



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108613873 A

(43)申请公布日 2018.10.02

(21)申请号 201810293215.5

(22)申请日 2018.04.04

(71)申请人 暨南大学

地址 510632 广东省广州市天河区黄埔大道西601号

(72)发明人 聂振华 彭皓旻 马宏伟

(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有限公司 44245

代理人 陈燕娴

(51) Int. Cl.

G01N 3/08(2006.01)

G01M 5/00(2006.01)

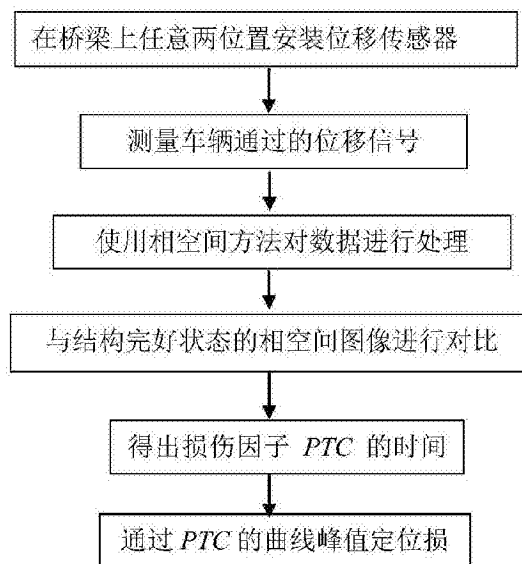
权利要求书1页 说明书3页 附图7页

(54)发明名称

一种基于双传感器信息的联合相空间的梁桥结构损伤定位方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于双传感器信息的联合相空间的梁桥结构损伤定位方法,具体步骤为:在桥梁上沿长度分布的任意a、b两点上各安装位移传感器;测量车辆通过桥面时位移传感器所监测到的位移响应 $a(t)$ 、 $b(t)$;使用 $a(t)$ 、 $b(t)$ 的响应数据建立联合相空间;通过计算完好状态下联合相空间 P_0 与损伤状态下联合相空间 P 的欧几里得范数,得到损伤指标PTC的时间序列;通过损伤指标PTC的曲线可定位梁式桥梁结构损伤。本方法在桥梁每一个跨只需使用两个传感器即可准确定位损伤,大大减少了传感的数量和成本。



1. 一种基于双传感器信息的联合相空间的梁桥结构损伤定位方法,其特征在于,所述的梁式桥梁结构损伤定位方法包括下列步骤:

S1、在桥梁上沿长度方向任意两个不同位置安装位移传感器a和位移传感器b,位移传感器测量方向为垂直于桥面方向;

S2、测量桥梁无损伤时车辆荷载经过桥面时的位移响应,位移传感器a和位移传感器b分别测得的位移信号 $a(t)$ 、 $b(t)$;

S3、将位移信号 $a(t)$ 作为x轴数据,位移信号 $b(t)$ 为y轴数据构建二维相空间,得到双传感器位移信息的联合相空间 $P(t)$;

S4、计算损伤特征量指标PTC:

$$PTC(t) = ||p(t) - p_0(t)|| \quad (1)$$

其中 $|| \cdot ||$ 为欧几里德范数, $p(t)$ 、 $p_0(t)$ 分别为损伤和完好状态下t时刻的相点;

S5、通过损伤特征量指标PTC的时间序列曲线定位梁式桥梁结构损伤。

2. 根据权利要求1所述的一种基于双传感器信息的联合相空间的梁桥结构损伤定位方法,其特征在于,所述的步骤S5、通过损伤特征量指标PTC的时间序列曲线定位梁式桥梁结构损伤的过程如下:

S501、根据得到的损伤特征量指标PTC的时间序列绘制损伤特征量指标PTC的曲线;

S502、当移动车辆荷载通过损伤位置时,损伤特征量指标PTC会出现最大值,通过损伤特征量指标PTC曲线的最大峰值位置确定移动质量通过损伤位置的时刻;

S503、通过车辆速度与时间的乘积来换算出该时刻车辆所行走的距离,即可得出桥梁的损伤位置。

一种基于双传感器信息的联合相空间的梁桥结构损伤定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及无损结构检测技术领域,具体涉及一种基于双传感器信息的联合相空间的梁桥结构损伤定位方法。

背景技术

[0002] 目前桥梁结构健康监测与损伤定位方式基本上是通过在桥梁上安装传感器来监测桥梁的振动数据实现的。然而当前国内外使用最多的是基于动力指纹的结构模态识别方法,此方法要识别出结构模态需要大量传感器,且识别结果不理想,维护麻烦。国内外现有的桥梁健康监测系统使用成千上万的传感器,花费极大。且由于传感器数量极多,测得的数据量巨大。现有系统无法有效处理如此大量的数据,且巨大的数据需要大量电脑空间储存,如何处理海量的垃圾数据也是当前结构监测系统开发的一大难题。

[0003] 现在桥梁结构健康监测技术发展仍处于萌芽阶段,还无法在实际工程中大量运用。限制其发展的最大原因就是当前健康监测系统需要的传感器数量众多,耗费极大,且得到海量无用数据无法有效处理,效率极低。

[0004] 因此,目前最有效的解决方法就是发展少量传感器监测系统,以解决传统监测系统传感器数量多,耗资大,效率低的缺点。

发明内容

[0005] 本发明的目的是为了解决现有技术中的上述缺陷,提供一种基于双传感器信息的联合相空间的梁桥结构损伤定位方法,该方法只需使用安装于桥梁上的两个传感器监测出移动车辆荷载的响应数据,再根据两个传感器测出的位移信号构成联合相空间的拓扑结构的变化以判别损伤的位置。

[0006] 本发明的目的可以通过采取如下技术方案达到:

[0007] 一种利用双传感器信息的联合相空间的梁式桥梁结构损伤定位方法,所述的梁式桥梁结构损伤定位方法包括下列步骤:

[0008] S1、在桥梁上沿长度方向任意两个不同位置安装位移传感器a和位移传感器b,位移传感器测量方向为垂直于桥面方向;

[0009] S2、测量桥梁无损伤时车辆荷载经过桥面时的位移响应,位移传感器a和位移传感器b分别测得的位移信号a(t)、b(t);

[0010] S3、将位移信号a(t)作为x轴数据,b(t)为y轴数据构建二维相空间,得到双传感器位移信息的联合相空间P(t);

[0011] S4、计算损伤特征量指标PTC:

[0012] $PTC(t) = ||p(t) - p_0(t)|| \quad (1)$

[0013] 其中 $|| \cdot ||$ 为欧几里德范数,p(t)、p₀(t)分别为损伤和完好状态下t时刻的相点;

[0014] S5、通过损伤特征量指标PTC的时间序列曲线定位梁式桥梁结构损伤。

[0015] 进一步地,所述的步骤S5、通过损伤特征量指标PTC的时间序列曲线定位梁式桥梁结构损伤的具体过程如下:

[0016] S501、根据得到的损伤特征量指标PTC的时间序列绘制损伤特征量指标PTC的曲线;

[0017] S502、当移动车辆荷载通过损伤位置时,损伤特征量指标PTC会出现最大值,通过损伤特征量指标PTC曲线的最大峰值位置确定移动质量通过损伤位置的时刻;

[0018] S503、通过车辆速度与时间的乘积来换算出该时刻车辆所行走的距离,即可得出桥梁的损伤位置。

[0019] 本发明相对于现有技术具有如下的优点及效果:

[0020] 1) 在传感器数量与成本方面,本发明只需用到两个传感器数据,就能定位桥梁损伤位置,相对于传统的检测系统,大大降低了传感器的数量和成本。

[0021] 2) 本发明所使用的方法,相对于传统的动力指纹方法操作简单,计算效率高,损伤定位效果良好。

附图说明

[0022] 图1为本发明中公开的利用双传感器所测位移信息的联合相空间进行桥梁结构损伤定位的方法流程图;

[0023] 图2为实施例中所使用的桥梁模型简图;其中,图2(a)是工况1的桥梁模型简图,图2(b)是工况2的桥梁模型简图;

[0024] 图3为实施例中无损伤下测得的两个传感器的位移信号;

[0025] 图4为实施例中无损伤下测得的两个传感器的位移信号联合相空间;

[0026] 图5为实施例中工况1中桥梁损伤10%时指标PTC的曲线图;

[0027] 图6为实施例中工况1中桥梁损伤30%时指标PTC的曲线图;

[0028] 图7为实施例中工况2中桥梁损伤10%时指标PTC的曲线图;

[0029] 图8为实施例中工况2中桥梁损伤30%时指标PTC的曲线图。

具体实施方式

[0030] 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做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。

[0031] 实施例

[0032] 如图1所示,图1为利用双传感器所测位移信息的联合相空间进行桥梁结构损伤定位的流程步骤图,本实施例中所使用的钢梁桥模型如图2所示。该桥梁长 l 为20m,车速1m/s,采样频率200Hz,本实例有两种工况,图2(a)所示的工况1的损伤在梁总长的 $2/5$ 处,图2(b)所示的工况2的损伤在梁总长的 $3/5$ 处。具体实施过程如下:

[0033] S1、在桥梁上沿长度方向任意两个不同位置安装位移传感器a和位移传感器b,位移传感器测量方向为垂直于桥面方向,如图2所示,实施例中两个传感器安装位置分别为梁长的 $1/4$ 处和 $1/2$ 处。

[0034] S2、测量桥梁无损伤时车辆荷载经过桥面时的位移响应,位移传感器a和位移传感器b分别测得的位移信号 $a(t)$ 、 $b(t)$;

[0035] S3、将位移信号 $a(t)$ 作为x轴数据, $b(t)$ 为y轴数据构建二维相空间,得到双传感器位移信息的联合相空间 $P(t)$;

[0036] S4、计算损伤特征量指标PTC:

$$[0037] \quad PTC(t) = ||p(t) - p_0(t)|| \quad (1)$$

[0038] 其中 $|| \cdot ||$ 为欧几里德范数, $p(t)$ 、 $p_0(t)$ 分别为损伤和完好状态下t时刻的相点。

[0039] S5、通过损伤特征量指标PTC的时间序列曲线定位梁式桥梁结构损伤。

[0040] 其中,步骤S5的具体过程如下:

[0041] S501、根据得到的损伤特征量指标PTC的时间序列绘制损伤特征量指标PTC的曲线;

[0042] S502、当移动车辆荷载通过损伤位置时,损伤特征量指标PTC会出现最大值,通过损伤特征量指标PTC曲线的最大峰值位置确定移动质量通过损伤位置的时刻;

[0043] S503、通过车辆速度与时间的乘积来换算出该时刻车辆所行走的距离,即可得出桥梁的损伤位置。

[0044] 如图5为工况1中桥梁损伤10%的PTC值曲线,图6为工况1中桥梁损伤20%的PTC值曲线,图7为工况2中桥梁损伤10%的PTC值曲线,图8为工况2中桥梁损伤30%的PTC值曲线。从图5和6、图7和8的曲线峰值判断出,工况1桥梁损伤位置为0.4,即梁长的2/5处,工况2桥梁损伤位置为0.6,即梁长的3/5处,本方法准确定位了桥梁的损伤。

[0045] 综上所述,本实例公开的梁式桥梁的结构损伤定位方法只需通过安装在梁式桥梁上的两个传感器,即根据两个传感器所测的移动车辆荷载作用下的位移信号的相空间图像来准确定位结构损伤位置。

[0046] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

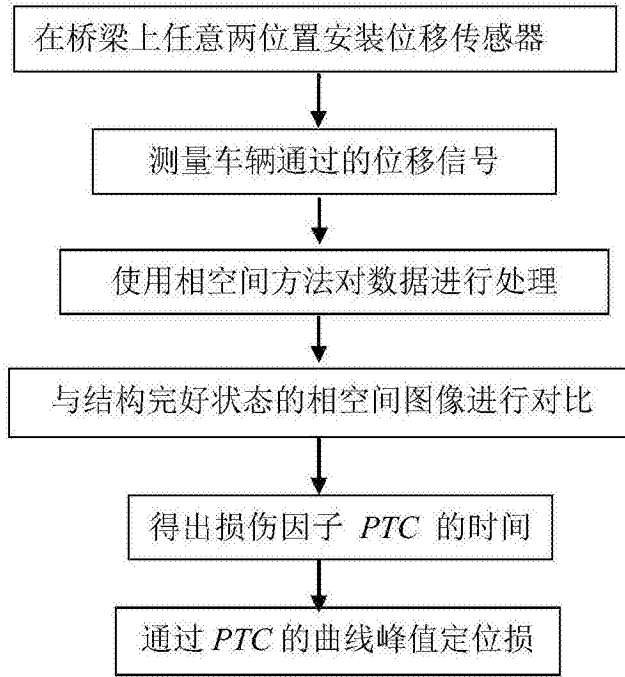


图1

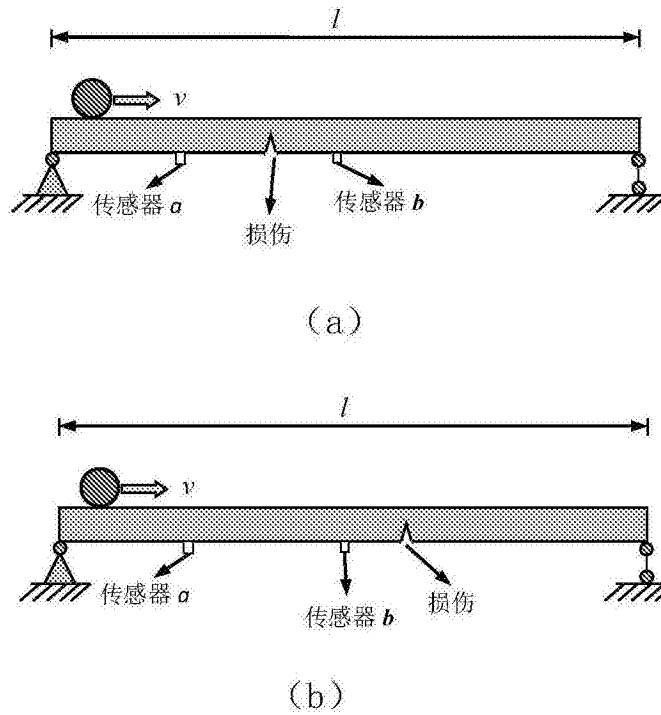


图2

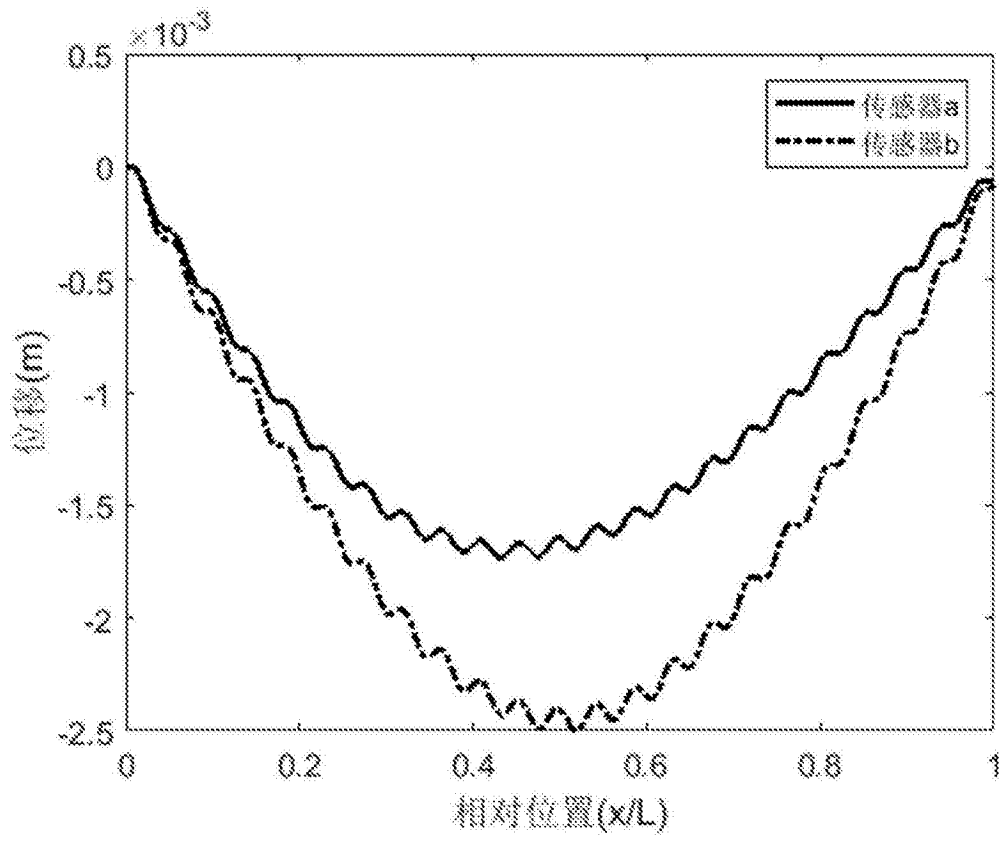


图3

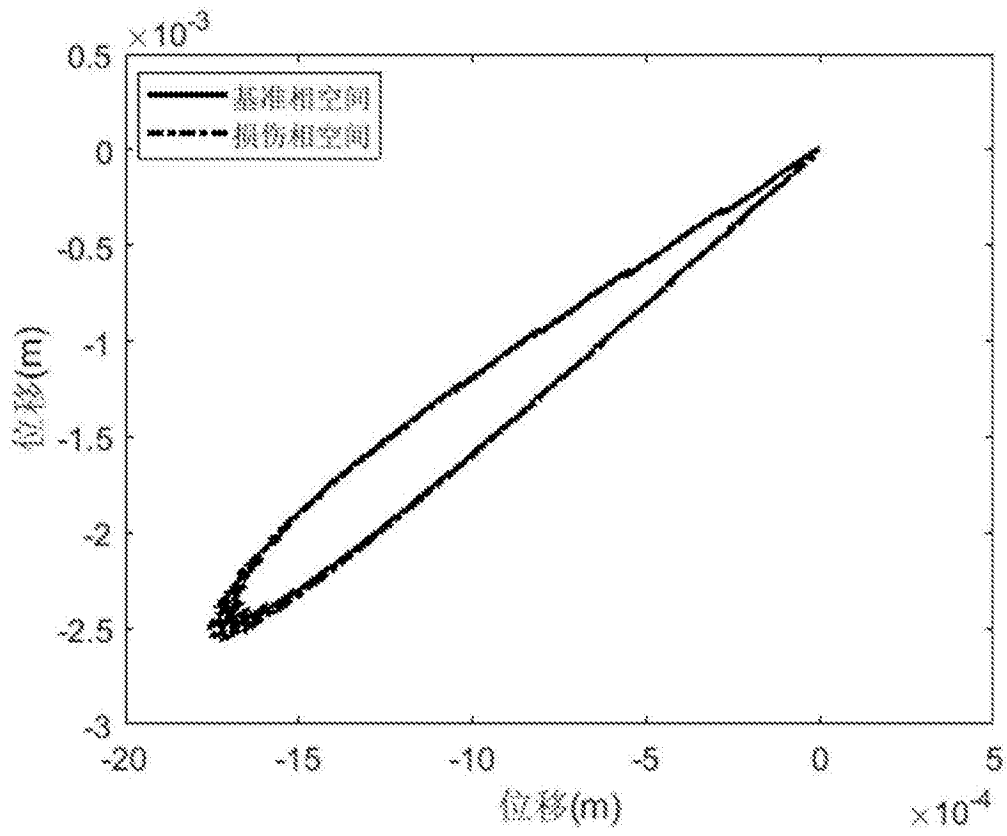


图4

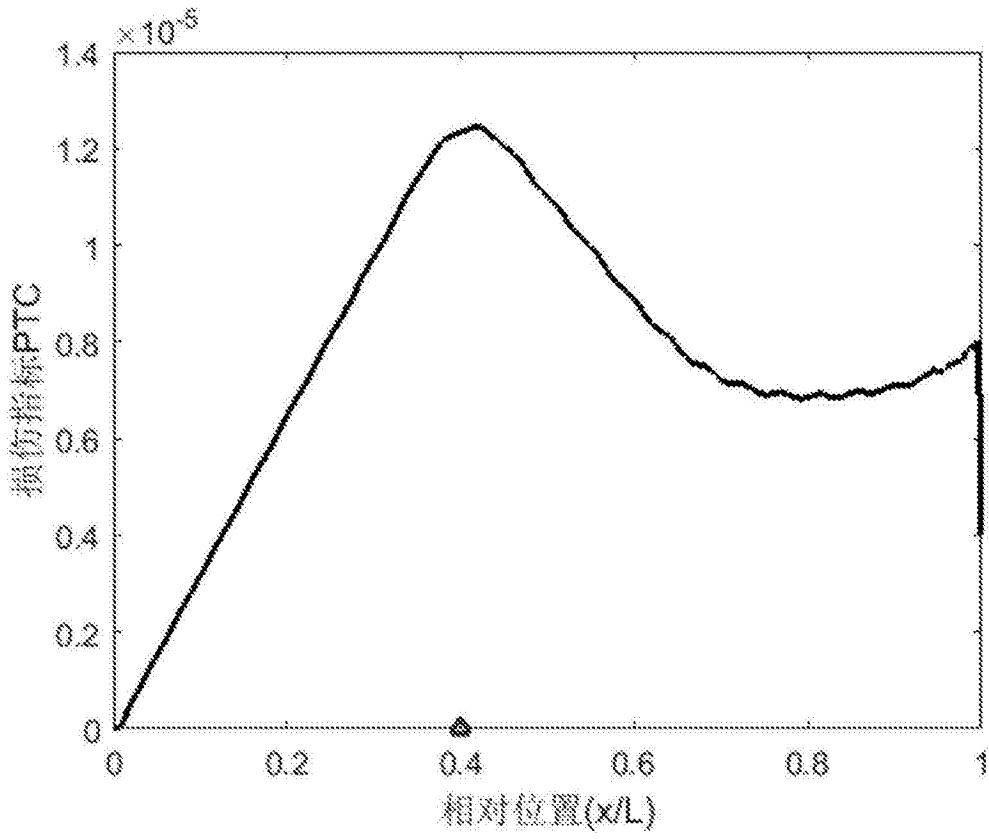


图5

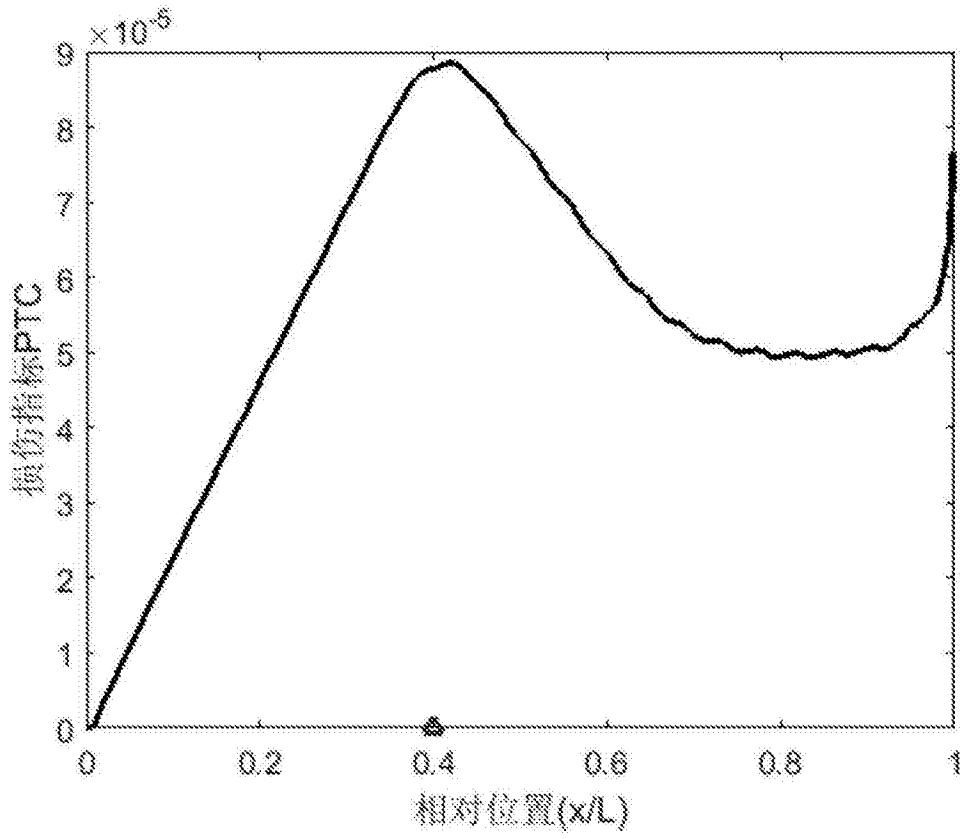


图6

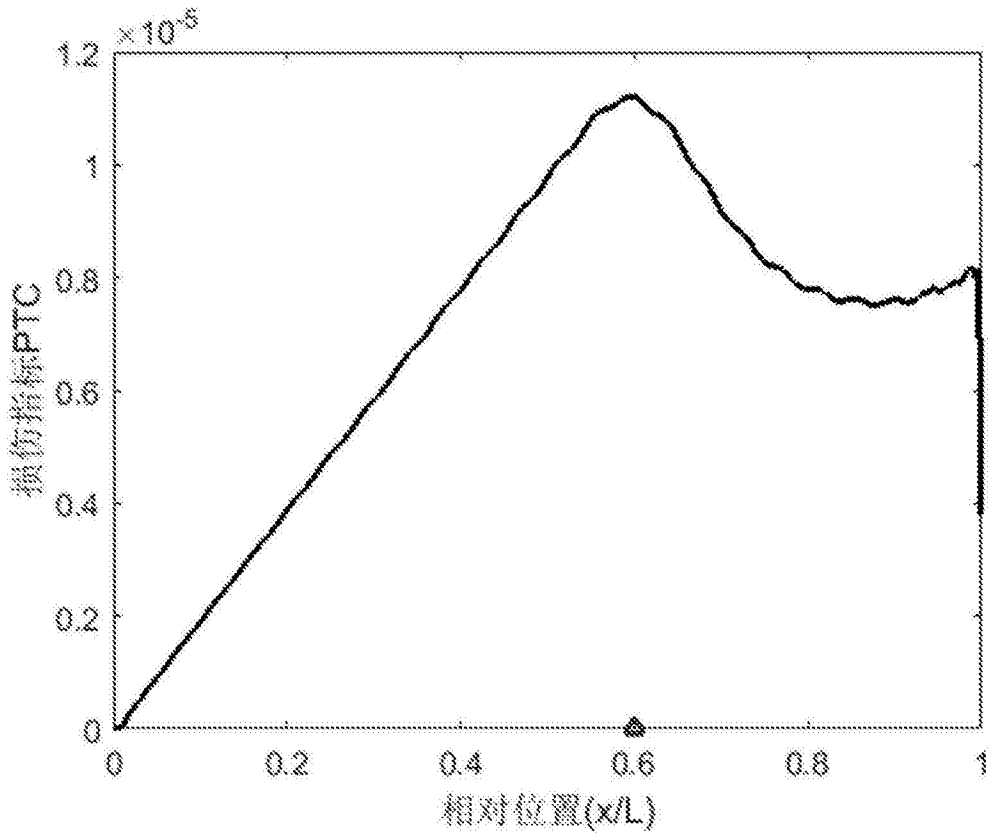


图7

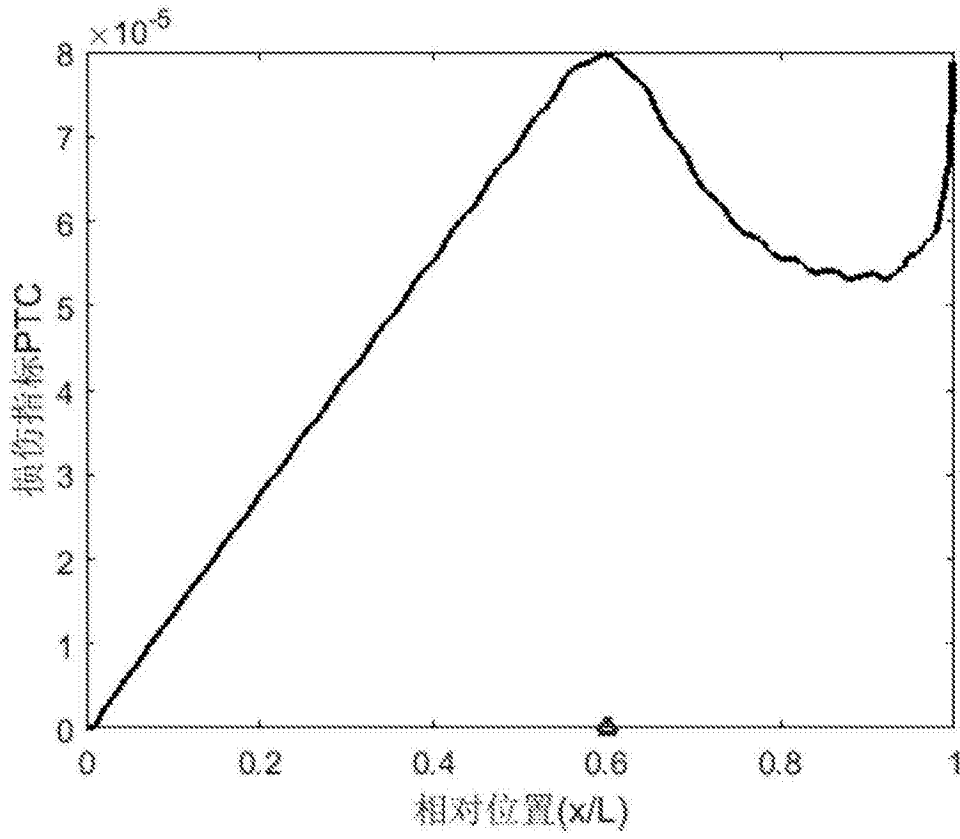


图8