(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107941163 A
(43)申请公布日 2018.04.20

(21)申请号 201711404452.6

(22)申请日 2017.12.22

(71)申请人 中国地质大学(武汉)
地址 430074 湖北省武汉市洪山区鲁磨路388号

(72)发明人 安鹏举 邓清禄 唐辉明 蒋孝鹏 韦超群 申培武 宁奕冰 何成

(74)专利代理机构 武汉知产时代知识产权代理有限公司 42238
代理人 冯必发

(51)Int.Cl.
G01B 11/16(2006.01)

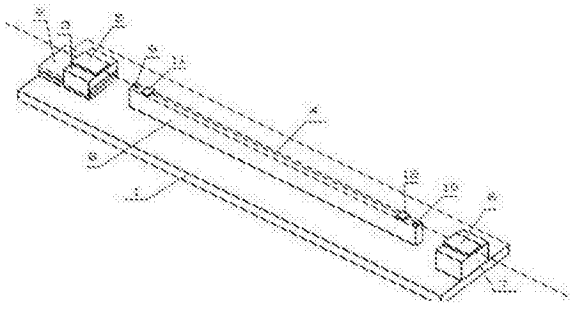
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种全分布式光纤应变系数标定装置及方法

(57)摘要

本发明提供一种全分布式光纤应变系数标定装置,包括实验台、液压拉伸机构和光纤夹具,液压拉伸机构包括滑台和滑块,滑台固定于实验台上,光纤夹具包括相对的第一夹具和第二夹具,第一夹具固定于滑块上,第二夹具固定于实验台上,标定装置还包括位移测量机构,位移测量机构包括滑轨、第一位移计、第二位移计、第一被动滑块和第二被动滑块,滑轨固定于实验台上,滑轨两端分别固定着第一位移计和第二位移计,滑轨上安装着第一被动滑块和第二被动滑块,滑块沿着滑台滑动拉伸光纤运动时,第一被动滑块和第二被动滑块均与光纤同步运动。本发明的有益效果:解决了光纤变形量测量不准确,空间分辨率影响布里渊频移值的问题,提高了应变系数测量准确性。



CN 107941163 A

1.一种全分布式光纤应变系数标定装置，其特征在于：包括实验台、液压拉伸机构和光纤夹具，所述液压拉伸机构包括下部的滑台和上部的滑块，所述滑台固定于所述实验台上，所述光纤夹具包括用于夹紧光纤的相对设置的第一夹具和第二夹具，所述第一夹具固定于所述滑块上，所述第二夹具固定于所述实验台上，所述标定装置还包括位移测量机构，所述位移测量机构包括滑轨、第一位移计、第二位移计、第一被动滑块和第二被动滑块，所述滑轨固定于所述实验台且位于所述第一夹具与所述第二夹具连线上，所述滑轨两端分别固定着所述第一位移计和所述第二位移计，所述滑轨上靠近所第一位移计安装着用于夹紧所述光纤的第一被动滑块，所述滑轨上靠近所述第二位移计安装着用于夹紧所述光纤的第二被动滑块，所述液压拉伸机构工作时，所述滑块沿着所述滑台滑动从而拉伸所述光纤向着远离所述滑轨方向运动，所述第一被动滑块和所述第二被动滑块均与所述光纤同步运动。

2.如权利要求1所述的一种全分布式光纤应变系数标定装置，其特征在于：所述第一夹具包括相同的两金属块和相同的两橡胶垫，所述两金属块夹紧相互贴合的两橡胶垫，所述光纤穿过两所述橡胶垫之间后，所述两金属块通过两螺栓分别固定于所述滑台上。

3.如权利要求1所述的一种全分布式光纤应变系数标定装置，其特征在于：所述第二夹具固定于承载台上，所述承载台固定于实验台上。

4.如权利要求3所述的一种全分布式光纤应变系数标定装置，其特征在于：所述第二夹具包括相同的两金属块和相同的两橡胶垫，所述两金属块夹紧相互贴合的两橡胶垫，所述光纤穿过两所述橡胶垫之间后，两所述金属块通过两螺栓分别固定于所述承载台上。

5.如权利要求1所述的一种全分布式光纤应变系数标定装置，其特征在于：所述第一位移计距所述第一夹具距离大于1/2个空间分辨率的长度，所述第二位移计距所述第二夹具距离大于1/2个空间分辨率的长度。

6.使用权利要求1所述的全分布式光纤应变系数标定装置进行光纤应变系数标定的方法，其特征在于，包括以下步骤：

S1：将光纤紧绷安装于光纤夹具上并用第一被动滑块和第二被动滑块夹紧，分别调整第一被动滑块和第二被动滑块至预设初始位置，测量第一被动滑块和第二被动滑块之间距离L_0，使用光纤传感解调设备测量第一被动滑块和第二被动滑块之间光纤的布里渊频移值$V_{\varepsilon 0}$；

S2：控制液压拉伸装置使滑块移动n次，其中$n \geq 10$，每次移动相同的预设距离，通过第一位移计测量出第n次移动后第一被动滑块移动距离$\triangle L_{an}$，通过第二位移计测量出第n次移动后第二被动滑块对应的移动距离$\triangle L_{bn}$，使用光纤传感解调设备测量出第一被动滑块和第二被动滑块之间光纤对应的布里渊频移值$V_{\varepsilon n}$；

S3：以初始光纤紧绷状态为零点，计算第n次光纤移动时第一被动滑块和第二被动滑块之间光纤的实际伸长量$\triangle L_n = \triangle L_{an} - \triangle L_{bn}$，第一被动滑块和第二被动滑块之间光纤对应的应变值$\varepsilon_n = \triangle L_n / L_0$，第一被动滑块和第二被动滑块之间应变光纤的布里渊频移量$V_{\varepsilon n}$，以ε_n为横轴，$V_{\varepsilon n}$为纵轴进行线性拟合，斜率k即为光纤的应变系数$C_{\varepsilon 1}$。

7.如权利要求6所述的光纤应变系数标定的方法，其特征在于，还包括：

S4：重复步骤S1-S3，对光纤进行m次实验获得每次实验对应的应变系数$C_{\varepsilon m}$，$m \geq 2$，直至$C_{\varepsilon m}$满足不等式$|\triangle V_{max}/C_{\varepsilon m-1} - \triangle V_{max}/C_{\varepsilon m}| \leq 2\delta$，判断测试结果合格，定义合格光纤应变系数$C_\varepsilon = (C_{\varepsilon m-1} + C_{\varepsilon m})/2$，$\triangle V_{max} = V_{\varepsilon n} - V_{\varepsilon 0}$表示测量中布里渊频移最大改变量，$\delta$表示光纤传感解调设

备应变测量精度。

8.如权利要求6或7所述的光纤应变系数标定的方法，其特征在于：所述光纤解调设备为BOTDR或BOTDA。

一种全分布式光纤应变系数标定装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及全分布式光纤传感技术领域，尤其涉及一种全分布式光纤应变系数标定装置及方法。

背景技术

[0002] 全分布式光纤传感技术的基本原理为当光纤受到外界应力、温度等环境因素影响时，光纤中传输的光波特性参量如相位、频率、偏振态等会发生相应变化，通过检测这些参量的变化，就可以获得外界被测参量的信息。目前基于布里渊散射的全分布式光纤感测技术主要有布里渊光时域反射(BOTDR)技术、布里渊光时域分析(BOTDA)技术、布里渊光频域分析(BOFDA)技术和基于布里渊光栅的传感技术。其中在岩土工程领域和结构物健康监测领域应用较为广泛的为基于布里渊光时域反射(BOTDR)技术和布里渊光时域分析(BOTDA)技术。布里渊散射光的频移变化与光纤所受的轴向应变存在线性关系。

[0003] 光纤应变系数标定常用方法为定点拉伸法，将光纤固定在位移台两端的光纤夹具上，精确测量两夹具之间的距离，通过控制位移台的位移量，建立应变参量与实际位移的函数关系，进而计算应变参数，由于结构合理、易于实现、方便操作，定点拉伸法是目前行业内应用最多的方法，但现有定点拉伸法采用滑块/位移台的位移量作为受拉段光纤的变形量计算其应变系数的方法，存在不合理性。1、没有考虑夹具与光纤/光缆接触部位在拉伸过程中，由于护套的变形，使光纤纤芯的拉伸变形量与位移台实际产生的位移量不一致的问题。2、由于光纤传感解调设备并不是可以精确测量光纤内无限小距离范围内的布里渊频移量量，因此光纤传感解调设备会标注其“空间分辨率”，测量结果代表空间分辨率长度范围内的布里渊频移量的平均值。因此传统测量方法中在光纤受拉段与未受拉段交接的地方，往往测量结果是递进变化的，而不是截然变化的，受拉段端部1/2空间分辨率距离内的布里渊频移量值是偏小的，这会使光纤应变系数标定出现误差。另外，传统方法对光纤进行定点拉伸，采用薄铝片夹持或黏贴的方式固定光纤，这对于裸光纤或抗拉强度较小的光纤适用，但对于铠装光纤等有钢丝加固的光纤不适用。

发明内容

[0004] 有鉴于此，本发明的实施例提供了一种全分布式光纤应变系数标定装置。

[0005] 本发明的实施例提供一种全分布式光纤应变系数标定装置，包括实验台、液压拉伸机构和光纤夹具，所述液压拉伸机构包括下部的滑台和上部的滑块，所述滑台固定于所述实验台上，所述光纤夹具包括用于夹紧光纤的相对设置的第一夹具和第二夹具，所述第一夹具固定于所述滑块上，所述第二夹具固定于所述实验台上，所述标定装置还包括位移测量机构，所述位移测量机构包括滑轨、第一位移计、第二位移计、第一被动滑块和第二被动滑块，所述滑轨固定于所述实验台且位于所述第一夹具与所述第二夹具连线上，所述滑轨的两端分别固定着所述第一位移计和所述第二位移计，所述滑轨上靠近所述第一位移计还安装着用于夹紧所述光纤的第一被动滑块，所述滑轨上靠近所述第二位移计安装着用于

夹紧所述光纤的第二被动滑块，所述液压拉伸机构工作时，所述滑块沿着所述滑台滑动从而拉伸所述光纤向着远离所述滑轨方向运动，所述第一被动滑块和所述第二被动滑块均与所述光纤同步运动。

[0006] 进一步地，所述第一夹具包括相同的两金属块和相同的两橡胶垫，所述两金属块夹紧相互贴合的两橡胶垫，所述光纤穿过两所述橡胶垫之间后，两所述金属块通过两螺栓固定于所述滑台上。

[0007] 进一步地，所述第二夹具固定于承载台上，所述承载台固定于实验台上。

[0008] 进一步地，所述第二夹具包括相同的两金属块和相同的两橡胶垫，所述两金属块夹紧相互贴合的两橡胶垫，所述光纤穿过两所述橡胶垫之间后，所述两金属块通过螺栓固定于所述承载台上。

[0009] 进一步地，所述第一位移计距所述第一夹具的距离大于1/2个空间分辨率的长度，所述第二位移计距所述第二夹具的距离大于1/2个空间分辨率的长度。

[0010] 本发明的实施例提供的技术方案带来的有益效果是：

[0011] 1.本发明一种全分布式光纤应变系数标定装置通过测量与光纤同步运动的第一被动滑块和第二被动滑块之间的移动距离来计算应变系数，消除了夹具夹持光纤护套牵动内部纤芯变形过程中，由于光纤护套的变形量与光纤纤芯的变形量不一致导致的测量结果偏大的问题；

[0012] 2.本发明一种全分布式光纤应变系数标定装置通过增大夹具和位移测量点之间的距离，消除了由于空间分辨率的限制，造成的布里渊频移值测量结果偏小的问题；

[0013] 3.本发明一种全分布式光纤应变系数标定装置的光纤夹具可以提供较大的夹持力，保障光纤/光缆在拉伸过程中不易损坏，使标定装置能适用于更多类型的光纤标定实验。

[0014] 本发明的实施例还提供了使用上述标定装置进行光纤应变系数标定的方法，包括以下步骤：

[0015] S1：将光纤紧绷安装于光纤夹具上并用第一被动滑块和第二被动滑块夹紧，分别调整第一被动滑块和第二被动滑块至预设初始位置，测量第一被动滑块和第二被动滑块之间距离L_0，使用光纤传感解调设备测量第一被动滑块和第二被动滑块之间光纤的布里渊频移值$V_{\varepsilon 0}$；

[0016] S2：控制液压拉伸装置使滑块移动n次，其中$n \geq 10$，每次移动相同的预设距离，通过第一位移计测量出第n次移动后第一被动滑块移动距离$\triangle L_{an}$，通过第二位移计测量出第n次移动后第二被动滑块对应的移动距离$\triangle L_{bn}$，使用光纤传感解调设备测量出第一被动滑块和第二被动滑块之间光纤对应的布里渊频移值$V_{\varepsilon n}$；

[0017] S3：以初始光纤紧绷状态为零点，计算第n次光纤移动时第一被动滑块和第二被动滑块之间光纤的实际伸长量$\triangle L_n = \triangle L_{an} - \triangle L_{bn}$，第一被动滑块和第二被动滑块之间光纤对应的应变值$\varepsilon_n = \triangle L_n / L_0$，第一被动滑块和第二被动滑块之间应变光纤的布里渊频移值$V_{\varepsilon n}$，以ε_n为横轴，$V_{\varepsilon n}$为纵轴进行线性拟合，斜率k即为光纤的应变系数$C_{\varepsilon 1}$。

[0018] 进一步地，变系数标定的方法还包括：

[0019] S4：重复步骤S1-S3，对光纤进行m次实验获得每次实验对应的应变系数$C_{\varepsilon m}$，$m \geq 2$，直至$C_{\varepsilon m}$满足不等式$|\triangle V_{max}/C_{\varepsilon m-1} - \triangle V_{max}/C_{\varepsilon m}| \leq 2\delta$，判断测试结果合格，定义合格光纤应变系

数$C_\varepsilon=(C_{\varepsilon m-1}+C_{\varepsilon m})/2$，$\triangle V_{max}=V_{\varepsilon n}-V_{\varepsilon 0}$表示测量中布里渊频移最大改变量，δ表示光纤传感解调设备应变测量精度。

[0020] 进一步地，所述光纤解调设备为BOTDR或BOTDA。

附图说明

[0021] 图1是本发明一种全分布式光纤应变系数标定装置的示意图；

[0022] 图2是图1中的第一夹具的示意图。

[0023] 图中：1-实验台、2-滑台、3-滑块、4-光纤、5-第一夹具、6-第二夹具、7-承载台、8-滑轨、9-第一位移计、10-第二位移计、11-第一被动滑块、12-第二被动滑块、13-金属块、14-橡胶垫、15-螺栓。

具体实施方式

[0024] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地描述。

[0025] 请参考图1，本发明的实施例提供了一种全分布式光纤应变系数标定装置，包括实验台1、液压拉伸机构和光纤夹具，所述液压拉伸机构包括下部的滑台2和上部的滑块3，所述滑台2固定于所述实验台1上，所述光纤夹具包括用于夹紧光纤4的相对设置的第一夹具5和第二夹具6，所述第一夹具包括相同的两金属块13和相同的两橡胶垫14，所述两金属块13夹紧相互贴合的两橡胶垫14，所述光纤4穿过两所述橡胶垫14之间后，所述两金属块13通过螺栓15分别固定于所述滑台3上，所述第二夹具6与所述第一夹具5具有相同的结构特征，所述第二夹具6通过两螺栓15固定于承载台7上，所述承载台7固定于所述实验台1上。

[0026] 所述标定装置还包括位移测量机构，所述位移测量机构包括滑轨8、第一位移计9、第二位移计10、第一被动滑块11和第二被动滑块12，所述滑轨8固定于所述实验台1且位于所述第一夹具5与所述第二夹具6连线上，所述滑轨8的两端分别固定着所述第一位移计9和所述第二位移计10，所述第一位移计9距所述第一夹具5的距离大于1/2个空间分辨率的长度，所述第二位移计10距所述第二夹具6的距离大于1/2个空间分辨率的长度，所述滑轨8上靠近所第一位移计9还安装着用于夹紧所述光纤的第一被动滑块11，所述滑轨8上靠近所述第二位移计10安装着用于夹紧所述光纤的第二被动滑块12，所述液压拉伸机构工作时，所述滑块3沿着所述滑台2滑动从而拉伸所述光纤4向着远离所述滑轨8方向运动，所述第一被动滑块11和所述第二被动滑块12均与所述光纤4同步运动。

[0027] 本发明的实施例还提供了使用上述标定装置进行光纤应变系数标定的方法，包括以下步骤：

[0028] S1：将光纤4紧绷安装于光纤夹具上并用第一被动滑块11和第二被动滑块12夹紧，分别调整第一被动滑块11和第二被动滑块12至预设初始位置，测量第一被动滑块11和第二被动滑块12之间距离L_0，使用光纤传感解调设备测量第一被动滑块11和第二被动滑块12之间光纤的布里渊频移值$V_{\varepsilon 0}$；

[0029] S2：控制液压拉伸装置使滑块3移动n次，其中$n\geq 10$，每次移动相同的预设距离，通过第一位移计9测量出第n次移动后第一被动滑块11移动距离$\triangle L_{an}$，通过第二位移计10测量出第二被动滑块12对应的移动距离$\triangle L_{bn}$，使用光纤传感解调设备测量出第一被动滑块11和

第二被动滑块12之间光纤对应的布里渊频移值$V_{\varepsilon n}$；

[0030] S3：以初始光纤紧绷状态为零点，计算第n次光纤移动时第一被动滑块11和第二被动滑块12之间光纤的实际伸长量$\triangle L_n=\triangle L_{an}-\triangle L_{bn}$，第一被动滑块11和第二被动滑块12之间光纤对应的应变值$\varepsilon_n=\triangle L_n/L_0$，第一被动滑块11和第二被动滑块12之间应变光纤的布里渊频移值$V_{\varepsilon n}$，以ε_n为横轴，$V_{\varepsilon n}$为纵轴进行线性拟合，斜率k即为光纤4的应变系数$C_{\varepsilon 1}$。

[0031] 进一步地，变系数标定的方法还包括：

[0032] S4：重复步骤S1-S3，对光纤4进行m次实验获得每次实验对应的应变系数$C_{\varepsilon m}$，$m\geq 2$，直至$C_{\varepsilon m}$满足不等式$|\triangle V_{max}/C_{\varepsilon m-1}-\triangle V_{max}/C_{\varepsilon m}|\leq 2\delta$，判断测试结果合格，定义合格光纤应变系数$C_{\varepsilon}=(C_{\varepsilon m-1}+C_{\varepsilon m})/2$，$\triangle V_{max}=V_{\varepsilon n}-V_{\varepsilon 0}$表示测量中布里渊频移最大改变量，$\delta$表示光纤传感解调设备应变测量精度。

[0033] 进一步地，所述光纤解调设备为BOTDR或BOTDA。

[0034] 在本文中，所涉及的前、后、上、下等方位词是以附图中零部件位于图中以及零部件相互之间的位置来定义的，只是为了表达技术方案的清楚及方便。应当理解，所述方位词的使用不应限制本申请请求保护的范围。

[0035] 在不冲突的情况下，本文中上述实施例及实施例中的特征可以相互结合。

[0036] 以上所述仅为本发明的较佳实施例，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

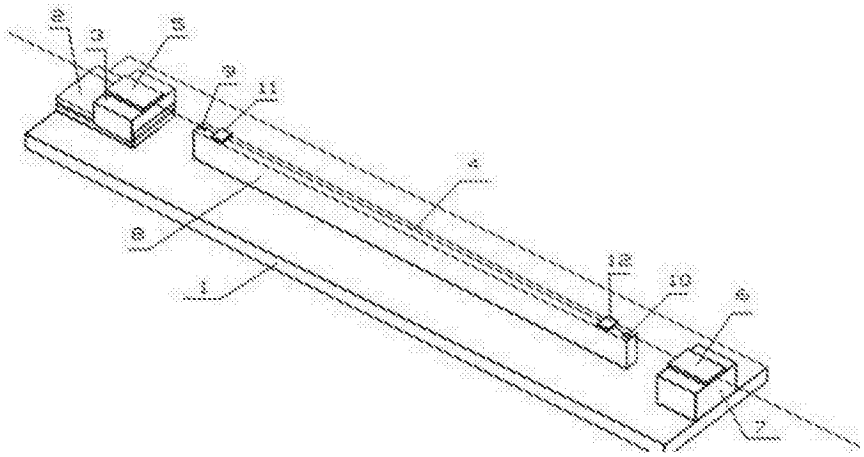


图1

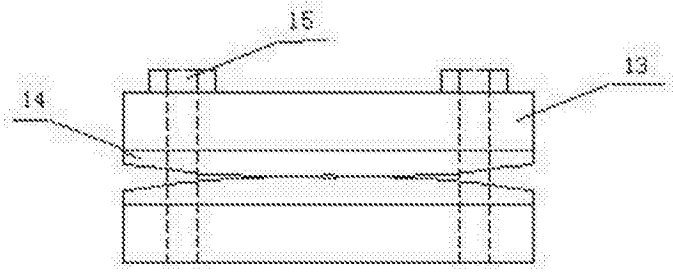


图2