h)$ 下降的幅度， α_{cr} 为预设的临界频率下降幅度；

$$\Gamma_2: \exists t \in [t_h, t_h + \mu_1 T_{S2}], \text{ such that } : -f'_{MA}(t) > \Theta_{PR}$$

其中， Θ_{PR} 为变化率阈值，超过此阈值则表示有可能发生了参数共振运动，低于此阈值则表示不是参数共振所引起的频率变化；

根据所述条件 Γ_1 和条件 Γ_2 ，计算得到参数共振运动发生的时刻 $t_p = t_h + \mu_1 T_{S2}$ 。

- 4、根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述变化率阈值 Θ_{PR} 设置为：所述目标运动信号的固有频率及与所述目标运动信号形成倍频关系的运动信号的固有频率的差值与过渡时间的比值，其中，所述过渡时间为所述目标运动信号的固有周期及与所述目标运动信号形成倍频关系的运动信号的固有周期之和。

- 5、根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，在根据所述条件 Γ_1 和条件 Γ_2 计算得到参数共

振运动发生的时刻之前,还包括:

对所述瞬时频率时历数据进行预处理以消除其中由数值误差造成的数据点;

将预处理后的瞬时频率时历数据作为瞬时频率 $f_{MA}(t)$, 代入所述条件 Γ_1 和条件 Γ_2 进行计算。

6、根据权利要求 5 所述的方法,其特征在于,所述预处理是基于移动平均算法实现的。

7、一种海洋浮式结构物参数共振运动的预警装置,其特征在于,包括:

信号采集模块,用于获取实时采集的所述海洋浮式结构物的不同自由度上的运动信号;

信号处理模块,用于将所述不同运动信号的时历数据线性叠加以得到合信号的时历数据;根据所述合信号的时历数据生成所述合信号的瞬时频率随时间变化的瞬时频率时历数据;从所述瞬时频率时历数据中辨识出频率突变;其中,所述频率突变是在参数共振运动发生时由至少两个自由度上的运动信号间的倍频关系引起的;

共振预警模块,用于根据所述频率突变计算得到参数共振运动发生的时刻以供进行预警。

8、根据权利要求 7 所述的装置,其特征在于,所述信号处理模块根据所述合信号的时历数据生成所述瞬时频率时历数据是基于增量实时希尔伯特-黄算法实现的。

9、根据权利要求 7 所述的装置,其特征在于,所述共振预警模块根据所述频率突变计算得到参数共振运动发生的时刻是通过以下方式实现的:

建立条件 Γ_1 及条件 Γ_2 :

$$\Gamma_1: \begin{cases} f'_{MA}(t_h - \Delta t) > 0, f'_{MA}(t_h) < 0 \\ \forall t \in [0, \mu_1 T_{S2}], f'_{MA}(t_h + t) \leq 0 \\ \alpha = \frac{f_{MA}(t_h + \mu_1 T_{S2})}{f_{Average}(t_h)} \leq \alpha_{cr} \end{cases}$$

其中, $f_{MA}(t)$ 为瞬时频率, t_h 为吉布斯峰值点的时间, μ_1 为参数, T_{S2} 为目标运动信号的固有周期, 频率下降幅度 α 表示频率相对于 $[0, t_h]$ 区间内的平均频率 $f_{Average}(t_h)$ 下降的幅度, α_{cr} 为预设的临界频率下降幅度;

$$\Gamma_2: \exists t \in [t_h, t_h + \mu_1 T_{S2}], \text{ such that } : -f'_{MA}(t) > \Theta_{PR}$$

其中, Θ_{PR} 为变化率阈值, 超过此阈值则表示有可能发生了参数共振运动, 低于此阈值则表示不是参数共振所引起的频率变化;

根据所述条件 Γ_1 和条件 Γ_2 , 计算得到参数共振运动发生的时刻 $t_p = t_h + \mu_1 T_{S2}$ 。

- 10、根据权利要求 9 所述的装置，其特征在于，所述变化率阈值 Θ_{PR} 设置为：所述目标运动信号的固有频率及与所述目标运动信号形成倍频关系的运动信号的固有频率的差值与过渡时间的比值，其中，所述过渡时间为所述目标运动信号的固有周期及与所述目标运动信号形成倍频关系的运动信号的固有周期之和。
- 11、根据权利要求 9 所述的装置，其特征在于，还包括：数据预处理模块，用于在所述共振预警模块计算所述参数共振运动发生的时刻之前，对所述瞬时频率时历数据进行预处理以消除其中由数值误差造成的数据点；将预处理后的瞬时频率时历数据作为瞬时频率 $f_{MA}(t)$ ，代入所述条件 Γ_1 和条件 Γ_2 进行计算。
- 12、根据权利要求 11 所述的装置，其特征在于，所述预处理是基于移动平均算法实现的。
- 13、一种存储介质，其中存储有计算机程序，其特征在于，所述计算机程序被处理器加载执行时，实现如权利要求 1 至 6 中任一所述的海洋浮式结构物参数共振运动的预警方法。
- 14、一种电子设备，其特征在于，包括：处理器、及存储器；其中，
所述存储器用于存储计算机程序；
所述处理器用于加载执行所述计算机程序，以使所述电子设备执行如权利要求 1 至 6 中任一所述的海洋浮式结构物参数共振运动的预警方法。
- 15、一种海洋浮式结构物参数共振运动的预警系统，其特征在于，包括：
角运动检测装置，设置于所述海洋浮式结构物，用于实时采集所述海洋浮式结构物的不同自由度上的运动信号；
如权利要求 14 所述的电子设备，通信连接所述角运动检测装置。

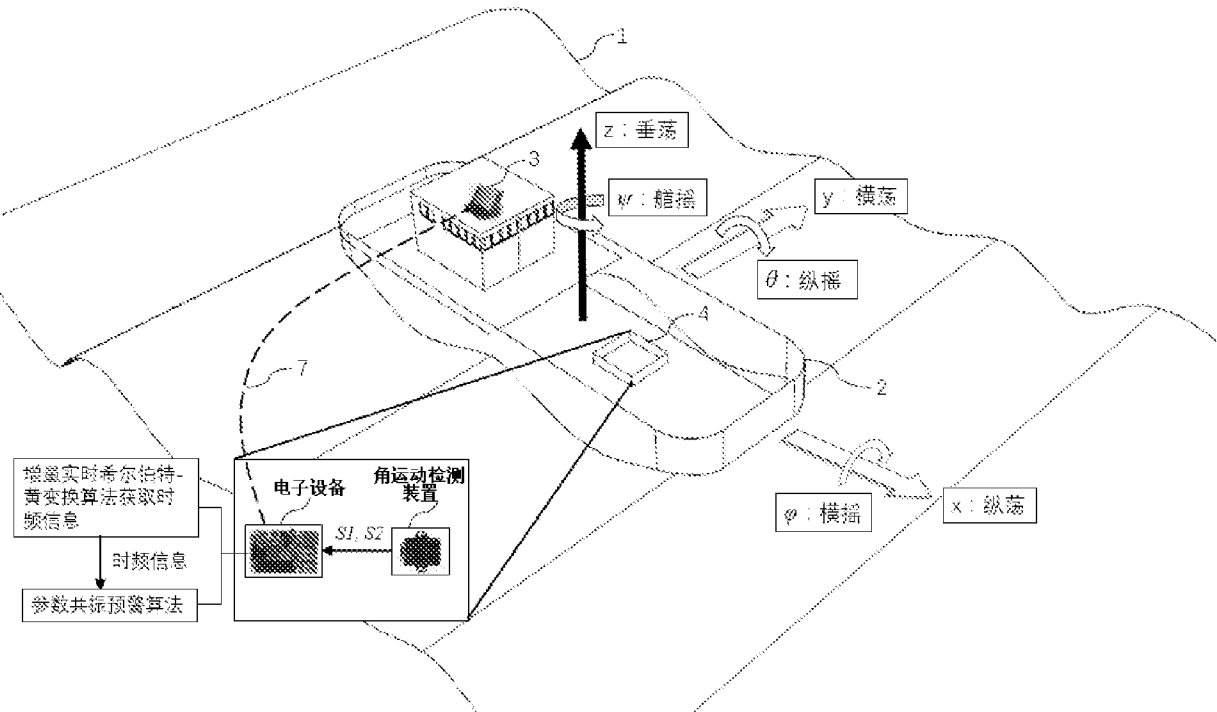


图 1

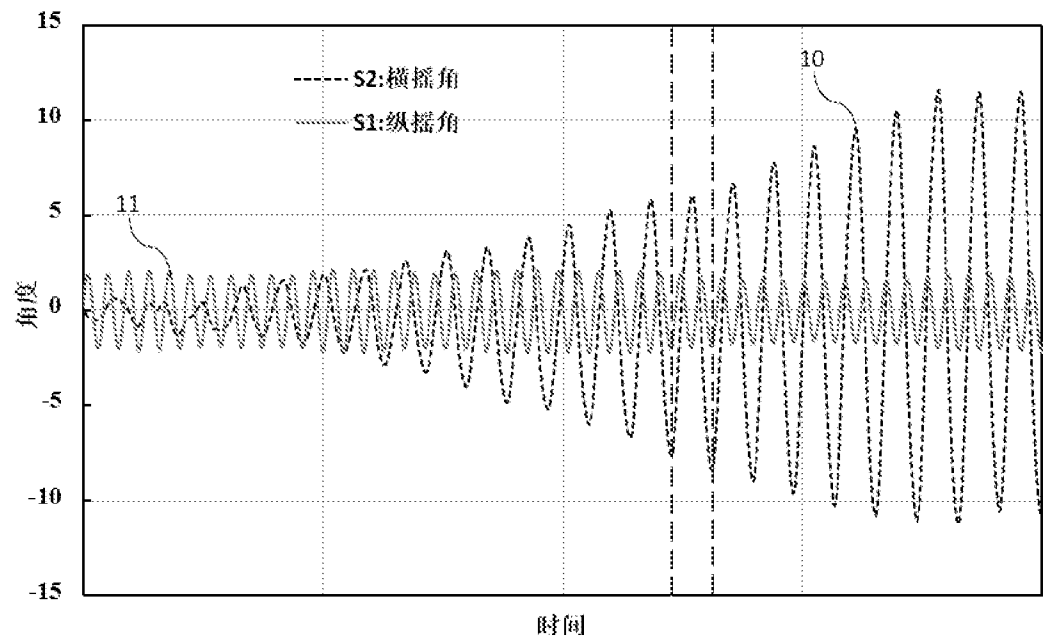


图 2

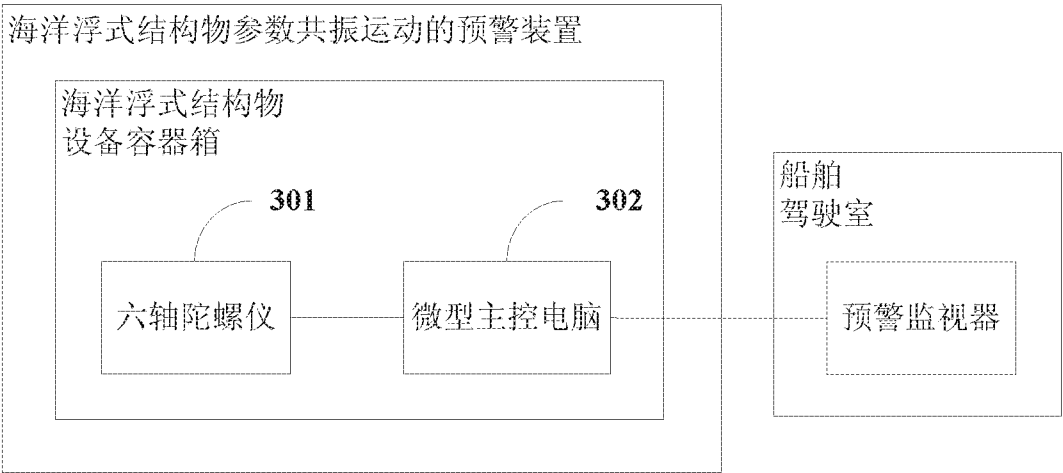


图 3

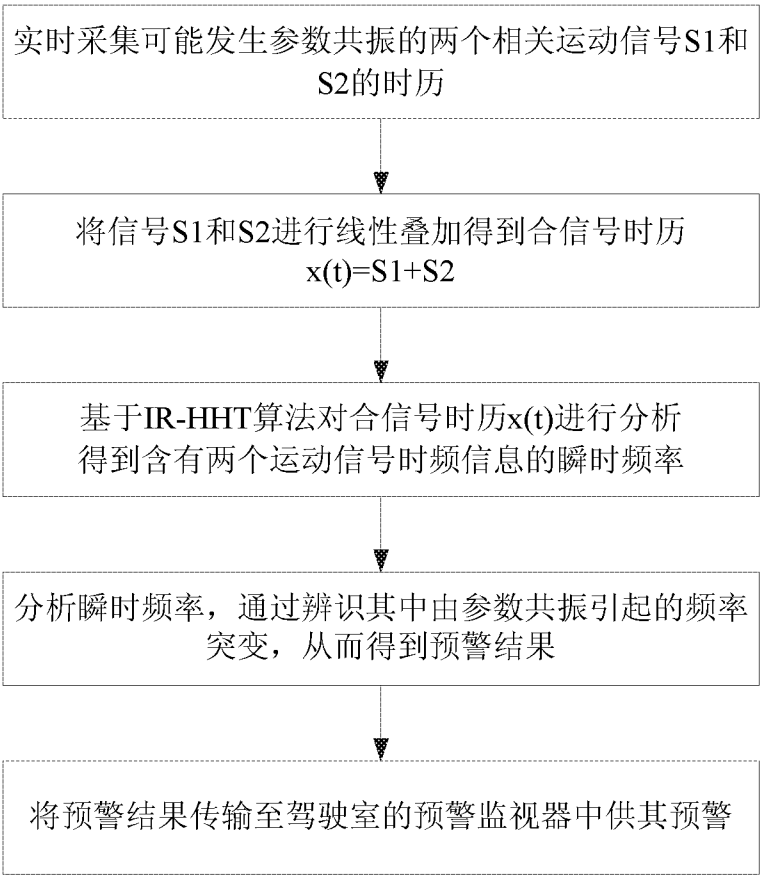


图 4

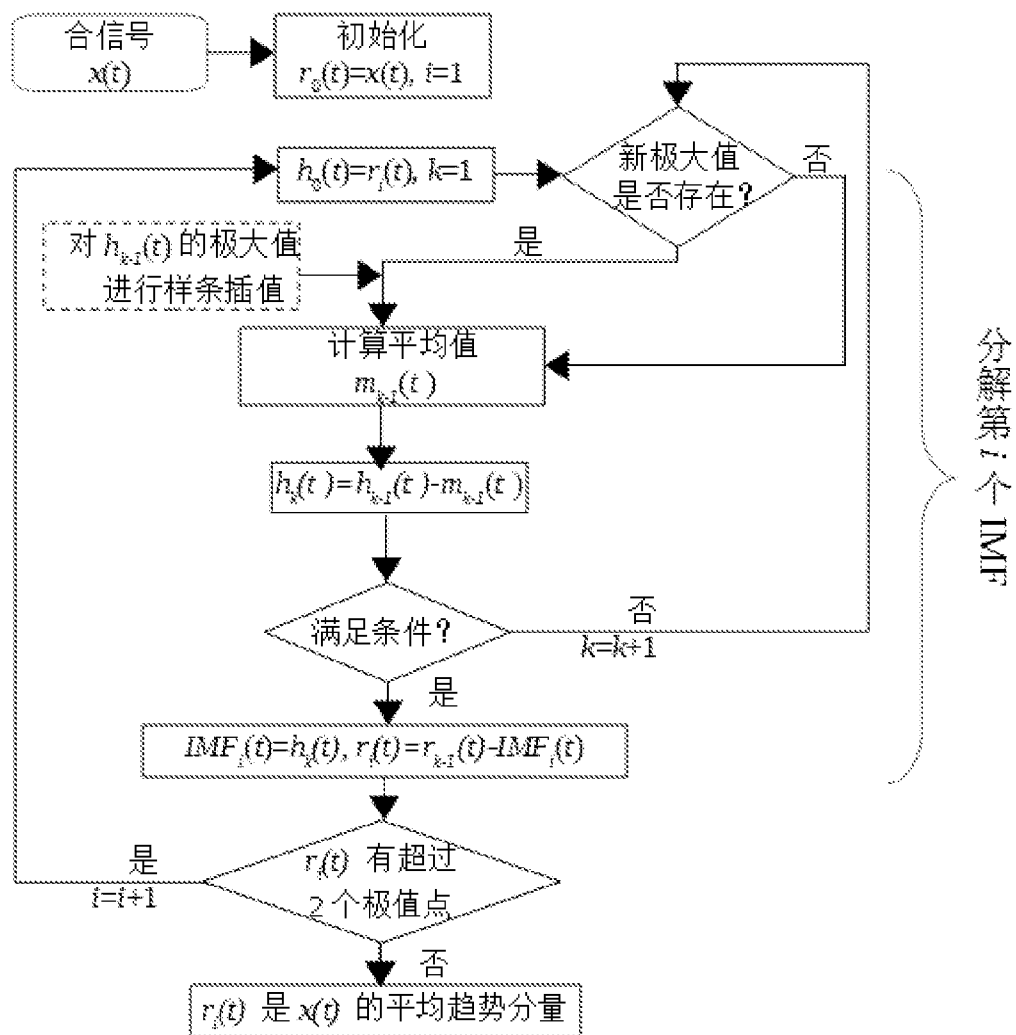


图 5

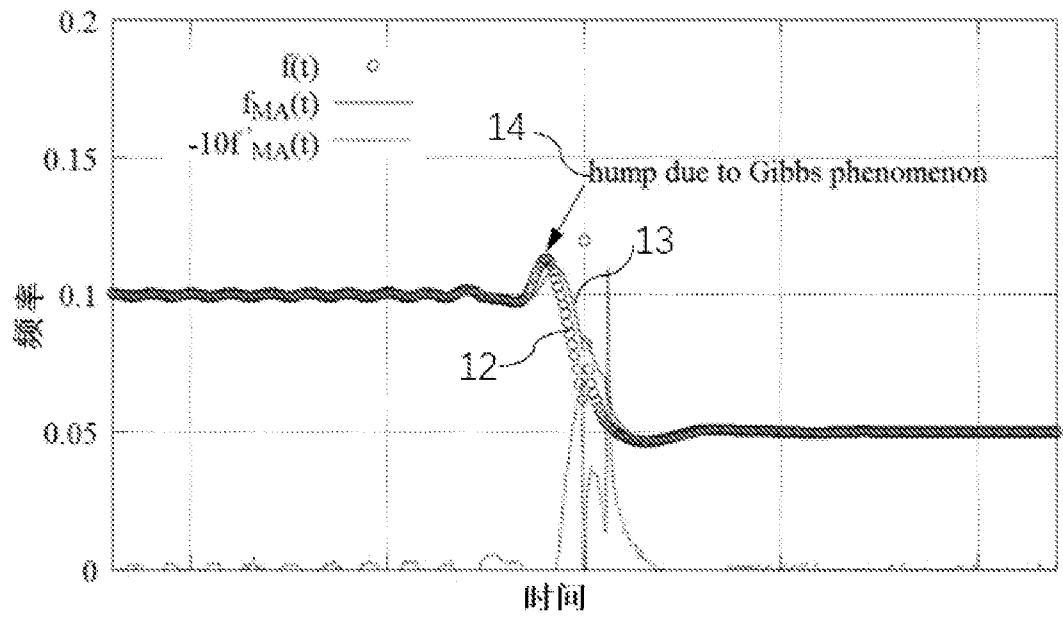


图 6

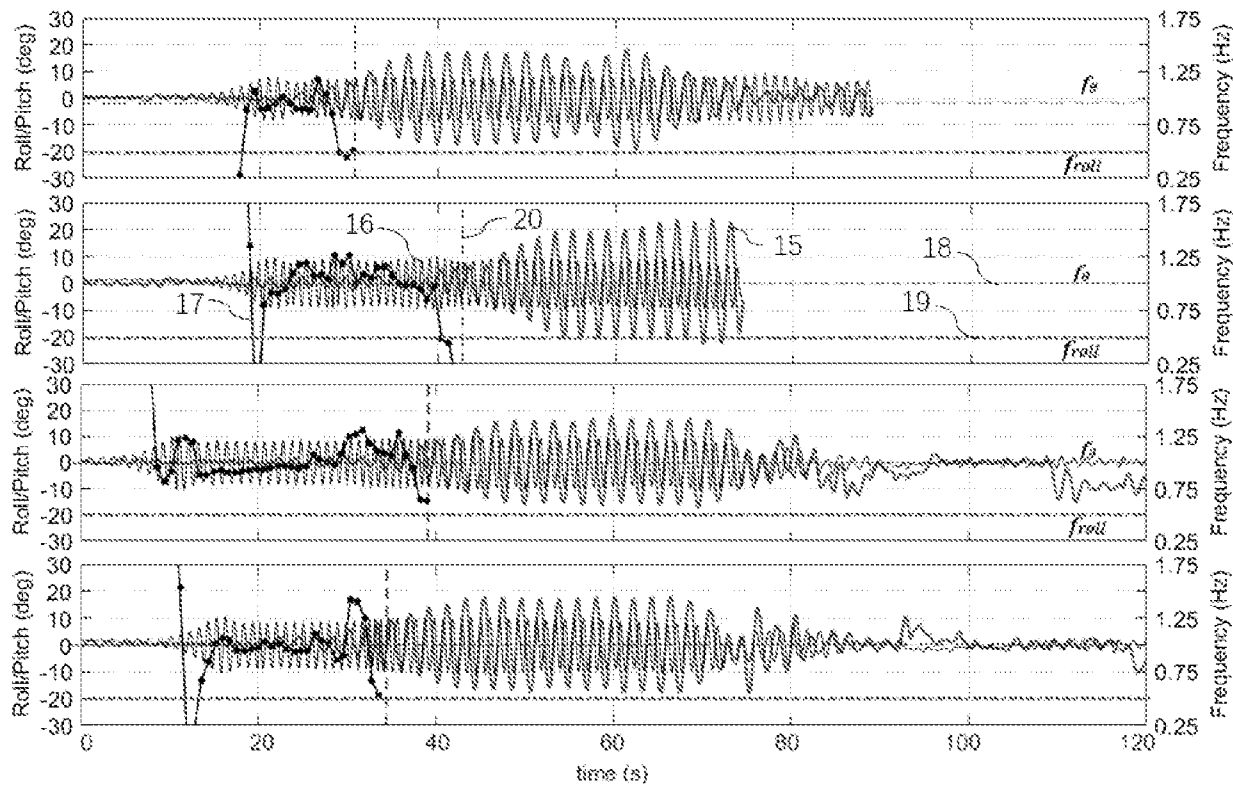


图 7

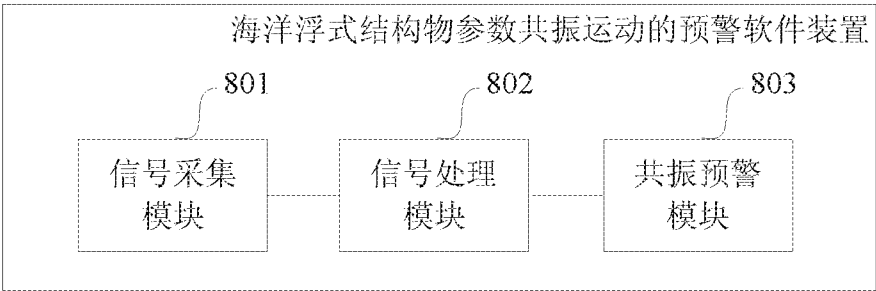


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/099596

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05D 1/08 (2006.01) i; G05B 13/04 (2006.01) i; B63B 39/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G05D; G05B; B63B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI, CNPAT, VEN, IEEE, 上海交通大学, 横滨国立大学, 马宁, 于立伟, 海, 船, 平台, 结构物, 参数, 共振, 横摇, 纵摇, 升沉, 垂荡, 频域, 希尔伯特, 翻, 预测, 预警, ocean, sea, ship, boat, paramet+, vibration, resonance, roll, frequency, HHT, Hilbert, over, warn, predict

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	林焰 等. “基于 HHT 的船舶非线性横摇运动响应特性研究”, 船舶工程, 35(S1), 15 July 2013 (15.07.2013), ISSN: 1000-6982, pages 22-24 and 183, (LIN, Yan et al., “Research on the Dynamical Characters of Nonlinear Ship Rolling Response Based on Hilbert-Huang Transform”, Ship Engineering)	1-15
A	CN 104881040 A (CHANGSHA UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY), 02 September 2015 (02.09.2015), entire document	1-15
A	EP 2419804 B1 (DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET), 27 November 2013 (27.11.2013), entire document	1-15
A	于立伟 等. “基于统一模型的船舶迎浪参数横摇数值预报及其舵减摇研究”, 船舶力学, 20(04), 15 April 2016 (15.04.2016), ISSN: 1007-7294, pages 410-418, (YU, Liwei et al., “Numerical Predictions of Head Sea Parametric Roll and Its Rubber Stabilization Based on the Unified Model”, Journal of Ship Mechanics)	1-15
A	唐友刚 等. “船舶超谐共振响应运动”, 中国造船, 43(04), 25 December 2002 (25.12.2002), ISSN: 1000-4882, pages 19-24, (TANG, You'gang et al., “Ship Super-harmonic Resonance Response”, Shipbuilding of China)	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report 22 March 2018
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer LI, Jing Telephone No. (86-10) 53962617

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/099596

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104881040 A	02 September 2015	CN 104881040 B	26 January 2018
EP 2419804 B1	27 November 2013	DK 2419804 T3	24 February 2014
		WO 2010118752 A1	21 October 2010
		EP 2419804 A1	22 February 2012

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/099596

A. 主题的分类 G05D 1/08(2006.01)i; G05B 13/04(2006.01)i; B63B 39/00(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G05D; G05B; B63B 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNKI, CNPAT, VEN, IEEE, 上海交通大学, 横滨国立大学, 马宁, 于立伟, 海, 船, 平台, 结构物, 参数, 共振, 横摇, 纵摇, 升沉, 垂荡, 频域, 希尔伯特, 翻, 预测, 预警, ocean, sea, ship, boat, paramet+, vibration, resonance, roll, frequency, HHT, Hilbert, over, warn, predict		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	林焰 等. "基于HHT的船舶非线性横摇运动响应特性研究" 船舶工程, 第35卷, 第S1期, 2013年 7月 15日 (2013 - 07 - 15), ISSN: 1000-6982, 第22-24、183页	1-15
A	CN 104881040 A (长沙理工大学) 2015年 9月 2日 (2015 - 09 - 02) 全文	1-15
A	EP 2419804 B1 (DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET) 2013年 11月 27日 (2013 - 11 - 27) 全文	1-15
A	于立伟 等. "基于统一模型的船舶迎浪参数横摇数值预报及其舵减摇研究" 船舶力学, 第20卷, 第04期, 2016年 4月 15日 (2016 - 04 - 15), ISSN: 1007-7294, 第410-418页	1-15
A	唐友刚 等. "船舶超谐共振响应运动" 中国造船, 第43卷, 第04期, 2002年 12月 25日 (2002 - 12 - 25), ISSN: 1000-4882, 第19-24页	1-15
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 "T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期 2018年 3月 22日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 李璟 电话号码 (86-10)53962617

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/099596

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	104881040	A	2015年 9月 2日	CN	104881040	B	2018年 1月 26日
EP	2419804	B1	2013年 11月 27日	DK	2419804	T3	2014年 2月 24日
				WO	2010118752	A1	2010年 10月 21日
				EP	2419804	A1	2012年 2月 22日