



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111208281 B

(45) 授权公告日 2022.06.24

(21) 申请号 202010055613.0

CN 102879468 A, 2013.01.16

(22) 申请日 2020.01.17

CN 103558364 A, 2014.02.05

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 207232373 U, 2018.04.13

申请公布号 CN 111208281 A

CN 103713320 A, 2014.04.09

CN 104675396 A, 2015.06.03

(43) 申请公布日 2020.05.29

邵媛媛等.基于微地震事件点的SRV拟合方法比较研究.《西南石油大学学报(自然科学版)》.2018,第132-142页.

(73) 专利权人 西南石油大学

地址 610500 四川省成都市新都区新都大道8号

Zaoyuan Li et.,.Study of the failure mechanisms of a cement sheath based on an equivalent physical experiment.《Journal of Natural Gas Science and Engineering》.2016,第331-339页.

(72) 发明人 刘健 薛元陶 李早元 黄盛

程小伟 郭小阳 宋伟涛

Carnot L. Nogueira et.,.Experimental analysis of cement-based materials under shear stress.《Construction and Building Materials》.2018,第392-401页.

(74) 专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理有限公司 11246

专利代理师 邹仕娟

审查员 刘子萱

(51) Int. Cl.

G01N 33/38 (2006.01)

权利要求书3页 说明书9页 附图2页

(56) 对比文件

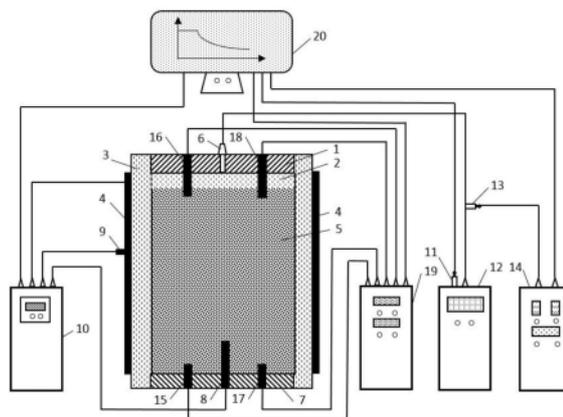
CN 208188258 U, 2018.12.04

## (54) 发明名称

水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置及方法

## (57) 摘要

本发明提供一种水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置,包括用于盛装水泥浆的密封浆杯,在该密封浆杯上安装有用于采集水泥浆剪切波的剪切波采集装置、用于采集水泥浆纵波的纵波采集装置、用于控制密封浆杯内压力的压力控制系统、用于测量密封浆杯内水泥浆体积变化的体积采集系统、用于给水泥浆加热的加热测量装置;所述剪切波采集装置、纵波采集装置、压力控制系统、体积采集系统、加热测量装置与计算机系统连接。本发明不仅可以准确计量水泥浆在液态、塑性态、固态三个阶段的体积变化量,而且还便于监测膨胀剂主要作用在水泥浆体积收缩的哪个阶段,这对于膨胀剂的评价与优选有着重要的意义。



CN 111208281 B

1. 一种水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置,其特征在于,包括用于盛装水泥浆(5)的密封浆杯(3),在该密封浆杯(3)上安装有用于采集水泥浆(5)剪切波的剪切波采集装置、用于采集水泥浆(5)纵波的纵波采集装置、用于控制密封浆杯(3)内压力的压力控制系统、用于测量密封浆杯(3)内水泥浆(5)体积变化的体积采集系统、用于给水泥浆(5)加热的加热测量装置;

所述剪切波采集装置、纵波采集装置、压力控制系统、体积采集系统、加热测量装置与计算机系统连接;

所述剪切波采集装置包括剪切波发射器(17)、剪切波接收器(18)、声波采集系统(19);所述纵波采集装置包括纵波发射器(15)、纵波接收器(16)、声波采集系统(19);

所述剪切波发射器(17)、纵波发射器(15)的一端分别探入在水泥浆内,另一端分别与所述声波采集系统(19)连接;

纵波接收器(16)、剪切波接收器(18)分别安装在密封浆杯(3)的顶盖(1)上;所述纵波发射器(15)、剪切波发射器(17)分别安装在密封浆杯(3)的底盖(7)上。

2. 根据权利要求1所述的水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置,其特征在于,所述剪切波发射器(17)、剪切波接收器(18)、纵波发射器(15)、纵波接收器(16)的表面分别涂覆有一层耐高温润滑油。

3. 根据权利要求1所述的水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置,其特征在于,所述压力控制系统包括设置在该密封浆杯(3)上的增压与泄压口(6)、压力传感器(11)、压力控制系统(12)、置于密封浆杯(3)内水泥浆上表面的液体介质(2);

所述增压与泄压口(6)通过液压管线与压力控制系统(12)连接,该压力控制系统(12)可以通过液压管线控制流入或流出密封浆杯(3)内液体介质(2)的流量;所述压力传感器(11)的信号采集端与压力控制系统(12)连接,该压力传感器(11)的信号输出端与计算机系统连接;

所述水泥浆(5)直径 $d$  cm,高度 $h_1$  cm,上端面与液体介质(2)直接接触,液体介质(2)与水泥浆直接接触不会影响水泥浆上端面的水化反应和后期强度,液体介质(2)高度 $h_2$  cm,水泥浆膨胀高度 $h_3$  cm,满足 $h_1 \gg h_2 > h_3$ 。

4. 根据权利要求1所述的水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置,其特征在于,体积采集系统包括:精密流量传感器(13)、体积变化采集系统(14);

所述精密流量传感器(13)的采集端安装在液压管线上用于测量经过该液压管线的液体介质流量,其信号输出端连接在体积变化采集系统(14)上,体积变化采集系统(14)与计算机系统连接。

5. 根据权利要求1所述的水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置,其特征在于,所述加热测量装置包括:加热器(4)、用于测量加热器(4)加热温度的外耦温度传感器(9)、用于测量水泥浆(5)温度的内耦温度传感器(8)、温度控制系统(10);

所述内耦温度传感器(8)、外耦温度传感器(9)的信号输出端、加热器(4)分别与温度控制系统(10)连接,温度控制系统(10)的信号输出端与计算机系统连接。

6. 一种水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试方法,其特征在于,通过水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置测试液塑固三态的体积变化;该水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置包括:顶盖(1)、液体介质(2)、密封浆杯(3)、加热器(4)、水泥

浆(5)、增压与泄压口(6)、底盖(7)、内耦温度传感器(8)、外耦温度传感器(9)、温度控制系统(10)、压力传感器(11)、压力控制系统(12)、精密流量传感器(13)、体积变化采集系统(14)、纵波发射器(15)、纵波接收器(16)、剪切波发射器(17)、剪切波接收器(18)、声波采集系统(19)、计算机系统(20)；

该测试方法具体包括以下步骤：

步骤一：将底盖(7)通过浆杯底部螺纹安装在浆杯下端面上，将纵波发射器(15)、剪切波发射器(17)、内耦温度传感器(8)通过密封圈安装在底盖(7)上，三者均与水泥浆直接接触，为了拆卸方便，分别在其表面涂一层耐高温润滑油；

步骤二：按照配方要求配制相应体系的水泥浆，随后注入到浆杯内部 $h_1$  cm刻度处，将顶盖(1)通过浆杯顶部螺纹安装在浆杯上端面，将纵波接收器(16)、剪切波接收器(18)通过密封圈安装在顶盖(1)上，两者均与水泥浆直接接触，为了拆卸方便，分别在其表面涂一层耐高温润滑油；

步骤三：将内耦温度传感器(8)、外耦温度传感器(9)通过数据线连接在温度控制系统(10)上，将加热器(4)一端的加热管线连接在温度控制系统(10)上，将温度控制系统(10)上的温度传感器端口通过数据线连接在计算机系统(20)上；

步骤四：将压力传感器(11)一端连接在压力控制系统(12)上，另一端连接在计算机系统(20)上；液压管线一端连接在压力控制系统(12)上，另一端通过螺母扣连接在增压与泄压口(6)上；

步骤五：将精密流量传感器(13)一端连接在液压管线上，另一端连接在体积变化采集系统(14)上，将体积变化采集系统(14)上的体积变化采集端口通过数据线连接在计算机系统(20)上；

步骤六：将纵波发射器(15)、纵波接收器(16)、剪切波发射器(17)、剪切波接收器(18)通过数据线连接在声波采集系统(19)上，将声波采集系统(19)上的声波采集端口通过数据线连接在计算机系统(20)上；

步骤七：启动压力控制系统(12)，向浆杯内注入液体介质(2)，拧松增压与泄压口(6)上的螺母扣，等到有液体介质从丝扣中流出时，拧紧螺母扣，此时浆杯上部已充满液体介质(2)；

步骤八：打开温度控制系统(10)电源，根据实际工况设定温度、压力和升温升压时间，启动程序，此时温度控制系统(10)、压力控制系统(12)会按照程序进程自动升温升压，等升到设定的温度和压力值时，温度和压力控制系统会自动保温保压，保证水泥浆的温度压力环境稳定；

步骤九：启动升温升压程序时，同时启动声波采集系统(19)，监测水泥浆升温升压阶段和养护阶段过程中纵波和剪切波的实时变化；

步骤十：等到升温升压过程结束后，打开精密流量传感器(13)，启动体积变化采集系统(14)，实时监测浆杯内液体介质(2)的体积变化，通过体积变化采集系统(14)换算成水泥浆的体积变化值，然后通过体积变化采集系统(14)上的体积变化采集端口将实时采集值传输到计算机系统(20)上；结合纵波和剪切波的检测数据，计量水泥浆在液态、塑性态、固态三个阶段的体积变化量；

步骤十一：等到实验结束后，保存水泥浆体积变化曲线图，关闭温度控制系统(10)、压

力控制系统(12)、体积变化采集系统(14)、声波采集系统(19)的程序,等到仪器降温后,卸掉浆杯内的压力,拆除内耦温度传感器(8)、纵波发射器(15)、纵波接收器(16)、剪切波发射器(17)、剪切波接收器(18),卸下顶盖(1)和底盖(7),清除浆杯内的水泥石,清洗浆杯,关闭各个控制系统、采集系统、计算机系统的电源,实验结束。

## 水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及石油钻井固井工程技术领域,尤其涉及一种水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置及方法。

### 背景技术

[0002] 固井施工过程中,水泥浆充填于套管与井眼之间的环形空间内,凝结固化后形成的水泥环支撑井壁、保护套管、封隔油气水层。通常水泥浆本身会产生体积收缩,导致后期水泥环胶结质量得不到保证,引起层间窜流、环空带压等问题。通过监测水泥浆体积收缩的时变过程,对合理研发膨胀水泥浆体系,解决水泥浆体积收缩的问题有着重要的意义。经过多年的研究发展,国内外已经在水泥浆体积收缩测试装置上取得了长足的进步(例如:汪晓静.一种油井水泥高温高压体积膨胀收缩测试仪:CN102928578A、李宁.固井用水泥浆体积变化测试仪及测试方法:CN103245773A、张华.体积膨胀收缩率测试装置:CN205138938U等),虽然这些装置能够实现对水泥浆体积收缩的测量,但是无法分辨出液态、塑性态、固态三个阶段水泥浆的体积收缩,目前对于水泥浆塑性收缩和硬化体收缩还没有可靠的测试手段,无法对水泥浆水化过程中液塑固三态体积变化精细有效地测试。

[0003] 抑制水泥浆体积收缩较好的方法就是加入油井水泥膨胀剂,膨胀剂的种类繁多,对油井水泥来说,膨胀材料发生作用最好是在水泥浆处于塑性态时,使得水泥浆体积不收缩,在水泥浆处于固态阶段产生微膨胀,这样既减小了水泥浆的体积收缩量,又不会因后期过量膨胀破坏水泥石的内部结构。因此,需要一个体积膨胀收缩测试装置既能监测水泥浆从液态到固态整个过程体积的变化量,也能准确计量水泥浆在液态、塑性态、固态三个阶段各自的体积变化量,从而监测膨胀剂的效果主要作用在水泥浆的哪个阶段,可以更精细地对膨胀剂进行评价与优选。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于解决上述现有技术存在的缺陷,提供一种既能实现连续监测水泥浆体积的变化又能区分水化过程液塑固三个阶段的体积变化量的测试装置及方法。

[0005] 一种水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置,包括用于盛装水泥浆的密封浆杯,在该密封浆杯上安装有用于采集水泥浆剪切波的剪切波采集装置、用于采集水泥浆纵波的纵波采集装置、用于控制密封浆杯内压力的压力控制系统、用于测量密封浆杯内水泥浆体积变化的体积采集系统、用于给水泥浆加热的加热测量装置;

[0006] 所述剪切波采集装置、纵波采集装置、压力控制系统、体积采集系统、加热测量装置与计算机系统连接。

[0007] 进一步地,如上所述的水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置,所述剪切波采集装置包括剪切波发射器、剪切波接收器、声波采集系统;所述纵波采集装置包括纵波发射器、纵波接收器、声波采集系统;

[0008] 所述剪切波发射器、纵波发射器、的一端分别探入在水泥浆内,另一端分别与所述

声波采集系统连接;纵波接收器、剪切波接收器分别安装在密封浆杯的顶盖上;所述纵波发射器、剪切波发射器分别安装在密封浆杯的底盖上。

[0009] 进一步地,如上所述的水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置,所述剪切波发射器、剪切波接收器、纵波发射器、纵波接收器的表面分别涂覆有一层耐高温润滑油。

[0010] 进一步地,如上所述的水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置,所述压力控制系统包括设置在该密封浆杯上的增压与泄压口、压力传感器、压力控制系统、置于密封浆杯内水泥浆上表面的液体介质;

[0011] 所述增压与泄压口通过液压管线与压力控制系统连接,该压力控制系统可以通过液压管线控制流入或流出密封浆杯内液体介质的流量;所述压力传感器的信号采集端与压力控制系统连接,该压力传感器的信号输出端与计算机系统连接;

[0012] 所述水泥浆直径 $d$  cm,高度 $h_1$  cm,上端面与液体介质直接接触,液体介质与水泥浆直接接触不会影响水泥浆上端面的水化反应和后期强度,液体介质高度 $h_2$  cm,水泥浆膨胀高度 $h_3$  cm,满足 $h_1 \gg h_2 > h_3$ 。

[0013] 进一步地,如上所述的水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置,体积采集系统包括:精密流量传感器、体积变化采集系统;

[0014] 所述精密流量传感器的采集端安装在液压管线上用于测量经过该液压管线的液体介质流量,其信号输出端连接在体积变化采集系统上,体积变化采集系统与计算机系统连接。

[0015] 进一步地,如上所述的水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置,所述加热测量装置包括:加热器、用于测量加热器加热温度的外耦温度传感器、用于测量水泥浆温度的内耦温度传感器、温度控制系统;

[0016] 所述内耦温度传感器、外耦温度传感器的信号输出端、加热器分别与温度控制系统连接,温度控制系统的信号输出端与计算机系统连接。

[0017] 一种水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试方法,包括通过水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置测试液塑固三态的体积变化;该水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置包括:顶盖、液体介质、密封浆杯、加热器、水泥浆、增压与泄压口、底盖、内耦温度传感器、外耦温度传感器、温度控制系统、压力传感器、压力控制系统、精密流量传感器、体积变化采集系统、纵波发射器、纵波接收器、剪切波发射器、剪切波接收器、声波采集系统、计算机系统;

[0018] 该测量方法具体包括以下步骤:

[0019] (1) 将底盖通过浆杯底部螺纹安装在浆杯下端面,将纵波发射器、剪切波发射器、内耦温度传感器通过密封圈安装在底盖上,三者均与水泥浆直接接触,为了拆卸方便,可分别在其表面涂一层耐高温润滑油;

[0020] (2) 按照配方要求配制相应体系的水泥浆,随后注入到浆杯内部 $h_1$  cm刻度处,将顶盖通过浆杯顶部螺纹安装在浆杯上端面,将纵波接收器、剪切波接收器通过密封圈安装在顶盖上,两者均与水泥浆直接接触,为了拆卸方便,可分别在其表面涂一层耐高温润滑油;

[0021] (3) 将内耦温度传感器、外耦温度传感器通过数据线连接在温度控制系统上,将加

热器一端的加热管线连接在温度控制系统上,将温度控制系统上的温度传感器端口通过数据线连接在计算机系统中;

[0022] (4) 将压力传感器一端连接在压力控制系统上,另一端连接在计算机系统中;液压管线一端连接在压力控制系统上,另一端通过螺母扣连接在增压与泄压口上;

[0023] (5) 将精密流量传感器一端连接在液压管线上,另一端连接在体积变化采集系统上,将体积变化采集系统上的体积变化采集端口通过数据线连接在计算机系统中;

[0024] (6) 将纵波发射器、纵波接收器、剪切波发射器、剪切波接收器通过数据线连接在声波采集系统上,将声波采集系统上的声波采集端口通过数据线连接在计算机系统中;

[0025] (7) 启动压力控制系统,向浆杯内注入液体介质,拧松增压与泄压口上的螺母扣,等到有液体介质从丝扣中流出时,拧紧螺母扣,此时浆杯上部已充满液体介质;

[0026] (8) 打开温度控制系统电源,根据实际工况设定温度、压力和升温升压时间,启动程序,此时温度控制系统、压力控制系统会按照程序进程自动升温升压,等升到设定的温度和压力值时,温度和压力控制系统会自动保温保压,保证水泥浆的温度压力环境稳定;

[0027] (9) 启动升温升压程序时,同时启动声波采集系统,监测水泥浆升温升压阶段和养护阶段过程中纵波和剪切波的实时变化;

[0028] (10) 等到升温升压过程结束后,打开精密流量传感器,启动体积变化采集系统,实时监测浆杯内液体介质的体积变化,通过体积变化采集系统换算成水泥浆的体积变化值,然后通过体积变化采集系统上的体积变化采集端口将实时采集值传输到计算机系统中;

[0029] (11) 等到实验结束后,保存水泥浆体积变化曲线图,关闭温度控制系统、压力控制系统、体积变化采集系统、声波采集系统的程序,等到仪器降温后,卸掉浆杯内的压力,拆除内耦温度传感器、纵波发射器、纵波接收器、剪切波发射器、剪切波接收器,卸下顶盖和底盖,清除浆杯内的水泥石,清洗浆杯,关闭各个控制系统、采集系统、计算机系统的电源,实验结束。

[0030] 有益效果:

[0031] (1) 本发明液体介质与水泥浆直接接触,无论水泥浆处于液态、塑性态、还是固态,都可以实时检测水泥浆的体积变化,保证仪器检测的精确性和连续性。

[0032] (2) 本发明利用纵波和剪切波的作用机理,便于我们区分水泥浆的液态、塑性态和固态,声波采集系统和体积变化采集系统的结合分析,不仅可以准确计量水泥浆在液态、塑性态、固态三个阶段的体积变化量,而且还便于监测膨胀剂主要作用在水泥浆体积收缩的哪个阶段,这对于膨胀剂的评价与优选有着重要的意义。

## 附图说明

[0033] 图1是本发明一种油井水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置的结构示意图;

[0034] 图2是本发明实施例一提供的含膨胀剂1的水泥浆体积变化测试结果示意图;

[0035] 图3是本发明实施例二提供的含膨胀剂2的水泥浆体积变化测试结果示意图;

[0036] 图4是本发明实施例三提供的含膨胀剂3的水泥浆体积变化测试结果示意图。

## 具体实施方式

[0037] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面对本发明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作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。

[0038] 本发明作用并不局限于膨胀剂的评价,更多在于针对水泥浆体积变化,能够实现连续监测的同时又能区分每个阶段的改变,同时也对水泥浆评价与改性提供技术支持。

[0039] 本发明提供了一种油井水泥水化过程中液塑固三态体积变化的测试装置及方法,主要由顶盖1、液体介质2、浆杯杯壁3、加热器4、水泥浆5、增压与泄压口6、底盖7、内耦温度传感器8、外耦温度传感器9、温度控制系统10、压力传感器11、压力控制系统12、精密流量传感器13、体积变化采集系统14、纵波发射器15、纵波接收器16、剪切波发射器17、剪切波接收器18、声波采集系统19、计算机系统20等组成。

[0040] 所述顶盖1通过浆杯上部螺纹固定在浆杯的上端面,拆卸与安装方便。

[0041] 所述液体介质2由压力控制系统12经增压与泄压口6向浆杯注入与释放。

[0042] 所述浆杯杯壁3外径D cm,壁厚T cm,高度H cm,外部安装有加热器4和外耦温度传感器9。

[0043] 所述水泥浆5直径d cm,高度 $h_1$  cm,上端面与液体介质2直接接触,液体介质2与水泥浆直接接触不会影响水泥浆上端面的水化反应和后期强度,而且无论水泥浆处于液态、塑性态、还是固态,都可以实时检测水泥浆的体积变化,保证仪器检测的精确性,液体介质2高度 $h_2$  cm,水泥浆膨胀高度 $h_3$  cm,满足 $h_1 \gg h_2 > h_3$ 。

[0044] 所述底盖7通过浆杯下部螺纹固定在浆杯的下端面,拆卸与安装方便。

[0045] 所述内耦温度传感器8一端通过密封圈安装在底盖7上,另一端通过数据线连接在温度控制系统10上。

[0046] 所述温度控制系统10有四个主要连接端口,分别连接有加热器4、内耦温度传感器8、外耦温度传感器9、计算机系统20。

[0047] 所述压力传感器11一端连接在液压管线上,另一端连接在计算机系统20上。

[0048] 所述压力控制系统12具有精密控压的功能,能实时保持浆杯内压力稳定。

[0049] 所述精密流量传感器13一端连接在液压管线上,另一端连接在体积变化采集系统14上。

[0050] 所述体积变化采集系统14有两个主要连接端口,分别连接有精密流量传感器13、计算机系统20,体积变化采集系统对水泥浆水化凝固全过程的体积变化可以实现连续监测。

[0051] 所述纵波发射器15一端通过密封圈安装在底盖7上,另一端通过数据线连接在声波采集系统19上。

[0052] 所述纵波接收器16一端通过密封圈安装在顶盖1上,另一端通过数据线连接在声波采集系统19上,纵波的主要作用是:纵波在水泥浆整个水化过程中都能一直传播,在水泥浆呈液态时,纵波值较为稳定,当水泥浆进入塑性态水化胶凝时,纵波值开始发生变化,以此区分水泥浆的液态和塑性态。

[0053] 所述剪切波发射器17一端通过密封圈安装在底盖7上,另一端通过数据线连接在

声波采集系统19上。

[0054] 所述剪切波接收器18一端通过密封圈安装在顶盖1上,另一端通过数据线连接在声波采集系统19上,剪切波的主要作用是:剪切波对固态物体有较强的反应,剪切波值变化较大,而在前期水泥浆处于液态和塑性态时,剪切波在水泥浆中不传递信号,只能沿着杯壁进行传播呈现一个稳定的信号值,以剪切波只能在固体传播的特性区分水泥浆的塑性态和固态。纵波与剪切波的结合分析,以此区分水泥浆水化过程中液塑固三个阶段的体积变化。

[0055] 所述声波采集系统19有五个主要连接端口,分别连接有纵波发射器15、纵波接收器16、剪切波发射器17、剪切波接收器18、计算机系统20,综合声波采集系统(19)和体积变化采集系统(14)采集的数据,分段计量水泥浆在液态、塑性态、固态三个阶段的体积变化量。

[0056] 所述计算机系统20可实时记录温度、压力、体积变化、声波等曲线的变化过程及当前值。

[0057] 本发明的另一个方面还提供了一种基于上述测试装置的测试方法,依次包括以下步骤:

[0058] 1、将底盖7通过浆杯底部螺纹安装在浆杯下端,将纵波发射器15、剪切波发射器17、内耦温度传感器8通过密封圈安装在底盖7上,三者均与水泥浆直接接触,为了拆卸方便,可分别在其表面涂一层耐高温润滑油。

[0059] 2、按照配方要求配制相应体系的水泥浆,随后注入到浆杯内部h1 cm刻度处,将顶盖1通过浆杯顶部螺纹安装在浆杯上端面,将纵波接收器16、剪切波接收器18通过密封圈安装在顶盖1上,两者均与水泥浆直接接触,为了拆卸方便,可分别在其表面涂一层耐高温润滑油。

[0060] 3、将内耦温度传感器8、外耦温度传感器9通过数据线连接在温度控制系统10上,将加热器4一端的加热管线连接在温度控制系统10上,将温度控制系统10上的温度传感器端口通过数据线连接在计算机系统20上。

[0061] 4、将压力传感器11一端连接在液压管线上,另一端连接在计算机系统20上,液压管线一端连接在压力控制系统12上,另一端通过螺母扣连接在增压与泄压口6上。

[0062] 5、将精密流量传感器13一端连接在液压管线上,另一端连接在体积变化采集系统14上,将体积变化采集系统14上的体积变化采集端口通过数据线连接在计算机系统20上。

[0063] 6、将纵波发射器15、纵波接收器16、剪切波发射器17、剪切波接收器18通过数据线连接在声波采集系统19上,将声波采集系统19上的声波采集端口通过数据线连接在计算机系统20上。

[0064] 7、启动压力控制系统12,向浆杯内注入液体介质2,拧松增压与泄压口6上的螺母扣,等到有液体介质从丝扣中流出时,拧紧螺母扣,此时浆杯上部已充满液体介质2。

[0065] 8、打开温度控制系统10电源,根据实际工况设定温度、压力和升温升压时间,启动程序,此时温度控制系统10、压力控制系统12会按照程序进程自动升温升压,等升到设定的温度和压力值时,温度和压力控制系统会自动保温保压,保证水泥浆的温度压力环境稳定。

[0066] 9、启动升温升压程序时,同时启动声波采集系统19,监测水泥浆升温升压阶段和养护阶段过程中纵波和剪切波的实时变化。

[0067] 10、等到升温升压过程结束后,打开精密流量传感器13,启动体积变化采集系统

14,实时监测浆杯内液体介质2的体积变化,通过体积变化采集系统14换算成水泥浆的体积变化值,然后通过体积变化采集系统14上的体积变化采集端口将实时采集值传输到计算机系统20上。

[0068] 11、等到实验结束后,保存水泥浆体积变化曲线图,关闭温度控制系统10、压力控制系统12、体积变化采集系统14、声波采集系统19的程序,等到仪器降温后,卸掉浆杯内的压力,拆除内耦温度传感器8、纵波发射器15、纵波接收器16、剪切波发射器17、剪切波接收器18,卸下顶盖1和底盖7,清除浆杯内的水泥石,清洗浆杯,关闭各个控制系统、采集系统、计算机系统的电源,实验结束。

[0069] 实施例一

[0070] 含膨胀剂1的水泥浆体积变化测试的实施过程如下:

[0071] 1、将底盖7通过浆杯底部螺纹安装在浆杯下端,将纵波发射器15、剪切波发射器17、内耦温度传感器8通过密封圈安装在底盖7上,三者均与水泥浆直接接触,为了拆卸方便,可分别在其表面涂一层耐高温润滑油。

[0072] 2、按照配方要求配制含膨胀剂1的水泥浆体系,随后注入到浆杯内部h1 cm刻度处,将顶盖1通过浆杯顶部螺纹安装在浆杯上端面,将纵波接收器16、剪切波接收器18通过密封圈安装在顶盖1上,两者均与水泥浆直接接触,为了拆卸方便,可分别在其表面涂一层耐高温润滑油。

[0073] 3、将内耦温度传感器8、外耦温度传感器9通过数据线连接在温度控制系统10上,将加热器4一端的加热管线连接在温度控制系统10上,将温度控制系统10上的温度传感器端口通过数据线连接在计算机系统20上。

[0074] 4、将压力传感器11一端连接在液压管线上,另一端连接在计算机系统20上,液压管线一端连接在压力控制系统12上,另一端通过螺母扣连接在增压与泄压口6上。

[0075] 5、将精密流量传感器13一端连接在液压管线上,另一端连接在体积变化采集系统14上,将体积变化采集系统14上的体积变化采集端口通过数据线连接在计算机系统20上。

[0076] 6、将纵波发射器15、纵波接收器16、剪切波发射器17、剪切波接收器18通过数据线连接在声波采集系统19上,将声波采集系统19上的声波采集端口通过数据线连接在计算机系统20上。

[0077] 7、启动压力控制系统12,向浆杯内注入液体介质2,拧松增压与泄压口6上的螺母扣,等到有液体介质从丝扣中流出时,拧紧螺母扣,此时浆杯上部已充满液体介质2。

[0078] 8、打开温度控制系统10电源,根据实际工况设定温度、压力和升温升压时间,启动程序,此时温度控制系统10、压力控制系统12会按照程序进程自动升温升压,等升到设定的温度和压力值时,温度和压力控制系统会自动保温保压,保证水泥浆的温度压力环境稳定。

[0079] 9、启动升温升压程序时,同时启动声波采集系统19,保证水泥浆升温升压阶段和养护阶段过程中纵波和剪切波的实时变化。

[0080] 10、等到升温升压过程结束后,打开精密流量传感器13,启动体积变化采集系统14,实时监测浆杯内液体介质2的体积变化,通过体积变化采集系统14换算成水泥浆的体积变化值,然后通过体积变化采集系统14上的体积变化采集端口将实时采集值传输到计算机系统20上。

[0081] 11、等到实验结束后,保存水泥浆体积变化曲线图,关闭温度控制系统10、压力控

制系统12、体积变化采集系统14、声波采集系统19的程序,等到仪器降温后,卸掉浆杯内的压力,拆除内耦温度传感器8、纵波发射器15、纵波接收器16、剪切波发射器17、剪切波接收器18,卸下顶盖1和底盖7,清除浆杯内的水泥石,清洗浆杯,关闭各个控制系统、采集系统、计算机系统的电源,实验结束。

[0082] 实施例二

[0083] 含膨胀剂2的水泥浆体积变化测试的实施过程如下:

[0084] 1、将底盖7通过浆杯底部螺纹安装在浆杯下端,将纵波发射器15、剪切波发射器17、内耦温度传感器8通过密封圈安装在底盖7上,三者均与水泥浆直接接触,为了拆卸方便,可分别在其表面涂一层耐高温润滑油。

[0085] 2、按照配方要求配制含膨胀剂2的水泥浆体系,随后注入到浆杯内部h1 cm刻度处,将顶盖1通过浆杯顶部螺纹安装在浆杯上端面,将纵波接收器16、剪切波接收器18通过密封圈安装在顶盖1上,两者均与水泥浆直接接触,为了拆卸方便,可分别在其表面涂一层耐高温润滑油。

[0086] 3、将内耦温度传感器8、外耦温度传感器9通过数据线连接在温度控制系统10上,将加热器4一端的加热管线连接在温度控制系统10上,将温度控制系统10上的温度传感器端口通过数据线连接在计算机系统20上。

[0087] 4、将压力传感器11一端连接在液压管线上,另一端连接在计算机系统20上,液压管线一端连接在压力控制系统12上,另一端通过螺母扣连接在增压与泄压口6上。

[0088] 5、将精密流量传感器13一端连接在液压管线上,另一端连接在体积变化采集系统14上,将体积变化采集系统14上的体积变化采集端口通过数据线连接在计算机系统20上。

[0089] 6、将纵波发射器15、纵波接收器16、剪切波发射器17、剪切波接收器18通过数据线连接在声波采集系统19上,将声波采集系统19上的声波采集端口通过数据线连接在计算机系统20上。

[0090] 7、启动压力控制系统12,向浆杯内注入液体介质2,拧松增压与泄压口6上的螺母扣,等到有液体介质从丝扣中流出时,拧紧螺母扣,此时浆杯上部已充满液体介质2。

[0091] 8、打开温度控制系统10电源,根据实际工况设定温度、压力和升温升压时间,启动程序,此时温度控制系统10、压力控制系统12会按照程序进程自动升温升压,等升到设定的温度和压力值时,温度和压力控制系统会自动保温保压,保证水泥浆的温度压力环境稳定。

[0092] 9、启动升温升压程序时,同时启动声波采集系统19,保证水泥浆升温升压阶段和养护阶段过程中纵波和剪切波的实时变化。

[0093] 10、等到升温升压过程结束后,打开精密流量传感器13,启动体积变化采集系统14,实时监测浆杯内液体介质2的体积变化,通过体积变化采集系统14换算成水泥浆的体积变化值,然后通过体积变化采集系统14上的体积变化采集端口将实时采集值传输到计算机系统20上。

[0094] 11、等到实验结束后,保存水泥浆体积变化曲线图,关闭温度控制系统10、压力控制系统12、体积变化采集系统14、声波采集系统19的程序,等到仪器降温后,卸掉浆杯内的压力,拆除内耦温度传感器8、纵波发射器15、纵波接收器16、剪切波发射器17、剪切波接收器18,卸下顶盖1和底盖7,清除浆杯内的水泥石,清洗浆杯,关闭各个控制系统、采集系统、计算机系统的电源,实验结束。

[0095] 实施例三

[0096] 含膨胀剂3的水泥浆体积变化测试的实施过程如下：

[0097] 1、将底盖7通过浆杯底部螺纹安装在浆杯下端，将纵波发射器15、剪切波发射器17、内耦温度传感器8通过密封圈安装在底盖7上，三者均与水泥浆直接接触，为了拆卸方便，可分别在其表面涂一层耐高温润滑油。

[0098] 2、按照配方要求配制含膨胀剂3的水泥浆体系，随后注入到浆杯内部h1 cm刻度处，将顶盖1通过浆杯顶部螺纹安装在浆杯上端面，将纵波接收器16、剪切波接收器18通过密封圈安装在顶盖1上，两者均与水泥浆直接接触，为了拆卸方便，可分别在其表面涂一层耐高温润滑油。

[0099] 3、将内耦温度传感器8、外耦温度传感器9通过数据线连接在温度控制系统10上，将加热器4一端的加热管线连接在温度控制系统10上，将温度控制系统10上的温度传感器端口通过数据线连接在计算机系统20上。

[0100] 4、将压力传感器11一端连接在液压管线上，另一端连接在计算机系统20上，液压管线一端连接在压力控制系统12上，另一端通过螺母扣连接在增压与泄压口6上。

[0101] 5、将精密流量传感器13一端连接在液压管线上，另一端连接在体积变化采集系统14上，将体积变化采集系统14上的体积变化采集端口通过数据线连接在计算机系统20上。

[0102] 6、将纵波发射器15、纵波接收器16、剪切波发射器17、剪切波接收器18通过数据线连接在声波采集系统19上，将声波采集系统19上的声波采集端口通过数据线连接在计算机系统20上。

[0103] 7、启动压力控制系统12，向浆杯内注入液体介质2，拧松增压与泄压口6上的螺母扣，等到有液体介质从丝扣中流出时，拧紧螺母扣，此时浆杯上部已充满液体介质2。

[0104] 8、打开温度控制系统10电源，根据实际工况设定温度、压力和升温升压时间，启动程序，此时温度控制系统10、压力控制系统12会按照程序进程自动升温升压，等升到设定的温度和压力值时，温度和压力控制系统会自动保温保压，保证水泥浆的温度压力环境稳定。

[0105] 9、启动升温升压程序时，同时启动声波采集系统19，保证水泥浆升温升压阶段和养护阶段过程中纵波和剪切波的实时变化。

[0106] 10、等到升温升压过程结束后，打开精密流量传感器13，启动体积变化采集系统14，实时监测浆杯内液体介质2的体积变化，通过体积变化采集系统14换算成水泥浆的体积变化值，然后通过体积变化采集系统14上的体积变化采集端口将实时采集值传输到计算机系统20上。

[0107] 11、等到实验结束后，保存水泥浆体积变化曲线图，关闭温度控制系统10、压力控制系统12、体积变化采集系统14、声波采集系统19的程序，等到仪器降温后，卸掉浆杯内的压力，拆除内耦温度传感器8、纵波发射器15、纵波接收器16、剪切波发射器17、剪切波接收器18，卸下顶盖1和底盖7，清除浆杯内的水泥石，清洗浆杯，关闭各个控制系统、采集系统、计算机系统的电源，实验结束。

[0108] 表1实验结果一览表

[0109]

序号	温度/℃	压力/MPa	体积变化率/%	膨胀剂主要作用阶段
实施例一	120	20.7	-3.60	液态
实施例二	120	20.7	-1.20	塑性态

实施例三	120	20.7	-1.22	固态/硬化阶段
------	-----	------	-------	---------

[0110] 备注:

[0111] 实施例一配方:400g G级水泥+90%加重剂+35%硅粉+6%微硅+3%膨胀剂1+2%稳定剂+3%分散剂+1.5%消泡剂+6%降失水剂+6%缓凝剂+70%水;

[0112] 实施例二配方:400g G级水泥+90%加重剂+35%硅粉+6%微硅+3%膨胀剂2+2%稳定剂+3%分散剂+1.5%消泡剂+6%降失水剂+6%缓凝剂+70%水;

[0113] 实施例三配方:400g G级水泥+90%加重剂+35%硅粉+6%微硅+3%膨胀剂3+2%稳定剂+3%分散剂+1.5%消泡剂+6%降失水剂+6%缓凝剂+70%水

[0114] 实验结果分析:

[0115] 实施例一:由实验结果测试图(图2)可以看出,膨胀剂1的水泥浆体积收缩并没有得到很好的改善,原因在于膨胀材料水化反应过快,在浆体处于液态时就发生作用,产生的膨胀效果大部分被浆体所吸收,这样膨胀剂1的作用就体现不出来,因此这类膨胀剂并不适合本体系的水泥浆使用。

[0116] 实施例二:由实验结果测试图(图3)可以看出,加入膨胀剂2的水泥浆在体积收缩方面得到了改善,由纵波曲线可以看出,当水泥浆开始进入塑性态时,膨胀材料开始发生水化反应,水泥浆体积开始膨胀,体积变化率曲线开始上升,之后反应迅速,体积变化率曲线上升较快;由剪切波曲线可以看出,当水泥浆由塑性态进入固态时,膨胀材料水化反应达到最大,水泥浆体积膨胀也达到最大,体积变化率曲线上升到最大值,之后膨胀材料反应逐渐变慢,曲线开始缓慢下降,然后逐渐趋于稳定。此类膨胀剂在水泥浆塑性阶段起到了很好的膨胀效果,且后期也不影响水泥石内部结构强度发展,因此,膨胀剂2满足本体系的水泥浆使用。

[0117] 实施例三:由实验结果测试图(图4)可以看出,虽然膨胀剂3的水泥浆体积收缩得到了很好的改善,但是膨胀材料水化反应过慢,由剪切波曲线可以看出,在浆体形成胶凝强度才开始反应,这对于浆体结构会产生一定的破坏作用,尽管对于水泥浆体后期收缩起到了不错的效果,但对水泥环完整性却产生了负面作用,严重时还会形成较多裂纹,影响水泥环后期的封隔能力,因此膨胀剂3不适合本体系的水泥浆使用。

[0118] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

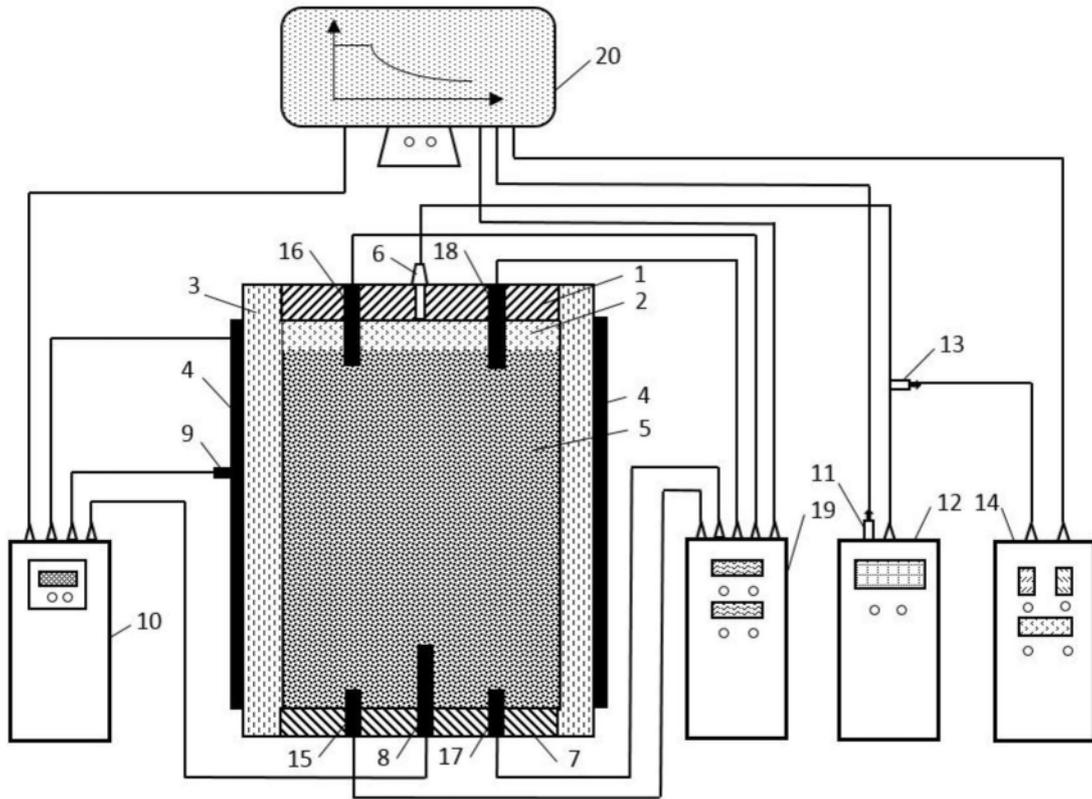
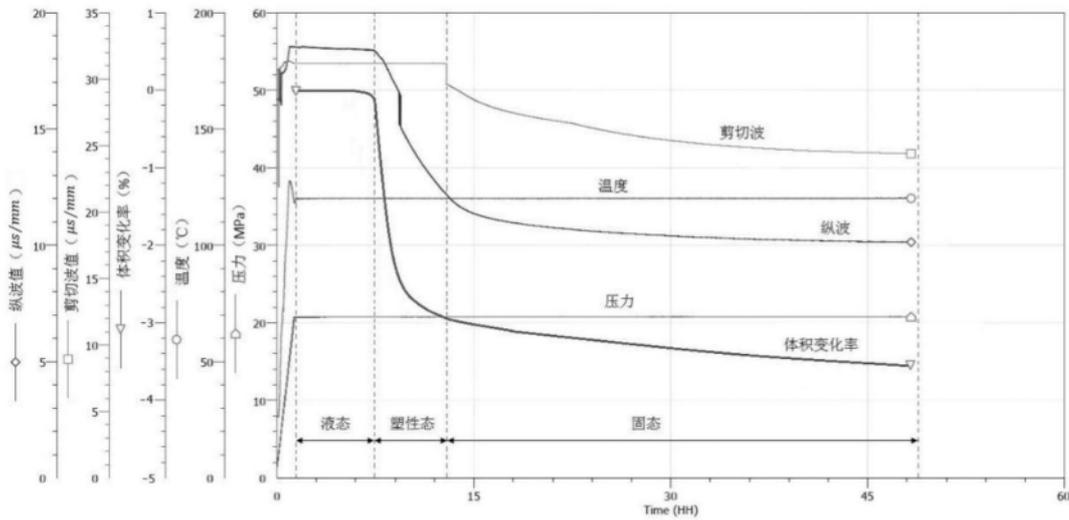
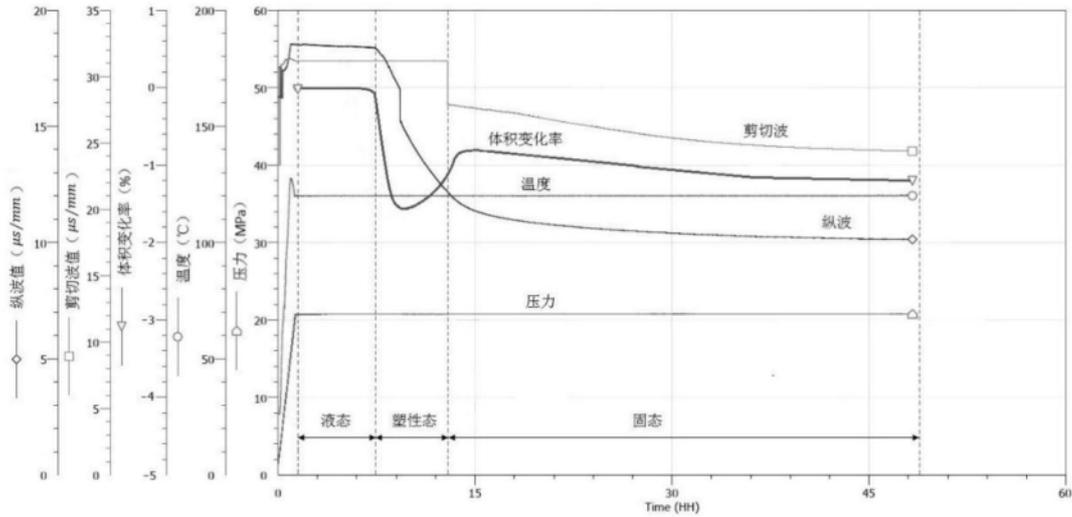


图1



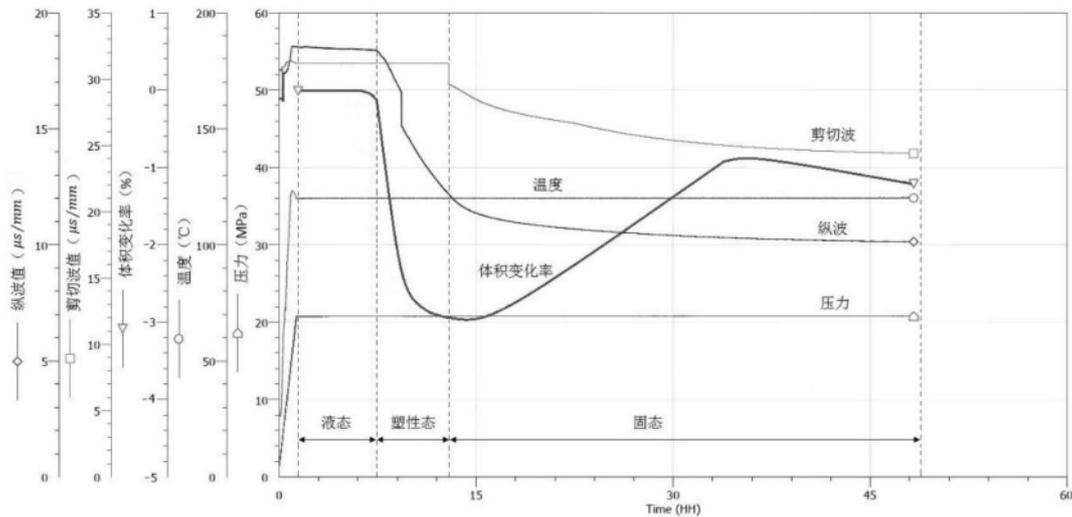
目标温度	120℃	目标压力	20.7MPa	升温时间	90min
液态体积变化率差值	-0.12%	塑性态体积变化率差值	-2.78%	固态体积变化率差值	-0.70%
最终体积变化率	-3.60%	测试时间	48h		
实验配方	400g G 级水泥+90%加重剂+35%硅粉+6%微硅+3%膨胀剂 1+2%稳定剂 +3%分散剂+1.5%消泡剂+6%降失水剂+6%缓凝剂+70%水				

图2



目标温度	120℃	目标压力	20.7MPa	升温时间	90min
液态体积变化率差值	-0.13%	塑性态体积变化率差值	-0.97%	固态体积变化率差值	-0.10%
最终体积变化率	-1.20%	测试时间	48h		
实验配方	400g G 级水泥+90%加重剂+35%硅粉+6%微硅+3%膨胀剂 2+2%稳定剂 +3%分散剂+1.5%消泡剂+6%降失水剂+6%缓凝剂+70%水				

图3



目标温度	120℃	目标压力	20.7MPa	升温时间	90min
液态体积变化率差值	-0.18%	塑性态体积变化率差值	-2.82%	固态体积变化率差值	1.78%
最终体积变化率	-1.22%	测试时间	48h		
实验配方	400g G 级水泥+90%加重剂+35%硅粉+6%微硅+3%膨胀剂 3+2%稳定剂 +3%分散剂+1.5%消泡剂+6%降失水剂+6%缓凝剂+70%水				

图4