



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106382999 B

(45)授权公告日 2019.03.22

(21)申请号 201610805539.3

(22)申请日 2016.09.06

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106382999 A

(43)申请公布日 2017.02.08

(73)专利权人 哈尔滨工业大学
地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西
大直街92号

(72)发明人 董泽蛟 张同心 马宪永 邵显智
陈凤晨

(74)专利代理机构 北京天奇智新知识产权代理
有限公司 11340
代理人 范光晔

(51)Int.Cl.
G01L 1/24(2006.01)

(56)对比文件

- CN 203191143 U, 2013.09.11,
- CN 101750183 A, 2010.06.23,
- CN 101709638 A, 2010.05.19,
- CN 101858809 A, 2010.10.13,
- CN 102162757 A, 2011.08.24,
- CN 102768094 A, 2012.11.07,
- CN 102116692 A, 2011.07.06,
- CN 102322982 A, 2012.01.18,
- CN 101319924 A, 2008.12.10,
- WO 03/071119 A2, 2003.08.28,

审查员 王媛

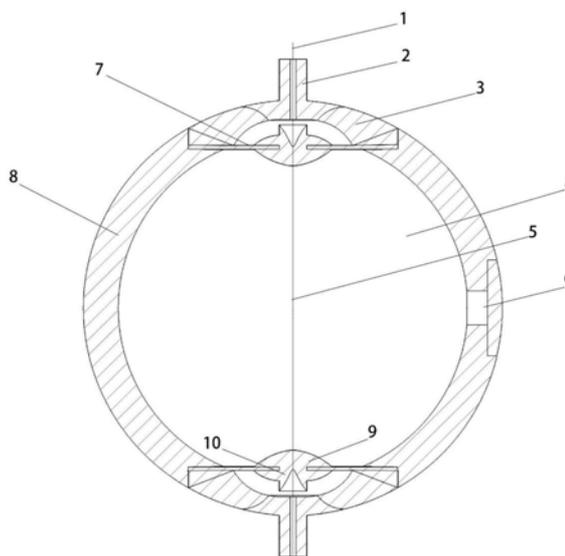
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

路用光纤光栅最大主应力传感器

(57)摘要

本发明涉及一种路用光纤光栅最大主应力传感器,可实现对路面结构内部最大主应力的测试。该传感器包括球形外壳;液压腔,置于球形外壳内,包括腔体和内部填充物;弹性膜片,由固定环固定于液压腔两侧,中间固定有受力光纤光栅;在弹性膜片的另一侧设有补偿光纤光栅,用于补偿传感器周围环境温度造成的测量误差。本发明的应力传感器与传统的传感器相比,具有以下优点:可测量路面结构最大主应力、测量结果不受应力方向影响、自带温度补偿、布设组网容易、适用范围广、可实现远距离监测等。



1. 一种路用光纤光栅最大主应力传感器,包括补偿光纤光栅、液压腔、受力光纤光栅、弹性膜片、球形外壳、光纤固定环、光纤固定钉、固定环,其特征在于:所述的受力光纤光栅两端由光纤固定环与光纤固定钉配合固定在两个弹性膜片上,所述的弹性膜片为具有变形性能的环形薄片,弹性膜片由固定环固定在球形外壳两侧,所述的球形外壳内部为能将球形外壳变形通过液压或气压的方式传递给弹性膜片的液压腔,球形外壳上还设置有连通外界与液压腔的注射孔以及与注射孔配套使用的弧形固定塞。

2. 根据权利要求1所述的路用光纤光栅最大主应力传感器,其特征在于:补偿光纤光栅一端固定于弹性膜片上,且与受力光纤光栅熔接。

3. 根据权利要求1所述的路用光纤光栅最大主应力传感器,其特征在于:所述的光纤固定钉内部开有用于固定受力光纤光栅的上大下小的V型孔。

4. 根据权利要求1所述的路用光纤光栅最大主应力传感器,其特征在于:所述的固定环上固定有弧面顶盖,弧面固定盖固定在弧面顶盖上,弧面固定盖内部设置有孔,孔内穿过与受力光纤光栅连接的补偿光纤光栅,且弧面固定盖与弧面顶盖外表面弧度与球形外壳一致。

5. 根据权利要求1所述的路用光纤光栅最大主应力传感器,其特征在于:所述的弧形固定塞表面弧度与球形外壳一致。

6. 根据权利要求1所述的路用光纤光栅最大主应力传感器,其特征在于:球形外壳两侧设置有凹槽。

7. 根据权利要求1所述的路用光纤光栅最大主应力传感器,其特征在于:球形外壳表面为粗糙面。

路用光纤光栅最大主应力传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及光纤光栅应力传感领域,尤其涉及一种路用光纤光栅最大主应力传感器。

背景技术

[0002] 掌握真实的路面结构内部力学响应情况是极为重要的,随着光纤传感技术的发展,光纤光栅传感器以其抗电磁干扰、耐腐蚀、高绝缘性、测量范围广、便于复用成网等优点,在土木工程、航空航天、石油化工、电力、医疗、船舶工业等领域获得了广泛应用。当光纤光栅所受的外力发生变化时,光纤光栅自身的应力分布随之变化,从而引起光纤光栅中心波长的变化;通过光纤光栅解调设备,可以将中心波长的变化转换为光功率的变化,通过检测光功率的变化,可以实现对应力的检测。

[0003] 现有的光纤光栅应变传感器往往只能实现单一方向的应力、应变测量,且随着传感器被埋入结构内部,其测试方向也随之固定。然而,由于车辆荷载位置的随机性,使传感器所在位置的应力场会随时发生变化,传统的传感器难以即时的反映出这种变化。此外,由于传统的路面结构均可视为各向同性材料,其破坏的主导因素是破坏处的最大主应力值,研究者往往更加关心路面结构内部的最大主应力大小,而非某一方向应力。因此,研制一种可测量路面结构内部最大主应力的传感器,是该领域技术人员亟需解决的一个问题。

发明内容

[0004] 为解决背景技术中存在的问题,本发明提出了一种能实现对待测路面结构内部最大主应力进行测量,并忽略传感器受力方向影响的路用光纤光栅最大主应力传感器。

[0005] 技术方案:一种路用光纤光栅最大主应力传感器,包括补偿光纤光栅、液压腔、受力光纤光栅、弹性膜片、球形外壳、光纤固定环、光纤固定钉、固定环,所述的受力光纤光栅两端由光纤固定环与光纤固定钉配合固定在两个弹性膜片上,所述的弹性膜片为具有变形性能的环形薄片,弹性膜片由固定环固定在球形外壳两侧,所述的球形外壳内部为能将球形外壳变形通过液压或气压的方式传递给弹性膜片的液压腔,球形外壳上还设置有连通外界与液压腔的注射孔以及与注射孔配套使用的弧形固定塞。

[0006] 进一步的,补偿光纤光栅一端固定于弹性膜片上,且与受力光纤光栅熔接。

[0007] 进一步的,所述的光纤固定钉内部开有用于固定受力光纤光栅的上大下小的V型孔。

[0008] 进一步的,所述的固定环上固定有弧面顶盖,弧面固定盖固定在弧面顶盖上,弧面固定盖内部设置有孔,孔内穿过与受力光纤光栅连接的补偿光纤光栅,且弧面固定盖与弧面顶盖外表面弧度与球形外壳一致。

[0009] 进一步的,所述的弧形固定塞表面弧度与球形外壳一致。

[0010] 通过采用本发明的技术方案,具有以下优点:

[0011] 1、传感器所测应力值为测点处的最大主应力,满足道路工程领域对最大主应力监

测的需求。

[0012] 2、本申请实例所提供的光纤光栅应力传感器,其中还设置有补偿光纤光栅,用于进行温度补偿,实际测量时根据补偿光纤光栅的波长值消除由于温度变化引起的传感器波长漂移,提高了测量精度。

[0013] 3、测量值仅与传感器所受的最大主应力大小有关而与传感器周围受力方向无关,可更有效的反映出受力点处的应力水平。

[0014] 4、可串联多个传感器进行准分布式测量,测点可任意分配。

[0015] 5、由于传感器对测试方向没有要求,便于现场施工。

[0016] 6、抗电磁干扰性能好,一般电磁辐射的频率比光波低很多,所以在光纤中传输的光信号不受电磁干扰的影响

[0017] 7、点绝缘性能好、适用范围广,安全可靠,光纤本身是有电解质构成的,而且无需电源驱动。

[0018] 8、可远距离监测;光纤传输损耗小,可实现远距离遥控监测。

附图说明

[0019] 图1为本发明结构分解图。

[0020] 图2为本发明剖面图。

[0021] 图中,1-补偿光纤光栅 2-弧面顶盖 3-弧面固定盖 4-液压腔 5-受力光纤光栅 6-固定塞 7-弹性膜片 8-球形外壳 9-光纤固定环 10-光纤固定钉 11-固定环。

具体实施方式

[0022] 下面结合附图对本发明做进一步说明。

[0023] 由图1或图2所示的一种路用光纤光栅最大主应力传感器,包括补偿光纤光栅1、液压腔4、受力光纤光栅5、弹性膜片7、球形外壳8、光纤固定环9、光纤固定钉10、固定环11,所述的受力光纤光栅两端由光纤固定环与光纤固定钉配合固定在两个弹性膜片上,受力光纤光栅外部可根据实际需求增加封装结构,例如针对一些处于高应力水平的结构,需要降低测试的灵敏度,则可以通过增加中间光纤光栅的封装直径,或增加封装模量来实现;同样的,针对一些处于低应力水平的结构,需要增加测试的灵敏度时,可以通过减小光纤光栅封装直径,降低封装材料模量,甚至直接采用裸光纤来实现;所述的弹性膜片为具有变形性能的环形薄片,弹性膜片由固定环固定在球形外壳两侧,所述的球形外壳内部为能将球形外壳变形通过液压或气压的方式传递给弹性膜片的液压腔,球形外壳上还设置有连通外界与液压腔的注射孔以及与注射孔配套使用的弧形固定塞。

[0024] 光纤固定环9为环形结构,与光纤固定钉10相配合将受力光纤光栅5固定在弹性膜片7上,弹性膜片7由固定环11固定在球形外壳8两侧,与光纤光栅有较好的连续性,可以理解,这只是一种固定弹性膜片7的方式,弹性膜片7也可以通过焊接、胶结,或采用其他形式的固定装置等一系列的方式进行固定,在具体的实施过程中,也可根据需求设置为一个弹性膜片或多个弹性膜片,亦或是不对称的设置弹性膜片,弹性膜片7的尺寸,材质,厚度可根据不同应用条件进行改变,例如针对一些处于高应力水平的结构,需要降低测试的灵敏度,则可以通过增加膜片的厚度、减小膜片的尺寸,或者采用模量较高的材料来实现,反之亦

然。原则上膜片的材料应选择弹性较好的材料,常见的如各类金属、有机材料等,如果有长期监测的需求,则材料的耐久性也应在考虑之列。

[0025] 球形外壳8内部为中空液压腔,用于填充液体将壳体外部压力转化为液压,并传导至两侧的弹性膜片上,应当指出,在本实例中在球形外壳内部填充液体的最终目的在于进行压力的传递,容易知道,传递压力也可以通过其他介质来进行,其本质与本实例并无显著差异。

[0026] 球形外壳8上还设置有注液孔及与注液孔配套使用的弧形固定塞,固定塞外部也设置成与球形外壳一样的弧度,以保持整个传感器的外形为对称的球形结构,在填充完液体后可用固定塞将液体封装在球形外壳内部用于压力的传递,应当指出的是,设置固定塞与注液孔的目的在于方便向球形外壳内部灌注液体,容易理解,本实例中提出的这种方法只是众多灌注液体方式中的一种,如果采用其他方式注入,或采用气体介质,则不必设置此注液孔,其本质与本实例并无显著差别。

[0027] 所述的固定环11上固定有弧面顶盖2,弧面固定盖3固定在弧面顶盖2上,弧面固定盖3内部设置有孔,孔内穿有与受力光纤光栅5连接的补偿光纤光栅1,在穿过补偿光纤光栅1后,应采用胶结或其他方式将补偿光纤光栅1固定在弧面固定盖3上,并应注意使光纤光栅另一端处于自由状态,以避免其受周围作用力的影响,其外表采用弧形设计,满足了传感器外形一致性的要求,弧面固定盖3与膜片间相隔一定距离以保证膜片的自由运动。

[0028] 作为本发明的一个实施例,所述的光纤固定钉10内部开有上大下小的V型孔,孔直径可根据中间光纤光栅的直径而定,其目的在于便于光纤光栅与光纤固定钉10的粘结,避免未固化的粘结剂从孔中流出。开孔方式可以通过机械冲压,化学腐蚀,离子刻蚀等多种方式进行。

[0029] 作为本发明的一个实施例,弹性膜片7为环形薄片,中间设置有圆孔,从而使薄片与光纤具有一致的变形性能。

[0030] 作为本发明的一个实施例,光纤固定环9为环形结构,中间设置有圆孔,与光纤固定钉配合使用,可将受力光纤光栅5固定在弹性膜片7上。

[0031] 作为本发明的一个实施例,球形外壳8两侧设置有凹槽,目的在于固定两侧的弹性膜片7。外壳的材料、厚度与直径可根据不同的测量需求而定,例如应用于大应力测试的场合时,为降低测试灵敏度,可以选用模量高、厚度大的外壳,反之可以选用模量低、厚度小的外壳,在测试一些小应力时,亦可以选用橡胶或硅胶封装的外壳来增加传感器的灵敏度。在实际应用时,也可根据使用要求在封装材料外部设置花纹或其他结构以加大与埋设结构间的摩擦。

[0032] 作为本发明的一个实施例,球形外壳8表面为粗糙面,以加强与周围结构的一致变形能力。

[0033] 在具体实施过程中,可先将受力光纤光栅5与补偿光纤光栅1熔接,两个光栅的间距需大于球形传感器的半径,再将受力光纤光栅5穿过其中的一个光纤固定钉10,应注意使受力光纤光栅5的中心处与光纤固定钉10的间距为球形传感器的半径。之后采用高强度结构胶均匀的填满光纤固定钉10中间的V型孔,以固定受力光纤光栅5与光栅固定钉。

[0034] 待结构胶完全凝固后,便可将光纤固定钉10穿过弹性膜片7中间的圆孔,在另一侧与光纤固定环相扣,从而将光栅与弹性膜片固定。应当理解,设置光纤固定环9与光纤固定

钉10的目的在于固定光纤与弹性膜片,这只是众多固定方法中的一种,通过其他方式将光纤与弹性膜片固定在一起的,与本实例并无本质差别。

[0035] 将光纤光栅固定在弹性膜片之后,便可以用固定环将弹性膜片固定在球形外壳8一侧的凹槽内,并使其中心位于球形外壳8的球心处,之后在受力光纤光栅5两端施加预应力,使光纤保持竖直,以同样的方法固定光纤光栅的另一端,完成之后,应当使受力光纤光栅5两侧被固定在弹性膜片上,且光栅位于传感器外壳的球心位置,而与受力光纤光栅5串联的补偿光纤光栅1则应在弹性膜片的另一侧,并处于不受力的状态。

[0036] 在完成光纤光栅的装配过程后,便可从注液孔向传感器内部灌注传压液体,本实例中采用的传压液体为液压油,灌注完成后,用固定塞将液体封装在球形外壳8内部,需要注意的是液体一定要注满,否则不会有传压的效果。

[0037] 在完成上述步骤后,可通过上下两测的凹槽观察传感器内部是否有漏液的情况出现,在未发生漏液的前提下方可进行下一步操作:安装弧面顶盖2与弧面固定盖3。

[0038] 本传感器的基本原理为:球形外壳8受结构内部力的作用发生压缩变形,使液压腔体积缩小,液压腔内部液体压缩性较差,会传递此压力至传感器球形外壳8两侧的弹性膜片,使弹性膜片发生径向的变形,从而使固定在弹性膜片上的受力光纤光栅5的中心波长发生偏移,对此偏移量与传感器受力情况进行比对,即可标定出结构内部的最大主应力值大小。由于传感器外形为球形,压力是通过液体进行传导,两者均是与方向无关的量,因此,该传感器所测值可以认为与受力方向无关。

[0039] 以上对本发明所提供的路用光纤光栅最大应力传感器进行了详细介绍,本文中应用里具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想,应当指出,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以对本发明进行若干改进和修饰,这些改进和修饰也落入本发明权利要求要求的保护范围内。

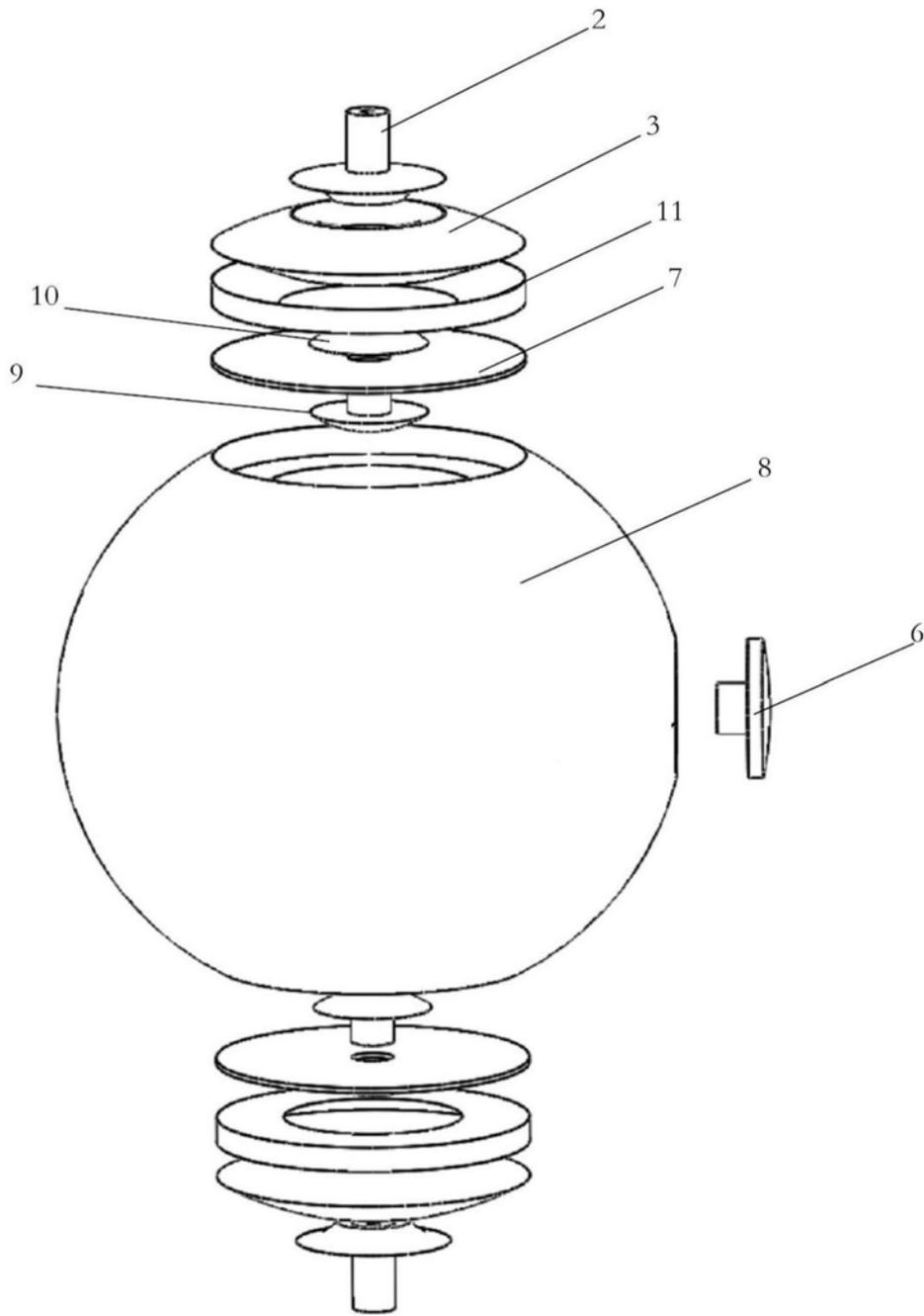


图1

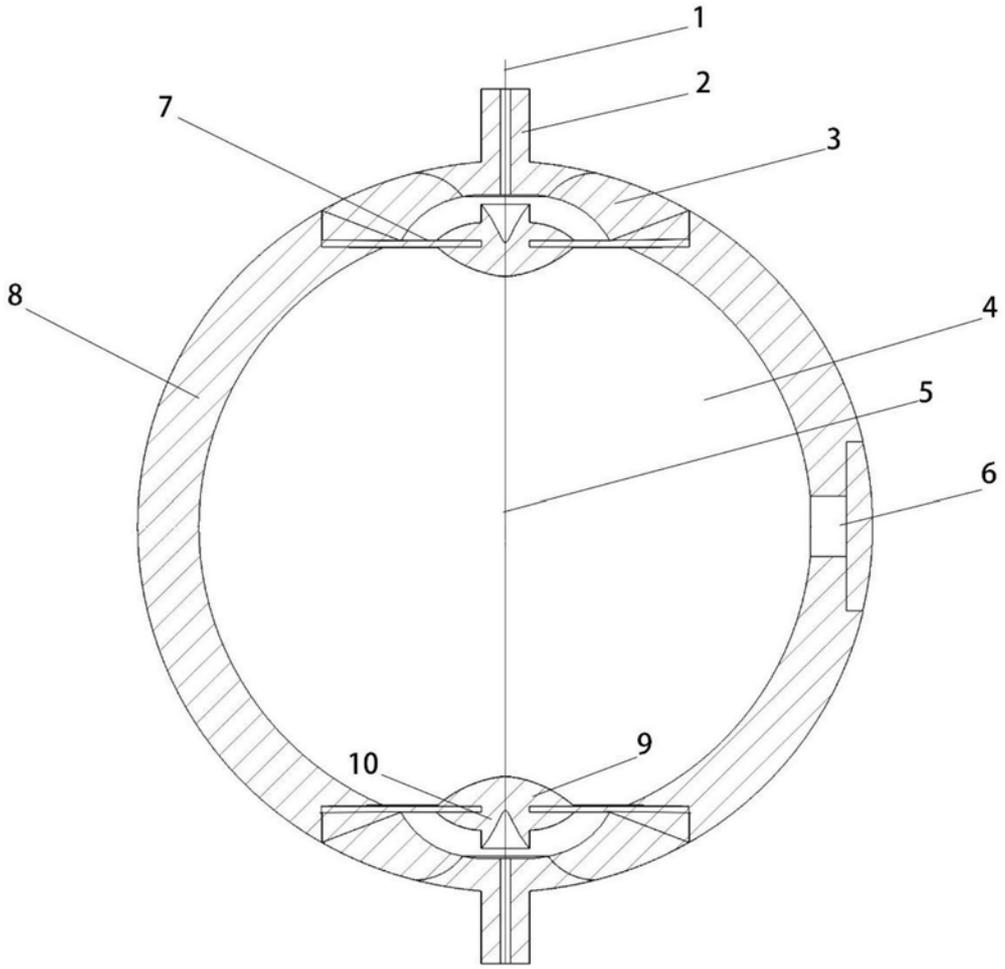


图2