



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107014530 A

(43)申请公布日 2017.08.04

(21)申请号 201710377805.1

(22)申请日 2017.05.26

(71)申请人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市甘井子区凌工
路2号

(72)发明人 任亮 冯唐政 宋钢兵

(74)专利代理机构 大连理工大学专利中心
21200

代理人 温福雪 侯明远

(51) Int. Cl.

G01L 1/24(2006.01)

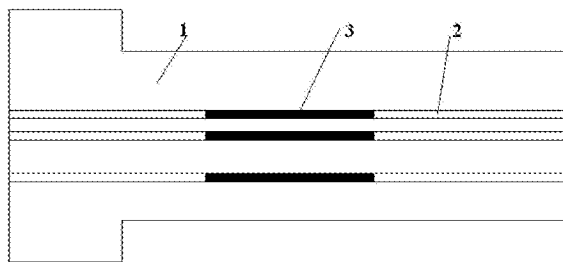
权利要求书1页 说明书2页 附图1页

(54)发明名称

一种能够同时实现轴力和剪力自监测的智能螺栓及方法

(57)摘要

一种能够同时实现轴力和剪力自监测的智能螺栓及方法,属于光纤传感技术领域。所述的智能螺栓包括螺栓杆轴、通孔、微型光纤光栅传感器;在螺栓杆轴的轴截面中心以及与轴截面径向互成 120° 角的位置设有通孔,共4个通孔,通孔的直径为2mm,互成 120° 角的3个通孔到轴截面中心通孔的距离相等,且都为螺栓杆轴的轴截面半径的二分之一,在四个通孔中通过胶粘剂将微型光纤光栅传感器与螺栓牢固结合,通过测量的应变值可以确定螺栓所承受的剪力和轴力。本发明的效果和益处是能够实现螺栓轴力和剪力的实时监测,具有测量精度高,长期稳定性好,结构简的优点。



1. 一种能够同时实现轴力和剪力自监测的智能螺栓, 其特征在于, 包括螺栓杆轴、通孔、微型光纤光栅传感器; 在螺栓杆轴的轴截面中心以及与轴截面径向互成 120° 角的位置设有通孔, 通孔的直径为 2mm , 互成 120° 角的3个通孔到轴截面中心通孔的距离相等, 且都为螺栓杆轴的轴截面半径的二分之一, 在四个通孔中通过胶粘剂将微型光纤光栅传感器与螺栓牢固结合。

2. 权利要求1所述的一种能够同时实现轴力和剪力自监测的智能螺栓, 其特征在于, 步骤如下:

(1) 基于光纤光栅解调仪, 测得螺栓杆轴的轴截面中心处以及与轴截面径向互成 120° 角处的微型传感器的应变值;

(2) 基于微型光纤光栅传感器测得的应变值得到螺栓杆轴所承受的轴力和剪力;

轴力的计算公式为: $F_N = \varepsilon_1 EA$;

剪力的计算公式为:
$$F_S = K \frac{2I|\varepsilon_4 - \varepsilon_1|}{R \cos(\arctan(\frac{\sqrt{3}(|\varepsilon_2 - \varepsilon_1| - |\varepsilon_3 - \varepsilon_1|)}{3(|\varepsilon_2 - \varepsilon_1| + |\varepsilon_3 - \varepsilon_1|)}))}$$
;

其中, $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$ 分别为螺栓杆轴的轴截面中心处、与轴截面径向互成 120° 角处的微型光纤光栅传感器所测得的应变值; K 为标定系数, 通过标定实验可以确定, E 和 A 分别为螺栓材料的弹性模量和螺栓杆轴的轴截面面积, R 为螺栓杆轴的轴截面半径。

一种能够同时实现轴力和剪力自监测的智能螺栓及方法

技术领域

[0001] 本发明属于光纤传感技术领域,涉及到一种能够同时实现轴力和剪力自监测的智能螺栓及方法。

背景技术

[0002] 在钢结构和桥梁工程中需要用到大量的钢材,在实际工程中螺栓连接是最常用的钢材连接形式之一,连接破坏也成为影响结构安全的重要因素。作为各种工程结构和机械设备关键构件连接处的螺栓的性能稳定性也越发受到重视。在实际工程中,普遍是因为螺栓承受了过大的荷载比如说过大的轴力和剪力,造成了螺栓应力超过了其强度极限而产生破坏。因此监测螺栓所承受的荷载,对于钢结构的安全具有重大意义。但由于某些构件的特殊性或位置的特殊性,很难对螺栓的受力状态实现有效的监测。目前,我国关于螺栓受力状态的监测主要是针对于螺栓轴向荷载,对于螺栓剪切荷载的监测鲜有涉及。现有的关于螺栓受力监测的专利CN104964713A能够测量螺栓轴心的拉压应变,但是这种测量方法只适用于螺栓受轴向荷载作用的情况而无法实现螺栓剪切荷载的监测。在剪切荷载作用下,在螺栓轴心安装的传感器基本无法测量这种受力情况下的应力、应变。因此有需要研究一种能够同时实现螺栓轴力和剪力监测的智能螺栓。

[0003] 光纤传感具有灵敏度高、抗电磁干扰、耐腐蚀,长期工作稳定性好,传输距离远等诸多优点。近年来已经在建筑、桥梁等领域安全监测中成功应用。为了实现螺栓剪切荷载和轴向荷载的监测,本发明采用了一种自行开发的微型传感器,利用微型传感器监测截面不同位置的应变,通过公式推导和标定实验确定微型传感器测得的应变与轴力和剪力之间的关系。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种能够同时实现轴力和剪力自监测的智能螺栓及方法。

[0005] 本发明所采用的技术方案为:

[0006] 一种能够同时实现轴力和剪力自监测的智能螺栓,包括螺栓杆轴、通孔、微型光纤光栅传感器;在螺栓杆轴的轴截面中心以及与轴截面径向互成 120° 角的位置设有通孔,共4个通孔,通孔的直径为2mm,互成 120° 角的3个通孔到轴截面中心通孔的距离相等,且都为螺栓杆轴的轴截面半径的二分之一,在四个通孔中通过胶粘剂将微型光纤光栅传感器与螺栓牢固结合。

[0007] 一种能够同时监测智能螺栓轴力和剪力的方法,包括以下步骤:

[0008] (1) 基于光纤光栅解调仪,测得螺栓杆轴的轴截面中心处以及与轴截面径向互成 120° 角处的微型传感器的应变值;

[0009] (2) 基于微型光纤光栅传感器测得的应变值得到螺栓杆轴所承受的轴力和剪力;

[0010] 轴力的计算公式为: $F_N = \varepsilon_1 EA$;

[0011] 剪力的计算公式为：
$$F_s = K \frac{2I|\varepsilon_4 - \varepsilon_1|}{R \cos(\arctan(\frac{\sqrt{3}(|\varepsilon_2 - \varepsilon_1| - |\varepsilon_3 - \varepsilon_1|)}{3(|\varepsilon_2 - \varepsilon_1| + |\varepsilon_3 - \varepsilon_1|)}))} ;$$

[0012] 其中， $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$ 分别为螺栓杆轴的轴截面中心处、与轴截面径向互成 120° 角处的微型光纤光栅传感器所测得的应变值；K为标定系数，通过标定实验可以确定，E和A分别为螺栓材料的弹性模量和螺栓杆轴的轴截面面积，R为螺栓杆轴的轴截面半径。

[0013] 本发明的有益效果：该智能螺栓能够同时实现螺栓轴力和剪力的自我实时监测，具有测量精度高，长期稳定性好，结构简的优点。

附图说明

[0014] 图1是智能螺栓的轴向剖面图。

[0015] 图2是智能螺栓的轴截面图

[0016] 图中：1螺栓杆轴；2通孔；3微型光纤光栅传感器。

具体实施方式

[0017] 以下结合技术方案(和附图)详细叙述本发明的具体实施方式。

[0018] 如附图1所示，在螺栓杆轴1的中轴线打1个通孔；在轴截面半径的 $1/2$ 位置处打3个通孔，相邻两个通孔与中心通孔连线的夹角为 120° 。综合考虑通孔径大小对螺栓承载力的影响以及微型传感器的大小，通孔孔径大小定为 2.0mm 。

[0019] 将微型光纤光栅传感器放置到螺栓内部，位置如附图1所示，在预拉伸的状态下，用胶粘剂将微型光纤光栅传感器与螺栓牢靠粘接在一起，所述的胶粘剂为环氧树脂或者丙烯酸酯类胶。

[0020] 将螺栓杆轴中心以及与轴截面径向互成 120° 角的其他三个位置光纤分别编号为1#、2#、3#、4#。通过光纤光栅解调仪可以测量1#、2#、3#、4#号微型传感器的应变。

[0021] 根据材料力学的相关公式推导可以得到螺栓轴力和剪力的表达式分别为 $F_N = \varepsilon$

EA 、
$$F_s = K \frac{2I|\varepsilon_4 - \varepsilon_1|}{R \cos(\arctan(\frac{\sqrt{3}(|\varepsilon_2 - \varepsilon_1| - |\varepsilon_3 - \varepsilon_1|)}{3(|\varepsilon_2 - \varepsilon_1| + |\varepsilon_3 - \varepsilon_1|)}))} ;$$
 其中 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$ 分别为1#、2#、3#、4#传感器

测得应变，标定系数K通过标定实验可以确定，通过上述公式就能测量螺栓所承受的轴力和剪力。

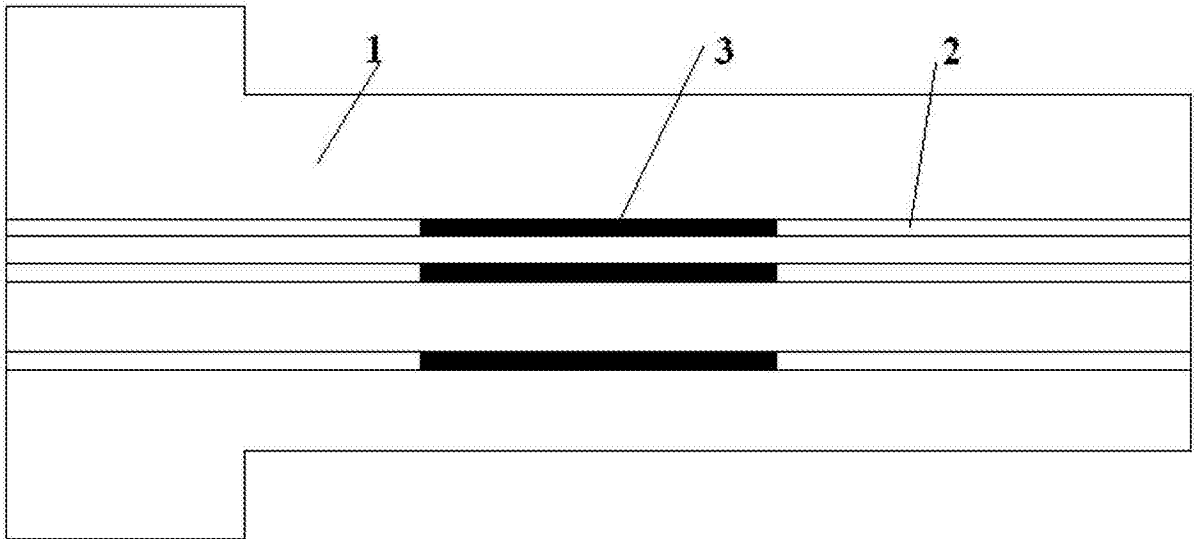


图1

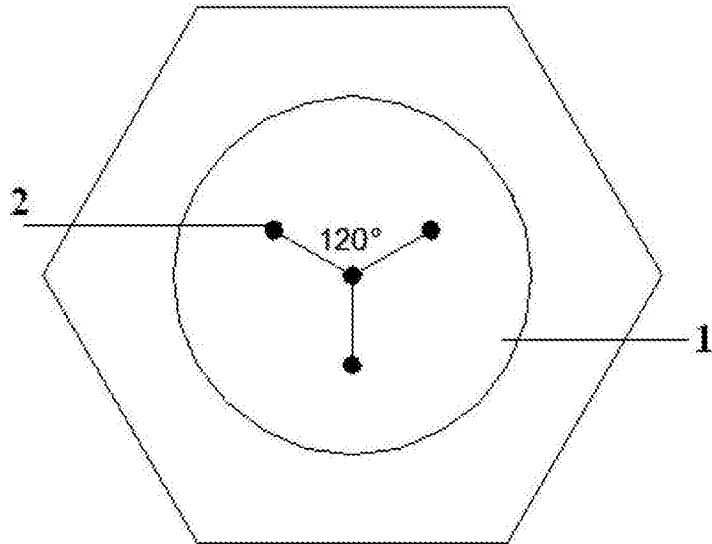


图2