



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103267682 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 23

(21) 申请号 201310174708. 4

(22) 申请日 2013. 05. 13

(73) 专利权人 东南大学

地址 211189 江苏省南京市江宁区东南大学  
路 2 号

(72) 发明人 陈惠苏 邱克超 孙璐

(74) 专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所  
(普通合伙) 32249

代理人 杨晓玲

(51) Int. Cl.

G01N 3/14(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101271103 A, 2008. 09. 24,

CN 102944483 A, 2013. 02. 27,

CN 102564863 A, 2012. 07. 11,

JP H0643079 A, 1994. 02. 18,  
刘志勇等. “多因素作用下混凝土碳化模型及  
寿命预测”. 《混凝土》. 2003, (第 12 期), 第 3-7  
页.

审查员 黄俞

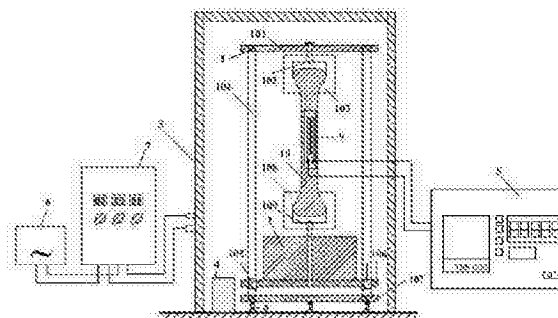
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 2 页

(54) 发明名称

拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装  
置及测试方法

(57) 摘要

本发明公开了一种拉应力与环境耦合作用下  
材料徐变的测试装置,包括支架、砝码、加热套、盛  
有饱和无机盐溶液的容器、应变解调仪、电源、温  
度控制器、应变传感器和试件,支架包括定位板、  
上部球铰、上部夹头、支承杆、承压板、底座板、下  
部夹头和下部球铰,支承杆和承压板通过滑动轴  
承连接;试件的嵌至在上部夹头的凹槽中和下部  
夹头的凹槽中;砝码位于承压板上,加热套罩在  
支架的外侧,容器位于支架与加热套之间,应变传  
感器粘贴在试件的外壁面上,温度控制器与环形  
加热套连接。该测试装置可提高测试过程的可靠  
性,确保结果的准确性。同时,还公开了该测试装  
置的测试方法,简单易操作,可保持长期施加荷载  
过程中试件无应力松弛,应力分布均匀。



1. 一种拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装置,其特征在于,所述的测试装置包括支架(1)、砝码(2)、加热套(3)、盛有饱和无机盐溶液的容器(4)、应变解调仪(5)、电源(6)、温度控制器(7)、应变传感器(9)和试件(10),其中,

支架(1)包括定位板(101)、上部球铰(102)、上部夹头(103)、支撑杆(104)、承压板(106)、底座板(107)、下部夹头(108)和下部球铰(109),上部球铰(102)固定在定位板(101)上,上部夹头(103)中设有凹槽,且上部夹头(103)连接在上部球铰(102)上;支撑杆(104)固定连接在定位板(101)和底座板(107)之间,承压板(106)位于定位板(101)和底座板(107)之间,支撑杆(104)穿过承压板(106),且支撑杆(104)和承压板(106)通过滑动轴承(105)连接;下部球铰(109)固定在承压板(106)上,下部夹头(108)中设有凹槽,且下部夹头(108)连接在下部球铰(109)上;下部夹头(108)与上部夹头(103)相对;

试件(10)的顶端嵌至在上部夹头(103)的凹槽中,试件(10)的底端嵌至在下部夹头(108)的凹槽中;砝码(2)位于承压板(106)上,加热套(3)罩在支架(1)的外侧,容器(4)位于支架(1)与加热套(3)之间,应变传感器(9)粘贴在试件(10)的外壁面上,应变传感器(9)通过导线与应变解调仪(5)连接,电源(6)与温度控制器(7)的电源输入端连接,温度控制器(7)的输出端与环形加热套(3)连接。

2. 按照权利要求1所述的拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装置,其特征在于,还包括调平支脚(8),调平支脚(8)为3个至6个,调平支脚(8)连接在底座板(107)的底面,且调平支脚(8)均匀分布在底座板(107)的底面。

3. 按照权利要求1所述的拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装置,其特征在于,所述的上部球铰(102)、下部球铰(109)和承压板(106)均由轻质高强材料制成。

4. 按照权利要求1所述的拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装置,其特征在于,所述的支撑杆(104)为三根,均匀布置在定位板(101)和底座板(107)之间。

5. 按照权利要求1所述的拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装置,其特征在于,所述的应变传感器(9)为电阻式应变片,且应变解调仪(5)为电阻应变解调仪。

6. 按照权利要求1所述的拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装置,其特征在于,所述的应变传感器(9)为光纤光栅传感器,且应变解调仪(5)为光纤光栅解调仪。

7. 按照权利要求1所述的拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装置,其特征在于,所述的应变传感器(9)与试件(10)的轴线平行。

8. 一种权利要求1所述的拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装置的测试方法,其特征在于,该测试方法包括以下步骤:

第一步:制作材料试件:利用搅拌机搅拌材料原材料,制成材料浆体;然后将材料浆体浇筑在哑铃形模具中,待材料浆体硬化后,形成材料试件;

第二步:连接应变测试装置:拆除模具,打磨材料试件表面,去掉表面浮渣,形成表面光滑的试件(10);

第三步:对试件进行湿度平衡,配制与目标控制湿度相对应的饱和无机盐溶液,然后将试件(10)放入饱和无机盐溶液形成的环境中,进行湿度平衡,并记录试件(10)的重量变化,当试件(10)的重量不再变化时,进入第四步;

第四步:调节试件所处环境的温度:首先,将应变传感器(9)固定在试件(10)的外壁面上,应变传感器(9)与应变解调仪(5)相连;将试件(10)放置在上部夹头(103)和下部

夹头 (108) 之间,再将盛有无机盐溶液的容器 (4) 放置在支架 (1) 与加热套 (3) 之间;随后,设定试件所处环境的目标温度,通过温度控制器 (7) 和加热套 (3),对试件 (10) 所处环境的温度进行调节,使试件 (10) 所处环境温度等于目标温度;

第五步:进行徐变测试:通过温度控制器 (7) 观察加热套 (3) 内的温度变化,当温度达到目标值且不再变化时,开始进行材料的徐变测试:将砝码 (2) 放置在承压板 (106) 上,承压板 (106) 通过下部球铰 (109) 和下部夹头 (108) 对试件 (10) 施加拉应力,根据加载砝码 (2) 的重量,调节对试件 (10) 施加的徐变应力;同时,开启应变解调仪 (5),采集应变数据,通过试件 (10) 的应变随时间的变化,测定试件 (10) 在拉伸应力和环境因素耦合作用下的材料徐变性能的应变情况。

9. 按照权利要求 8 所述的拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装置的测试方法,其特征在于,所述第一步中,试件 (10) 由水泥基材料制成。

10. 按照权利要求 8 所述的拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装置的测试方法,其特征在于,所述第一步中,试件 (10) 由有机材料制成。

## 拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装置及测试方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于材料耐久性测试技术范畴,具体来说,涉及一种拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装置及测试方法。

### 背景技术

[0002] 半个世纪以来,水泥基材料由于耐久性不足而导致的事故却不断增多,尤其是大坝、道路、桥梁、港口等重大工程以及高层建筑物未达到设计年限就破坏的事故时有发生造成巨大经济损失和人员伤亡。水泥基材料的徐变现象是引起结构承载能力下降,造成结构过早失效破坏,寿命缩短的主要原因之一。虽然有关水泥基材料徐变的研究已有几十年,但研究工作多是考虑单一环境破坏因素作用下的徐变发展规律,且徐变荷载大都为压缩应力。然而,实际工程结构中水泥基材料大都是处于拉伸应力与不同环境共同作用下运行的,单一因素作用下的压缩徐变研究难以真实地反映客观实际,水泥基材料的徐变变形是多因素共同影响作用的结果。另外,水泥基材料内部损伤劣化程度也决不是各破坏因素单独作用引起损伤的简单加和值,而是诸因素相互影响、交互叠加。通常多重破坏因素作用下水泥基材料的劣化程度大于各损伤因素单独作用下引起损伤的总和,即存在损伤迭加规律,导致工程结构性能快速降低和寿命缩短。

[0003] 因此,根据工程实际中混凝土所处环境、气候和荷载情况,将影响耐久性的主要因素进行合理组合,系统开展双重或多重破坏因素作用下水泥基材料耐久性研究,量化因素与因素间的交互作用,是当前水泥基材料学科的重大科学技术与理论难题,目前已引起国际学术界广泛和高度重视,其研究成果将对结构耐久性设计及其寿命预测产生重大影响。

[0004] 研究水泥基材料在应力和环境因素作用下的徐变变形问题,首要任务就是要建立能够进行同时考虑拉伸应力和 2 个或以上破坏因素的试验方法体系。考虑到在实际工程中,水泥基材料是在承载状态下工作和运行的。因此,研究荷载与其它破坏因素共同作用下水泥基材料具有重要的理论研究意义和广泛的工程应用价值,特别是拉伸应力作用下的水泥基材料体积变形规律研究对于结构耐久性设计与施工非常关键。在建立考虑环境因素影响的水泥基材料体积变形试验方法时,有 3 个关键技术问题必须解决:第一,设计能够对试件施加准确、恒定荷载的试验加载系统;第二,设计稳定可靠的温度和湿度控制系统;第三,建立能够对加载的试件进行连续、快速的无损试验方法和数据采集系统。

[0005] 综合已有的水泥基材料徐变变形文献资料不难发现,现有的加载装置大都采用的是弹簧加载的方式,尚未有有效的方法能够保持试验过程中应力恒定。其主要原因有两个:①试验过程中,材料不断发生变形,直接影响弹簧所能提供的应力,实际发生的是材料的松弛现象;②受加载应力的影响,很难利用重力或者杠杆等加载方式。

[0006] 上述缺点限制了试验室研究和实际状态水泥基材料徐变变形规律的相关性。因此,研制适用于拉伸应力作用下,且能保持长期持荷过程中应力恒定的实验装置在多因素徐变研究中具有重要的应用价值,对于结构耐久性评价也提供了科学的实验仪器,前景十分广阔。

## 发明内容

[0007] 技术问题：本发明所要解决的技术问题是：提供一种拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装置，该测试装置可以提高测试过程的可靠性，确保测试结果的准确性；同时还提供一种该测试装置的测试方法，该测试方法简单易操作，可以保持长期施加荷载过程中试件无应力松弛，且应力分布均匀。

[0008] 技术方案：为解决上述技术问题，本发明采用的技术方案是：

[0009] 一种拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装置，所述的测试装置包括支架、砝码、加热套、盛有饱和无机盐溶液的容器、应变解调仪、电源、温度控制器、应变传感器和试件，其中，

[0010] 支架包括定位板、上部球铰、上部夹头、支撑杆、承压板、底座板、下部夹头和下部球铰，上部球铰固定在定位板上，上部夹头中设有凹槽，且上部夹头连接在上部球铰上；支撑杆固定连接在定位板和底座板之间，承压板位于定位板和底座板之间，支撑杆穿过承压板，且支撑杆和承压板通过滑动轴承连接；下部球铰固定在承压板上，下部夹头中设有凹槽，且下部夹头连接在下部球铰上；下部夹头与上部夹头相对；

[0011] 试件的顶端嵌至在上部夹头的凹槽中，试件的底端嵌至在下部夹头的凹槽中；砝码位于承压板上，加热套罩在支架的外侧，容器位于支架与加热套之间，应变传感器粘贴在试件的外壁面上，应变传感器通过导线与应变解调仪连接，电源与温度控制器的电源输入端连接，温度控制器的输出端与环形加热套连接。

[0012] 进一步，所述的拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装置，还包括调平支脚，调平支脚为3个至6个，调平支脚连接在底座板的底面，且调平支脚均匀分布在底座板的底面。

[0013] 进一步，所述的上部球铰、下部球铰和承压板均由轻质高强材料制成。

[0014] 进一步，所述的支撑杆为三根，均匀布置在定位板和底座板之间。

[0015] 进一步，所述的应变传感器为电阻式应变片，且应变解调仪为电阻应变解调仪。

[0016] 进一步，所述的应变传感器为光纤光栅传感器，且应变解调仪为光纤光栅解调仪。

[0017] 进一步，所述的应变传感器与试件的轴线平行。

[0018] 上述的拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装置的测试方法，该测试方法包括以下步骤：

[0019] 第一步：制作材料试件：利用搅拌机搅拌材料原材料，制成材料浆体；然后将材料浆体浇筑在哑铃形模具中，待材料浆体硬化后，形成材料试件；

[0020] 第二步：连接应变测试装置：拆除模具，打磨材料试件表面，去掉表面浮渣，形成表面光滑的试件；

[0021] 第三步：对试件进行湿度平衡，配制与目标控制湿度相对应的饱和无机盐溶液，然后将试件放入饱和无机盐溶液形成的环境中，进行湿度平衡，并记录试件的重量变化，当试件的重量不再变化时，进入第四步；

[0022] 第四步：调节试件所处环境的温度：首先，将应变传感器固定在试件的外壁面上，应变传感器与应变解调仪相连；将试件放置在上部夹头和下部夹头之间，再将盛有无机盐溶液的容器放置在支架与加热套之间；随后，设定试件所处环境的目标温度，通过温度控制

器和加热套,对试件所处环境的温度进行调节,使试件所处环境温度等于目标温度;

[0023] 第五步:进行徐变测试:通过温度控制器观察加热套内的温度变化,当温度达到目标值且不再变化时,开始进行材料的徐变测试:将砝码放置在承压板上,承压板通过下部球铰和下部夹头对试件施加拉应力,根据加载砝码的重量,调节对试件施加的徐变应力;同时,开启应变解调仪,采集应变数据,通过试件的应变随时间的变化,测定试件在拉伸应力和环境因素耦合作用下的材料徐变性能的应变情况。

[0024] 有益效果:与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0025] (1) 在长期施加荷载过程中,试件无应力松弛,且应力分布均匀。传统的材料徐变实验中,采用弹簧或者液压方式加载,试件发生徐变变形会引起徐变应力的下降,试件处于松弛试验状态。本发明的测试装置中,第一、采用砝码的重力施加徐变荷载,第二、通过滑动轴承使承压板自由地在支撑杆上运动,有效地减少了摩擦阻力对试件变形的限制,保证应力的有效传递;第三、采用轻质高强材料制成承压板、下部球铰和下部夹头,承压板的重量与拉伸徐变应力相比可以忽略,确保各试件测试应力条件相同。总之,本发明的测试装置中,在长期施加荷载过程中,试件无应力松弛,且应力分布均匀。

[0026] (2) 试件同轴受力,有利于提高测试的准确度。传统的徐变加载仪器,试件所受到的拉伸应力常常偏离时间的轴线。本发明中,通过以下方法来解决这个问题:第一、严格保证试件的尺寸,在试件平行切割过程中,用游标卡尺测量进行粗略控制,然后用砂纸进行打磨精确控制;第二、使应变传感器与试件的轴线一致;第三、承压板利用滑动轴承与支撑杆相连,从而限制承压板只能在支撑杆上上下下滑动,从而限制承压板的横向变形,减小试件偏心受荷的可能性;第四、采用球铰可以保证试件受拉过程中保持位于同一轴线,不会出现偏心受拉。

[0027] (3) 温度和湿度控制方便,可靠性高。传统的徐变变形试验都是在标准徐变室进行的,温度和湿度变化较大。不同的材料徐变变形受环境温度和相对湿度的影响很大。本发明采用智能的温度控制器和加热器来控制试件所处的微环境的温度,采用饱和无机盐溶液控制试件测试环境的相对湿度。本发明对温度和湿度控制具有控制精度高,方便可靠,适应性好的优点。

[0028] (4) 应力水平可调,精度高。传统的徐变加载仪器依靠液压或者弹簧加载,加载的精度较低。本发明采用砝码加载,仅需要采用不同的砝码就可以实现不同徐变应力加载,而且徐变应力的精度与采用砝码的精度有关系,采用高精度的砝码可以实现高精度的应力加载。

[0029] (5) 应变数据采集精度高。本发明中采用高精度的应变传感器和应变解调仪来采集材料徐变过程中的徐变变形值,数据自动存储。与传统的依赖人工读数的千分表相比,本发明应变数据采集精度高,且可靠性高,连续性好,且节约时间。

## 附图说明

[0030] 图1是本发明的测试装置的结构示意图。

[0031] 图2是本发明实施例1中,应力水平对材料拉伸徐变性能的作用线条图。

[0032] 图3是本发明实施例2中,温度对材料拉伸徐变性能的作用线条图。

[0033] 图4是本发明实施例3中,相对湿度对材料拉伸徐变性能的作用线条图。

[0034] 图中有：支架 1、砝码 2、加热套 3、容器 4、应变解调仪 5、电源 6、温度控制器 7、调平支脚 8、应变传感器 9、试件 10、定位板 101、上部球铰 102、上部夹头 103、支撑杆 104、滑动轴承 105、承压板 106、底座板 107、下部夹头 108 和下部球铰 109。

### 具体实施方式

[0035] 下面结合附图,对本发明的技术方案作进一步详细的说明。

[0036] 如图 1 所示,本发明的一种拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装置,包括支架 1、砝码 2、加热套 3、盛有饱和无机盐溶液的容器 4、应变解调仪 5、电源 6、温度控制器 7、应变传感器 9 和试件 10。支架 1 包括定位板 101、上部球铰 102、上部夹头 103、支撑杆 104、承压板 106、底座板 107、下部夹头 108 和下部球铰 109。上部球铰 102 固定在定位板 101 上。上部夹头 103 中设有凹槽,且上部夹头 103 连接在上部球铰 102 上。上部夹头 103 可以围绕上部球铰 102 旋转,便于试件 10 的安装。支撑杆 104 固定连接在定位板 101 和底座板 107 之间。在支撑杆 104 上部设置定位板 101,可以提高支撑杆 101 的稳固性,避免其摇摆。承压板 106 位于定位板 101 和底座板 107 之间。支撑杆 104 穿过承压板 106,且支撑杆 104 和承压板 106 通过滑动轴承 105 连接。承压板 106 通过滑动轴承 105 沿支撑杆 104 移动。下部球铰 109 固定在承压板 106 上。下部夹头 108 中设有凹槽,且下部夹头 108 连接在下部球铰 109 上。下部夹头 108 可以绕下部球铰 109 旋转,便于试件 10 的安装。下部夹头 108 与上部夹头 103 相对。下部夹头 108 与上部夹头 103 位于定位板 101 和承压板 106 之间。试件 10 的顶端嵌至在上部夹头 103 的凹槽中,试件 10 的底端嵌至在下部夹头 108 的凹槽中。砝码 2 位于承压板 106 上。加热套 3 罩在支架 1 的外侧。加热套 3 可对整个支架 1 进行加热,进而调节试件 10 所处环境的温度。容器 4 位于支架 1 与加热套 3 之间。应变传感器 9 粘贴在试件 10 的外壁面上。作为优选,所述的应变传感器 9 与试件 10 的轴线平行。这样在试件 10 同轴受力时,应变传感器 9 采集的数据更准确。应变传感器 9 通过导线与应变解调仪 5 连接。电源 6 与温度控制器 7 的电源输入端连接,温度控制器 7 的输出端与环形加热套 3 连接。当应变传感器 9 为电阻式应变片时,应变解调仪 5 为电阻应变解调仪。当应变传感器 9 为光纤光栅传感器时,应变解调仪 5 为光纤光栅解调仪。

[0037] 进一步,所述的拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装置,还包括调平支脚 8,调平支脚 8 为 3 个至 6 个,调平支脚 8 连接在底座板 107 的底面,且调平支脚 8 均匀分布在底座板 107 的底面。设置调平支脚 8,可以让定位板 101、承压板 106 和底座板 107 均处于水平状态,让材料徐变性能测试更准确。

[0038] 进一步,所述的上部球铰 102、下部球铰 109 和承压板 106 均由轻质高强材料制成。例如,轻质高强材料可采用塑料、铝合金和纤维增强高分子材料。由轻质高强材料制作承压板 106,可以减小承压板 106 的重量。采用轻质高强材料,既能承受测试所需的压应力,而且承压板 106 本身重量与施加的压应力相比很小,可以忽略其对试件 10 拉伸徐变变形应力的影响,使测试更准确。

[0039] 进一步,所述的支撑杆 104 为三根,均匀布置在定位板 101 和底座板 107 之间。设置三根支撑杆 104 即可实现定位板 101 和底座板 107 之间的连接,且连接牢靠性高。同时,设置三根支撑杆 104,有利于承压板 106 稳定滑移。

[0040] 在上述测试装置中,上部夹头 103 的凹槽和试件 10 的上部相匹配,下部夹头 108

的凹槽和试件 10 的下部相匹配,上部夹头 103 通过上部球铰 102 和定位板 101 相连,下部夹头 108 通过下部球铰 109 和承压板 106 相连。设置凹槽、上部球铰 102 和下部球铰 109,有利于确定试件 10 的承载中心,使试件 10 的受力方向与试件 10 的轴线相同。

[0041] 上述测试装置包括:加载部分、加热部分、湿度控制部分和应变采集部分。加载部分主要由支架 1 和砝码 2 组成,支架 1 中的定位板 101 和底座 107,用来固定整个支架 1,保证整个加载部分的稳定;承压板 106 用来承受加载砝码 2 的重量;承压板 106、下部球铰 109 和下部夹头 108 用来向试件 10 传递拉应力,上部夹头 103 和上部球铰 102 用来承载试件 10。为了减小试件 10 变形过程中摩擦带来的阻力,承压板 106 用滑动轴承 105 与支撑杆 104 可靠连接。加热部分主要由温度控制器 7、加热套 3 和电源 6 组成。加热的目标温度由温度控制器 7 控制完成。温度控制器 7 中的温度传感器负责收集加热套 3 的实时温度,并反馈给温度控制开关,温度控制开关对温度传感器反馈的温度信号进行处理。湿度控制部分主要有饱和和无机盐溶液和密封装置两部分组成。利用饱和和无机盐溶液形成的相对湿度模拟实际湿度环境。加热套 3 对整个支架 1 起到密封作用。应变采集部分主要有应变传感器 9 和应变解调仪 5。

[0042] 上述的拉应力与环境耦合作用下材料徐变的测试装置的测试方法,包括以下步骤:

[0043] 第一步:制作材料试件:利用搅拌机搅拌材料原材料,制成材料浆体;然后将材料浆体浇筑在哑铃形模具中,待材料浆体硬化后,形成材料试件。试件 10 由水泥基材料、有机材料或者无机材料制成。

[0044] 第二步:连接应变测试装置:拆除模具,打磨材料试件表面,去掉表面浮渣,形成表面光滑的试件 10。

[0045] 第三步:对试件进行湿度平衡,配制与目标控制湿度相对应的饱和和无机盐溶液,然后将试件 10 放入饱和和无机盐溶液形成的环境中,进行湿度平衡,并记录试件 10 的重量变化,当试件 10 的重量不再变化时,进入第四步。

[0046] 在第三步中,根据采用的无机盐溶液不同,可实现对试件 10 所处环境的相对湿度控制。

[0047] 第四步:调节试件所处环境的温度:首先,将应变传感器 9 固定在试件 10 的外壁上,应变传感器 9 与应变解调仪 5 相连;将试件 10 放置在上部夹头 103 和下部夹头 108 之间,再将盛有无机盐溶液的容器 4 放置在支架 1 与加热套 3 之间;随后,设定试件所处环境的目标温度,通过温度控制器 7 和加热套 3,对试件 10 所处环境的温度进行调节,使试件 10 所处环境温度等于目标温度。

[0048] 第五步:进行徐变测试:通过温度控制器 7 观察加热套 3 内的温度变化,当温度达到目标值且不再变化时,开始进行材料的徐变测试:将砝码 2 放置在承压板 106 上,承压板 106 通过下部球铰 109 和下部夹头 108 对试件 10 施加拉应力,根据加载砝码 2 的重量,调节对试件 10 施加的徐变应力;同时,开启应变解调仪 5,采集应变数据,通过试件 10 的应变随时间的变化,测定试件 10 在拉伸应力和环境因素耦合作用下的材料徐变性能的应变情况。

[0049] 利用本发明的测试装置进行应力—环境耦合试验时,首先按规定配置饱和和无机盐溶液,并将试件 10 放入其中,进行湿度平衡,记录重量变化,在试件 10 重量没有明显变化时,在试件 10 表面粘贴应变传感器 9,并预留外接线,其次将试件 10 安放在上部夹头 103 和



下部夹头 108 之间,并做好密封加载架整体的密封工作。然后开启温度控制器 7,对试件 10 加热到目标温度,并保温一段时间。随后取同配比的六个水泥基材料试件作为一组,其中取三个进行拉伸试验,获得平均拉伸强度。接着利用测试装置对剩余的三个试件施加轴向拉伸应力。事先测算好所要施加应力水平对应的砝码重量(考虑承压板对试件的作用),缓慢地将试件 10 放置在上部夹头 103 和下部夹头 108 的凹槽内,并保持试件 10 的轴线与施力方向一致。最后加载完毕后,开启应变解调仪 5 进行拉伸徐变变形值的数据采集工作。

[0050] 实施例 1:

[0051] 水泥沥青砂浆配合比 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ):干粉 1000,乳化沥青 160,水 110,减水剂 1.4,消泡剂 0.05。按上述配比,采用强制搅拌机拌匀后,将新拌水泥沥青砂浆浇筑到一定尺寸的哑铃形模具中,然后将试件放入标准养护室(温度  $T = 20 \pm 3^\circ\text{C}$ 、 $\text{RH} \geq 95\%$ )中养护到规定龄期然后取出。用 MTS810 实验机对养护好的试件参照 GB/T 228.1-2010《金属材料拉伸试验第一部分:室温试验方法》进行拉伸强度测试。据测得拉伸强度,采用本发明的测试装置和测试方法,对试件分别施加 0.03、0.15 和 0.30 应力水平(施加的拉伸应力/极限拉伸应力),控制环境温度为  $20^\circ\text{C}$ ,相对湿度  $\text{RH} = 60\%$ 。加载完毕后,开启应变解调仪 5,进行水泥沥青砂浆的拉伸徐变变形试验。测得应力与水泥沥青砂浆拉伸徐变变形随时间的变化关系如图 2 所示。

[0052] 图 2 中,横坐标表示徐变测试的龄期,单位:天,纵坐标表示材料的拉伸徐变变形值,单位: $\mu\epsilon$ 。图 2 中的线条分别表示应力水平为 0.03、0.15 和 0.30 时材料的拉伸徐变变形随时间的发展规律。从图 2 中可以看出,该材料的拉伸徐变绝对值随着应力水平的增加而增加。同时,由于本发明可以对应变数据快速采集,可以有效地反应材料拉伸徐变过程中应变值随龄期变化的细节。

[0053] 实施例 2

[0054] 水泥沥青砂浆配合比 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ):干粉 1000,乳化沥青 160,水 110,减水剂 1.4,消泡剂 0.05。按上述配比,采用强制搅拌机拌匀后,将新拌水泥沥青砂浆浇筑到一定尺寸的哑铃形模具中,然后将试件放入标准养护室(温度  $T = 20 \pm 3^\circ\text{C}$ 、 $\text{RH} \geq 95\%$ )中养护到规定龄期然后取出。用 MTS810 实验机对养护好的试件参照 GB/T228.1-2010《金属材料拉伸试验第一部分:室温试验方法》进行拉伸强度测试。据测得拉伸强度,采用本发明的测试装置和测试方法,对试件施加 0.030 应力水平(施加的拉伸应力/极限拉伸应力),设定加热装置目标温度为  $20^\circ\text{C}$ 、 $40^\circ\text{C}$  和  $80^\circ\text{C}$ ,设置相对湿度  $\text{RH} = 60\%$ 。加载完毕后,开启应变解调仪 5,进行不同温度条件下水泥沥青砂浆的拉伸徐变变形试验。测得温度和水泥沥青砂浆拉伸徐变变形随时间的变化关系如图 3 所示。

[0055] 图 3 中,横坐标表示徐变测试的龄期,单位:天;纵坐标表示材料的徐变变形值,单位: $\mu\epsilon$ 。图 3 中的线条分别表示环境温度  $20^\circ\text{C}$ 、 $40^\circ\text{C}$ 、 $60^\circ\text{C}$  和  $80^\circ\text{C}$  时材料的徐变变形随时间的变化情况。从图 3 中可以看出,材料的拉伸徐变绝对值随龄期的增长开始时快速增长,然后逐渐趋于平缓。而且拉伸徐变变形值随着环境温度的增加而增加。

[0056] 实施例 3

[0057] 水泥沥青砂浆配合比 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ):干粉 1000,乳化沥青 160,水 110,减水剂 1.4,消泡剂 0.05。按上述配比,采用强制搅拌机拌匀后,将新拌水泥沥青砂浆浇筑到一定尺寸的哑铃形模具中,然后将试件放入标准养护室(温度  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 、 $\text{RH} \geq 95\%$ )中养护到规定龄期然后

取出。用 MTS810 实验机对养护好的试件参照 GB/T228.1-2010《金属材料拉伸试验第一部分：室温试验方法》进行拉伸强度测试。据测得的拉伸强度，采用本发明的测试装置和测试方法，对试件施加 0.030 应力水平（施加的拉伸应力 / 极限拉伸应力），设置温度为 20℃，配制控制相对湿度分别为 33%，75%，59% 和 98% 的过饱和无机盐溶液。加载完毕后，开启应变解调仪 5，进行不同相对湿度条件下的拉伸徐变变形试验。测得相对湿度与水泥沥青砂浆拉伸徐变变形之间的关系如图 4 所示。

[0058] 图 4 中，横坐标表示拉伸徐变测试的龄期，单位：天；纵坐标表示材料的拉伸徐变变形值，单位： $\mu\epsilon$ 。图 4 中的线条分别表示相对湿度为 33%、59%、75% 和 98% 时，材料的徐变变形随时间的变化情况。从图 4 中可以看出，材料的拉伸徐变变形绝对值随龄期的先快速增长，然后趋于平缓。而且拉伸徐变变形值随着环境相对湿度的增加而增加。

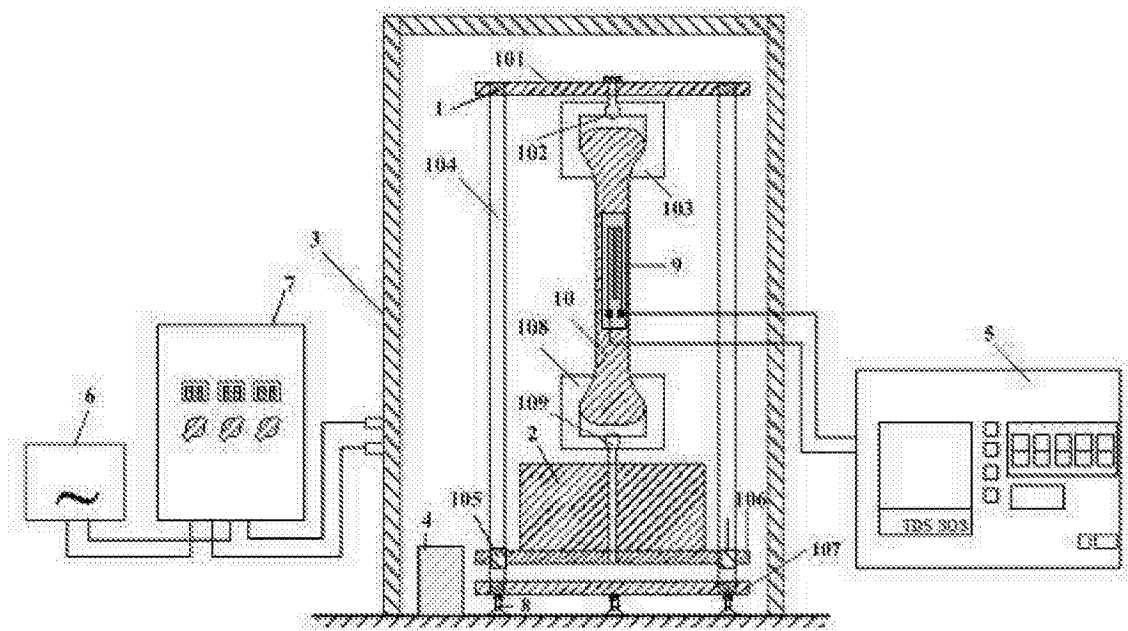


图 1

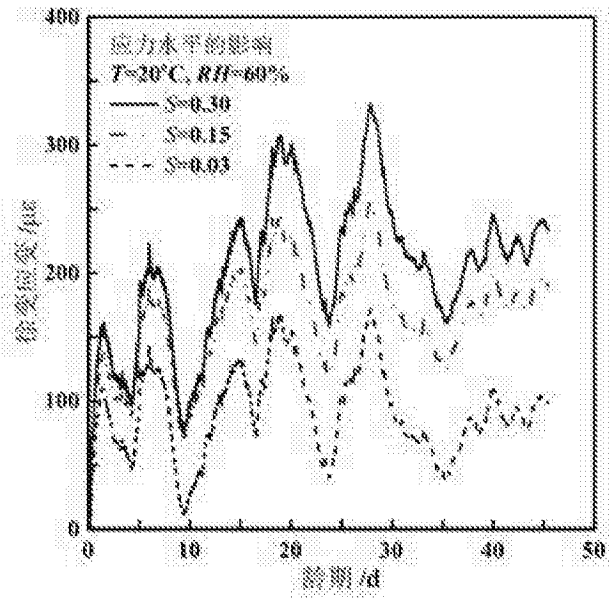


图 2

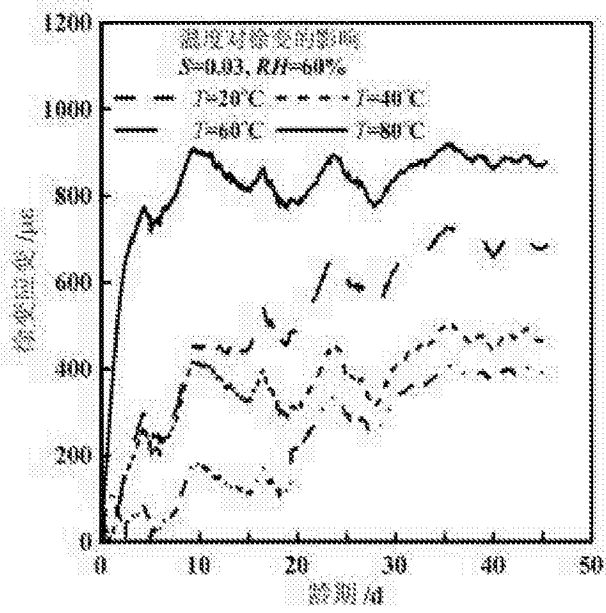


图 3

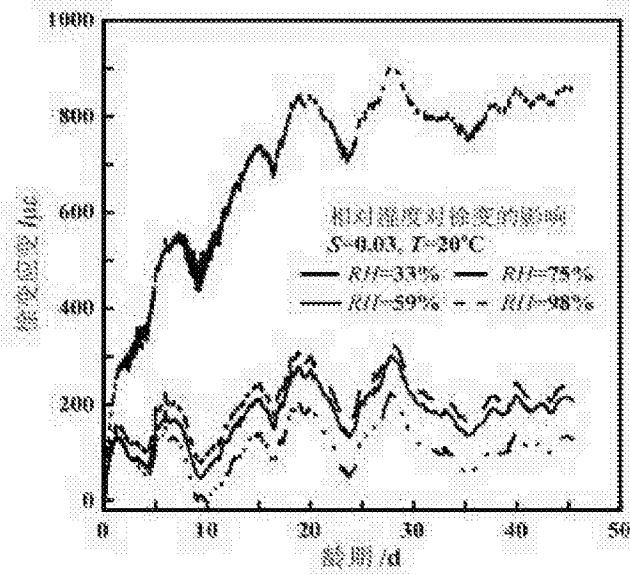


图 4