

## (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  
2020 年 3 月 12 日 (12.03.2020)



(10) 国际公布号  
**WO 2020/048090 A1**

(51) 国际专利分类号:  
**G01M 5/00** (2006.01) **G01M 99/00** (2011.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/073826

(22) 国际申请日: 2019 年 1 月 30 日 (30.01.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:  
201811016637.4 2018年9月3日 (03.09.2018) CN

(71) 申请人: 大连理工大学 (**DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**) [CN/CN]; 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。

(72) 发明人: 伊廷华 (**YI, Tinghua**); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。 杨东辉 (**YANG, Donghui**); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。 郑旭 (**ZHENG, Xu**); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。 李宏男 (**LI, Hongnan**); 中国辽宁省大连市凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (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,

(54) **Title:** BRIDGE INFLUENCE LINE IDENTIFICATION METHOD CAPABLE OF ELIMINATING VEHICLE POWER EFFECT

(54) 发明名称: 一种能够剔除车辆动力效应的桥梁影响线识别方法

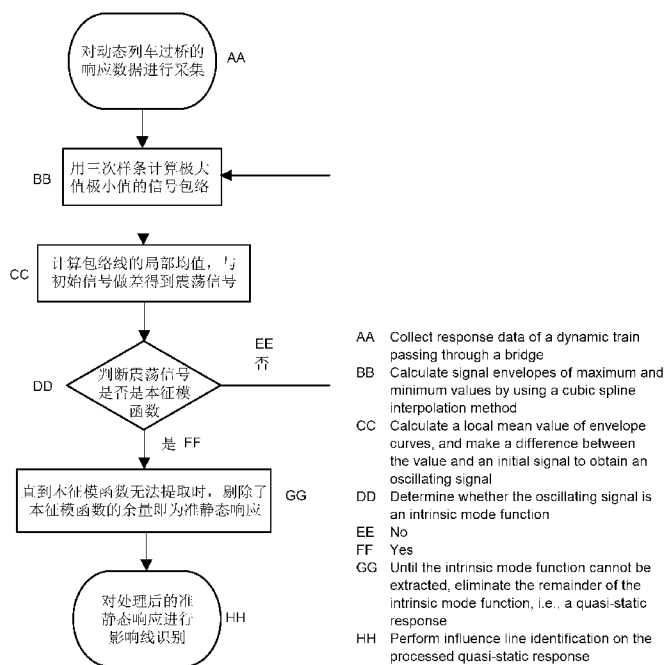


图 1

(57) **Abstract:** A bridge influence line identification method capable of eliminating a vehicle power effect, comprising: (1) preprocessing bridge response data measured by a sensor by using an empirical mode decomposition method; (2) identifying the preprocessed bridge response by using a quasi-static method. By preprocessing the bridge response using the empirical mode decomposition method, a dynamic overlay item of the bridge response can be eliminated to obtain a quasi-static response of a bridge, thereby being used for influence line identification. Moreover, the method can process structural response data measured by the sensor on various bridge types,

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))。

---

without knowing any information on bridge structures in advance, and thus has a good engineering application prospect.

(57) 摘要: 一种能够剔除车辆动力效应的桥梁影响线识别方法, 包括: (1) 采用经验模式分解对传感器测得的桥梁响应数据进行预处理; (2) 对经过预处理后的桥梁响应采用准静态方法进行识别。采用经验模式分解对桥梁响应进行预处理可以对桥梁响应的动力叠加项进行剔除, 从而得到桥梁的准静态响应, 进一步可用于影响线识别。同时该方法无需提前了解任何桥梁结构信息, 可对各种桥型上由传感器测得的结构响应数据进行处理, 具有良好的工程应用前景。

## 一种能够剔除车辆动力效应的桥梁影响线识别方法

### 技术领域

本发明属于结构安全性检测技术领域，具体涉及一种能够剔除车辆动力效应的桥梁影响线识别方法。

### 技术背景

近些年来，随着高速铁路技术的不断发展和人们对出行效率要求的提升，世界上已建成的高速铁路总里程数前所未有的提高了。由于高速铁路的绝大多数运营里程都在高架桥上，高铁桥梁的安全状况也越来越受到人们的关注。高铁桥梁由于不断的承受高速列车的动力加载，其受到的荷载效应要比普通的公路桥梁更加复杂，如何实时的监测高铁桥梁的服役性能成为了一个关乎乘客生命财产安全的重大问题。

同时值得注意的是，近些年来出现了一种基于影响线变化的损伤识别方法。桥梁影响线是单位荷载通过桥梁时桥梁某一特定位置的响应曲线，作为桥梁的一种静力特征，影响线包含了大量的结构信息。作为一个结构损伤的指标，影响线可以直接反应桥梁的刚度和柔度信息。除此之外，影响线还包含了桥梁的位置信息，可以通过影响线的变化对损伤进行定位。铁路桥梁由于荷载运行轨迹单一，特别适合对其影响线进行识别。但高速列车过桥时造成的动力效应会使桥梁响应和低速列车过桥时的准静态桥梁响应相比产生较大的偏差，如何从动力效应中识别得到影响线成为了高速铁路桥梁影响线识别的一个难点问题。

针对低速加载列车过桥的准静态加载情况，影响线识别的方法已经有了很多研究成果。O Berin 最先提出了一种矩阵法来从实测数据中识别影响线。这种方法建立了一种和列车信息相关的矩阵，通过对矩阵求逆来识别桥梁影响线。Sio-Song Leng 采用极大似然估计方法推导出了一种影响线识别公式，这种方法

可以同时考虑多个加载车辆的作用，从而给出了一种更加准确的影响线估计。Chen 首先采用了正则化方法对识别得到的影响线不符合物理意义的波动进行了消除。Frøseth 认识到桥梁响应可以表示成影响线和列车信息函数的卷积，通过快速傅立叶变化解卷积的方法识别影响线。这种方法能够大大提高影响线识别的效率，并且在识别精度上也有一定的保障。在考虑动力效应的情况下，王宁波等人通过多项式和正弦函数分别对静力效应和动力效应进行了拟合，识别得到了某些特定桥型的影响线。而对于其他更普遍的情况，有待于进一步的研究。

## 发明内容

本发明的目的是一种能够剔除车辆动力效应的桥梁影响线识别方法。

本发明的技术方案：

一种能够剔除车辆动力效应的桥梁影响线识别方法，步骤如下：

步骤 1、采用经验模式分解对传感器测得的桥梁响应信息进行预处理

- (1) 找出桥梁响应信号  $R(t)$  的局部极大值和局部极小值；
- (2) 利用三次样条插值方法分别计算极小值插值和极大值插值函数，并得到对应信号包络  $e_{\min}(t)$  和  $e_{\max}(t)$ ；
- (3) 计算信号极大值与极小值包络的局部均值  $M(t) = (e_{\min}(t) + e_{\max}(t)) / 2$ 。
- (4) 将原始输入信号减去局部均值得到震荡信号  $H(t) = R(t) - M(t)$ ；
- (5) 当  $H(t)$  满足本征模函数的条件， $H(t)$  变成一个  $imf(t)$ ；否则，用  $H(t)$  替换步骤(1)中的  $R(t)$  并从步骤(1)开始重复上述过程；一个本征模函数必须满足 2 个条件：1) 函数在整个时间范围内，局部极值点和过零点的数目相等，或最多差一个；2) 在任一时间点上，局部最大值的包络线和局部最小值的包络线平均

值必须为 0;

(6) 令  $imf_1(t) = H(t)$ , 则  $imf_1(t)$  为第一个  $imf(t)$ , 对应的余量  $Res_1(t) = R(t) - imf_1(t)$ , 将  $Res_1(t)$  作为新的信号重复上述所有步骤, 得到第二个  $imf(t)$  分量, 以此类推, 得到  $Res_1(t) - imf_2(t) = Res_2(t)$ , ...  $Res_{n-1}(t) - imf_n(t) = Res_n(t)$ ; 当本征模函数无法再继续提取时, 停止筛分过程;

(7) 经过上面的分解过程,  $R(t)$  最终被分解为  $n$  个  $imf(t)$  分量和一个余量  $Res_n(t)$ ; 原始信号  $R(t)$  表示为  $R(t) = \sum_{i=1}^n imf_i(t) + Res_n(t)$ , 经过处理后的余量  $Res_n(t)$  就是桥梁准静态响应;

步骤 2、对经过预处理后的桥梁响应采用准静态方法进行影响线识别

经过经验模式分解的预处理后, 桥梁动态响应转化成准静态情况下的桥梁响应, 采用经典的准静态影响线识别模型进行识别。

本发明的有益效果:

(1) 本发明的桥梁影响线识别方法和原有的影响线识别方法相比, 可以对高速列车加载时的桥梁结构响应进行识别, 为高铁桥梁影响线识别提供了理论基础;

(2) 本发明的桥梁影响线识别方法具备严格的理论基础, 基于桥梁荷载和桥梁响应的同步采集信息, 并结合先进优化识别算法, 可保证通过该系统识别的影响线具有较高精度;

(3) 本发明的桥梁影响线识别方法使用简单, 无需预知桥梁结构信息, 可以对采集得到的桥梁动力响应数据进行直接处理, 从而得到影响线。

## 附图说明

图 1 为本发明所采用算法的实现流程图;

图 2 为本发明方法实施例中模拟的加载车辆过桥的振动模型；

图 3 为本发明方法实施例中加载车辆引起的桥梁动态响应；

图 4 为本发明方法实施例中通过经验模式分解处理后得到的准静态响应；

图 5 为本发明方法实施例中对处理后准静态响应进行识别得到的影响线；

## 具体实施方式

下面结合附图和一个数值算例来对本发明做进一步的详细说明。

本发明的影响线识别方法分“采用经验模式分解对传感器测得的桥梁响应信息进行预处理”和“对经过预处理后的桥梁响应采用准静态方法进行识别”两步，具体实施方式上文已经给出，接下来结合一个算例说明发明的使用方法和特点。

实施算：72km/h 双轴加载车辆过桥影响线识别

在本数值算例中，我们模拟一个速度为72km/h 的双轴车辆通过简支梁，通过建立车桥耦合振动模型来分析跨中的挠度响应。双轴车辆的轴距为4m，简支梁长度为16m。将车体简化成三个质量块，质量分别是： $m_1=524\text{kg}$ ； $m_2=297\text{kg}$ ； $m_3=6451\text{kg}$ 。模型的具体情况见图 2。

在本算例中，建立了四自由度车辆和分布质量体系简支梁的运动微分方程，通过求解常微分方程组获取了简支梁跨中响应的时程，如图 3 所示。高速列车过桥时的桥梁挠度响应可以分成准静态响应和动力叠加项两部分，通过经验模式分解可以对两部分进行分解，分解结果见图 4。

对动态效应剔除后，可以用准静态的影响线识别方法对影响线进行识别，在本算例中，我们采用的是正则化 LSQR 迭代法。识别得到的影响线与真实影响线对比见图 5。可以看出，识别得到的影响线与真实值基本吻合。本方法是识别动态加载时桥梁影响线的一种有效方法。

## 权 利 要 求 书

1.一种能够剔除车辆动力效应的桥梁影响线识别方法，其特征在于，步骤如下：

步骤 1、采用经验模式分解对传感器测得的桥梁响应信息进行预处理

(1) 找出桥梁响应信号  $R(t)$  的局部极大值和局部极小值；

(2) 利用三次样条插值方法分别计算极小值插值和极大值插值函数，并得到对应信号包络  $e_{\min}(t)$  和  $e_{\max}(t)$ ；

(3) 计算信号极大值与极小值包络的局部均值  $M(t) = (e_{\min}(t) + e_{\max}(t)) / 2$ ；

(4) 将原始输入信号减去局部均值得到震荡信号  $H(t) = R(t) - M(t)$ ；

(5) 当  $H(t)$  满足本征模函数的条件， $H(t)$  变成一个  $imf(t)$ ；否则，用  $H(t)$  替换步骤(1)中的  $R(t)$  并从步骤(1)开始重复上述过程；一个本征模函数必须满足 2 个条件：1) 函数在整个时间范围内，局部极值点和过零点的数目相等，或最多差一个；2) 在任一时间点上，局部最大值的包络线和局部最小值的包络线平均值必须为 0；

(6) 令  $imf_1(t) = H(t)$ ，则  $imf_1(t)$  为第一个  $imf(t)$ ，对应的余量  $Res_1(t) = R(t) - imf_1(t)$ ，将  $Res_1(t)$  作为新的信号重复上述所有步骤，得到第二个  $imf(t)$  分量，以此类推，得到  $Res_1(t) - imf_2(t) = Res_2(t)$ ，...  $Res_{n-1}(t) - imf_n(t) = Res_n(t)$ ；当本征模函数无法再继续提取时，停止筛分过程；

(7) 经过上面的分解过程， $R(t)$  最终被分解为  $n$  个  $imf(t)$  分量和一个余量  $Res_n(t)$ ；原始信号  $R(t)$  表示为  $R(t) = \sum_{i=1}^n imf_i(t) + Res_n(t)$ ，经过处理后的余量  $Res_n(t)$  就是桥梁准静态响应；

步骤 2、对经过预处理后的桥梁响应采用准静态方法进行影响线识别

经过经验模式分解的预处理后，桥梁动态响应转化成准静态情况下的桥梁

响应，采用经典的准静态影响线识别模型进行识别。

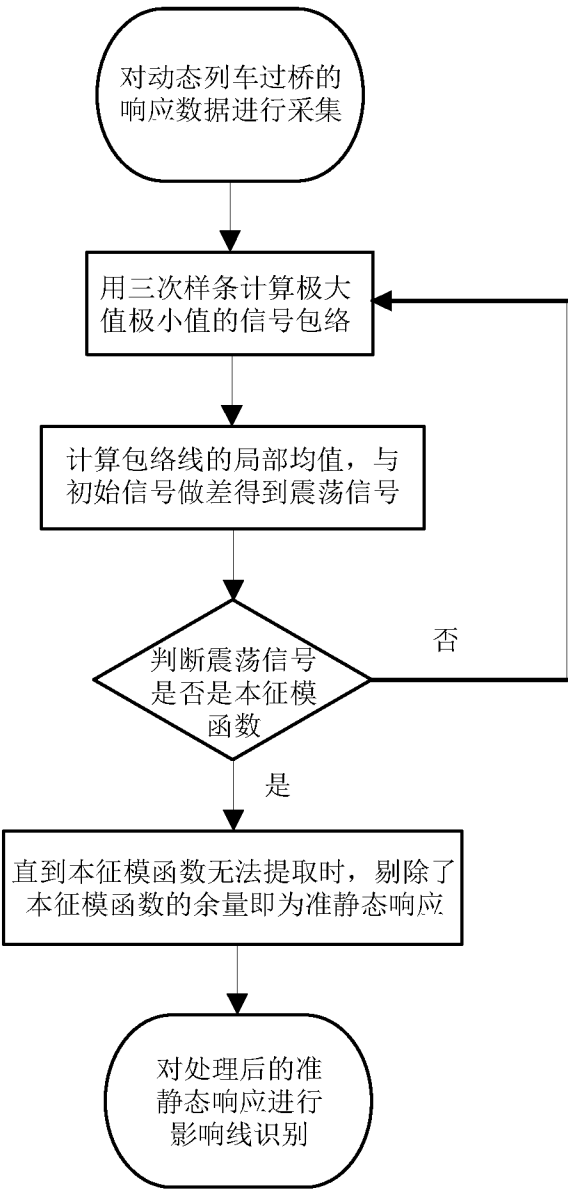


图 1

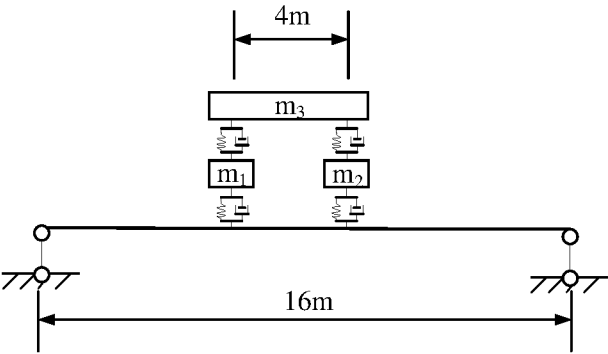


图 2

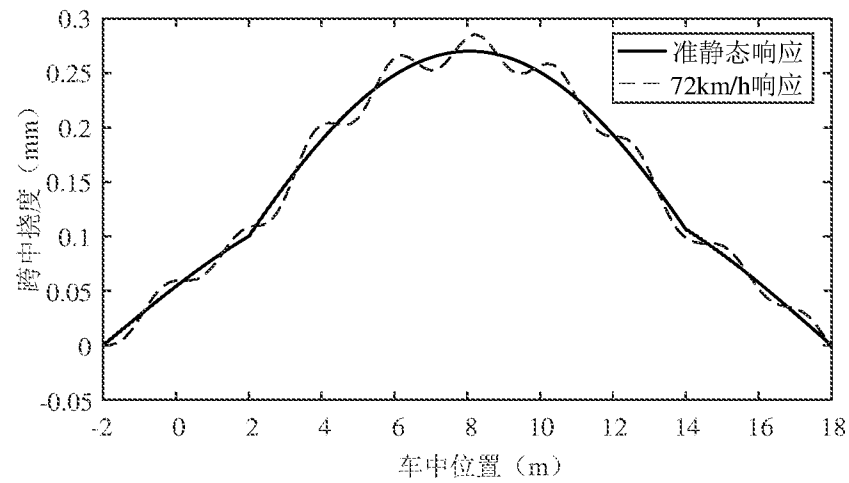


图 3

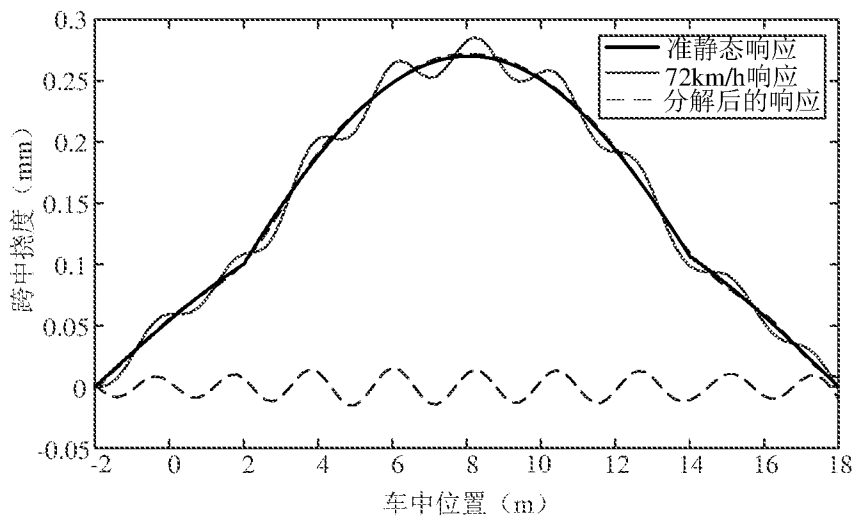


图 4

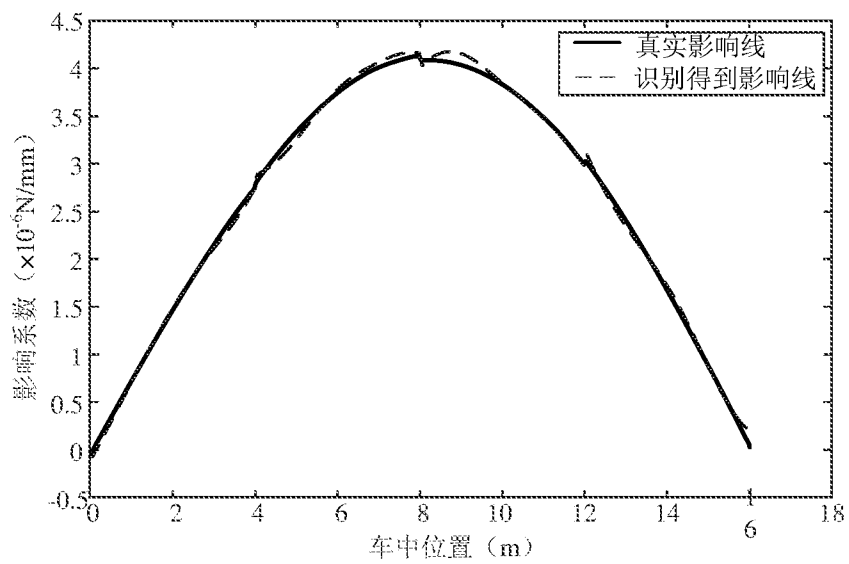


图 5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/073826

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G01M 5/00(2006.01)i; G01M 99/00(2011.01)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)

G01M5, G01M19, G01M99

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)

CNABS; CPRSABS; VEN; CNTXT: 影响线, 极小值, 影响线, 预处理, 样条插值, 插值, 剔除, 识别, 函数, 包络, 动力效应, 模函数, 桥梁, 准静态, 极大值, 响应, bridge, part, damage, ident+, influence line, model, function, spline, interpolation, minimal value

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                  | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | CN 104964837 A (ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, GUANGDONG POWER GRID CORPORATION) 07 October 2015 (2015-10-07)<br>description, pp. 314-359, claims 1-5, and figures 1, 2, and 18 | 1                     |
| Y         | CN 101532917 A (JIANGSU TRANSPORTATION RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.) 16 September 2009 (2009-09-16)<br>description, p. 4, last paragraph to p. 5, paragraph 2, and figures 1 and 2  | 1                     |
| A         | CN 107132011 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 05 September 2017 (2017-09-05)<br>entire document                                                                                         | 1                     |
| A         | CN 107389168 A (CHONGQING JIAOTONG UNIVERSITY) 24 November 2017 (2017-11-24)<br>entire document                                                                                     | 1                     |
| A         | CN 105973619 A (XIAMEN UNIVERSITY) 28 September 2016 (2016-09-28)<br>entire document                                                                                                | 1                     |
| A         | CN 107588915 A (XIAMEN UNIVERSITY) 16 January 2018 (2018-01-16)<br>entire document                                                                                                  | 1                     |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“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

“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

“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

“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

“&amp;” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

01 June 2019

Date of mailing of the international search report

10 June 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

**China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)**  
**No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088**  
**China**

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/CN2019/073826****C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages              | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | CN 207395997 U (XIAMEN UNIVERSITY) 22 May 2018 (2018-05-22)<br>entire document                  | 1                     |
| A         | CN 104819813 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 05 August 2015 (2015-08-05)<br>entire document        | 1                     |
| A         | JP 2003233640 A (TATEISHI KOZO SEKKEI KK ET AL.) 22 August 2003 (2003-08-22)<br>entire document | 1                     |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2019/073826**

| Patent document<br>cited in search report |            |   | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |           |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|------------|---|--------------------------------------|-------------------------|-----------|----|--------------------------------------|
| CN                                        | 104964837  | A | 07 October 2015                      | CN                      | 104964837 | B  | 18 July 2017                         |
| CN                                        | 101532917  | A | 16 September 2009                    | CN                      | 101532917 | B  | 03 August 2011                       |
| CN                                        | 107132011  | A | 05 September 2017                    | CN                      | 107132011 | B  | 31 August 2018                       |
| CN                                        | 107389168  | A | 24 November 2017                     | None                    |           |    |                                      |
| CN                                        | 105973619  | A | 28 September 2016                    | None                    |           |    |                                      |
| CN                                        | 107588915  | A | 16 January 2018                      | None                    |           |    |                                      |
| CN                                        | 207395997  | U | 22 May 2018                          | None                    |           |    |                                      |
| CN                                        | 104819813  | A | 05 August 2015                       | CN                      | 104819813 | B  | 26 April 2017                        |
| JP                                        | 2003233640 | A | 22 August 2003                       | JP                      | 3848208   | B2 | 22 November 2006                     |

## 国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/073826

## A. 主题的分类

G01M 5/00(2006.01)i; G01M 99/00(2011.01)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)

G01M5, G01M19, G01M99

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))

CNABS;CPRSABS;VEN;CNTXT:影响线, 极小值, 影响线, 预处理, 样条插值, 插值, 剔除, 识别, 函数, 包络, 动力效应, 模函数, 桥梁, 准静态, 极大值, 响应, bridge, part, damage, ident+, influence line, model, funciton, spline, interpolation, minimal value

## 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 |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Y    | CN 104964837 A (广东电网有限责任公司电力科学研究院) 2015年 10月 7日 (2015 - 10 - 07)<br>说明书第314-359页, 权利要求1-5, 附图1-2, 18 | 1       |
| Y    | CN 101532917 A (江苏省交通科学研究院股份有限公司) 2009年 9月 16日 (2009 - 09 - 16)<br>说明书第4页倒数第1段到第5页, 附图1-2            | 1       |
| A    | CN 107132011 A (中南大学) 2017年 9月 5日 (2017 - 09 - 05)<br>全文                                             | 1       |
| A    | CN 107389168 A (重庆交通大学) 2017年 11月 24日 (2017 - 11 - 24)<br>全文                                         | 1       |
| A    | CN 105973619 A (厦门大学) 2016年 9月 28日 (2016 - 09 - 28)<br>全文                                            | 1       |
| A    | CN 107588915 A (厦门大学) 2018年 1月 16日 (2018 - 01 - 16)<br>全文                                            | 1       |
| A    | CN 207395997 U (厦门大学) 2018年 5月 22日 (2018 - 05 - 22)<br>全文                                            | 1       |

☒ 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

“&amp;” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2019年 6月 1日

国际检索报告邮寄日期

2019年 6月 10日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (ISA/CN)  
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

受权官员

彭志萍

传真号 (86-10)62019451

电话号码 86-(010)-62085741

## 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    | CN 104819813 A (中南大学) 2015年 8月 5日 (2015 - 08 - 05)<br>全文                       | 1       |
| A    | JP 2003233640 A (TATEISHI KOZO SEKKEI KK等) 2003年 8月 22日 (2003 - 08 - 22)<br>全文 | 1       |

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/073826

| 检索报告引用的专利文件 |            |   | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 |           |    | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|------------|---|----------------|------|-----------|----|----------------|
| CN          | 104964837  | A | 2015年 10月 7日   | CN   | 104964837 | B  | 2017年 7月 18日   |
| CN          | 101532917  | A | 2009年 9月 16日   | CN   | 101532917 | B  | 2011年 8月 3日    |
| CN          | 107132011  | A | 2017年 9月 5日    | CN   | 107132011 | B  | 2018年 8月 31日   |
| CN          | 107389168  | A | 2017年 11月 24日  | 无    |           |    |                |
| CN          | 105973619  | A | 2016年 9月 28日   | 无    |           |    |                |
| CN          | 107588915  | A | 2018年 1月 16日   | 无    |           |    |                |
| CN          | 207395997  | U | 2018年 5月 22日   | 无    |           |    |                |
| CN          | 104819813  | A | 2015年 8月 5日    | CN   | 104819813 | B  | 2017年 4月 26日   |
| JP          | 2003233640 | A | 2003年 8月 22日   | JP   | 3848208   | B2 | 2006年 11月 22日  |

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)