



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106568686 A

(43)申请公布日 2017.04.19

(21)申请号 201610944713.2

(22)申请日 2016.11.02

(71)申请人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381号

申请人 广东省梅州市质量计量监督检测所

(72)发明人 吴笑梅 高强 刘沙沙 黄定策
田亚坡 樊粤明

(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有
限公司 44245

代理人 罗观祥

(51)Int.Cl.

G01N 11/06(2006.01)

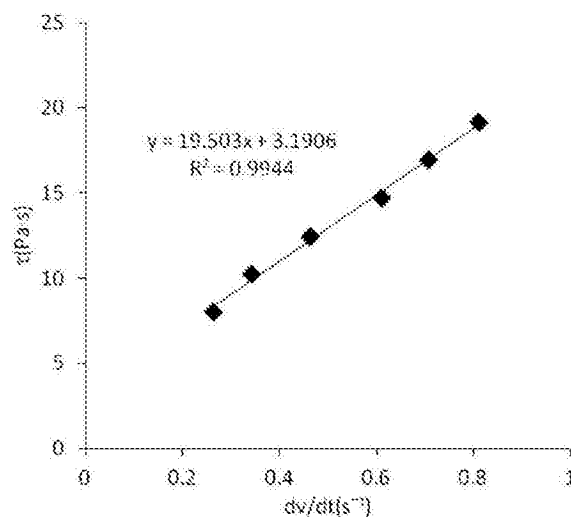
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种测试水泥砂浆流变参数的方法

(57)摘要

本发明公开了一种测试水泥砂浆流变参数的方法。按照公式1、公式2分别计算砂浆的塑性粘度 μ 和屈服应力 τ_0 。扩展度K采用GB 50119-2013《混凝土外加剂应用技术规范》中规定的方法测定得到；800mL水泥砂浆下落的总时间 $T_{总}$ 通过如下方法测试得到：先堵住漏斗出口，拌制1000mL的砂浆并装入上部的装料筒里；然后松开漏斗出口，让砂浆自由落至下部的接料量筒中；用秒表记录800mL砂浆下落的总时间 $T_{总}$ 。本发明不需要用DV记录整个实验过程，数据处理过程简化，可更为简便、快速的获得检测结果，更有利于工程现场的推广使用。本发明的测试结果不受砂浆中砂粒大小的影响。本发明一次砂浆用量小，节省人力物力。



1. 一种测试水泥砂浆流变参数的方法: 其特征在于, 按照公式1、公式2分别计算砂浆的塑性粘度 μ 和屈服应力 τ_0 :

$$\text{塑性粘度 } \mu = \begin{cases} 17.7936 \times 1.00025^{(\tau_0 - 3630)} & \text{当 } 3116\text{ms} \leq T_{\text{总}} < 3760\text{ms} \text{ 时} \\ 17.7936 \times 1.00025^{(\tau_0 - 3330)} & \text{当 } 3760\text{ms} \leq T_{\text{总}} < 4100\text{ms} \text{ 时} \\ 21.2456 \times 1.0001^{(\tau_0 - 3330)} & \text{当 } 4100\text{ms} \leq T_{\text{总}} \leq 8737\text{ms} \text{ 时} \end{cases} \quad \text{公式 1}$$

$$\text{屈服应力 } \tau_0 = \begin{cases} 2.1398 \times 2^{\left(\frac{K}{K_{\text{max}}} - \frac{1}{225}\right) \times 1000} + 0.9965 & \text{当 } 325\text{mm} \leq K \leq 410\text{mm} \text{ 时} \\ 2.4454 \times 1.8^{\left(\frac{K}{K_{\text{max}}} - \frac{1}{225}\right) \times 1000} + 0.9965 & \text{当 } 230\text{mm} \leq K \leq 325\text{mm} \text{ 时} \end{cases} \quad \text{公式 2}$$

其中, K为扩展度, 单位为mm, 采用GB 50119-2013《混凝土外加剂应用技术规范》中规定的方法测定得到;

$T_{\text{总}}$ 为800ml水泥砂浆下落的总时间, 单位为ms; 通过如下方法测试得到: 将装料筒竖直固定于支架的中轴位置, 接料量筒放在装料筒的正下方, 装料筒和接料量筒的轴线重合, 秒表置于接料量筒外周; 设置装料筒的上部为圆筒状, 下部为漏斗状; 漏斗出口处的内直径为15-21mm; 接料量筒内底部至漏斗出口的高度为348mm; 先堵住漏斗出口, 拌制1000mL的砂浆并装入上部的装料筒里; 然后松开漏斗出口, 让砂浆自由落至下部的接料量筒中; 用秒表记录800ml砂浆下落的总时间 $T_{\text{总}}$ 。

2. 根据权利要求1所述的测试水泥砂浆流变参数的方法, 其特征在于, 所述装料筒的圆筒部分的内直径与高度分别为70mm与236mm, 所述漏斗部分斜面高度与出口圆柱状高度分别为72mm与28mm。

3. 根据权利要求1所述的测试水泥砂浆流变参数的方法, 其特征在于, 所述的漏斗出口处的内直径为15-21mm。

4. 根据权利要求1所述的测试水泥砂浆流变参数的方法, 其特征在于, 所述的装料筒的圆筒状与漏斗状部分一体式连接或螺纹连接。

5. 根据权利要求1所述的测试水泥砂浆流变参数的方法, 其特征在于, 所述的接料量筒的容积不小于1000ml, 且内径不小于60mm。

6. 根据权利要求1所述的测试水泥砂浆流变参数的方法, 其特征在于, 所述的支架为三角架。

一种测试水泥砂浆流变参数的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种测试水泥砂浆流变性能的方法,尤其是涉及一种测试水泥砂浆的塑性粘度和屈服应力的工程实用方法。

背景技术

[0002] 混凝土拌合物的工作性能是其稠度、可塑性和易修饰性的总称;对于高性能混凝土来说,还应包括充填性、可泵性和稳定性等概念。目前工程上广泛应用混凝土坍落度和扩展度法来表征混凝土的工作性能,但是混凝土坍落度和扩展度仅能反映出混凝土的流动性,并不能反映出混凝土的稠度、充填性和稳定性等之间的差异,这便会导致有的混凝土虽然流动性达到了要求,因为其稠度太小而导致混凝土离析、泌水等现象的发生。

[0003] 水泥砂浆是混凝土中去除粗骨料后的物质,它在组成和结构上都比较接近于混凝土,可以间接地反映混凝土的性能。因此,全面地评价砂浆的流变性能成为表征混凝土工作性能的一种手段。

[0004] 从流变学的角度来看,新拌的水泥砂浆属于宾汉姆流体,其流变学方程为

$$\tau = \tau_0 + \mu \frac{du}{dy};$$

[0005] 式中, τ —剪切应力(Pa);

[0006] τ_0 —屈服应力(Pa);

[0007] μ —塑性粘度(Pa·s);

[0008] $\frac{du}{dy}$ —速度梯度(s^{-1})。

[0009] 由上述公式可知,新拌砂浆的流变曲线为一条直线,直线与纵坐标的截距为屈服应力,直线的斜率为塑性粘度。屈服应力影响着砂浆的易密性和流动性,屈服应力越小,砂浆越容易密实、扩展度越大。塑性粘度影响着砂浆的稳定性和流动性,塑性粘度越大,砂浆越不容易离析,但塑性粘度太大,会限制砂浆的流动性。由此,塑性粘度和屈服应力是表征砂浆流变性能最基本的参数。

[0010] 现在工业上经常用砂浆扩展度法来测定砂浆的流动性,但是这种方法仅能表征砂浆的流动性能,从而忽略了砂浆的稳定性、可塑性和自密性等。传统的测试水泥砂浆流变性能的方法,如旋转粘度计法,虽然能同时测定砂浆的塑性粘度和屈服应力,且精度较高,但是由于在测定砂浆系统时其内外筒之间的间距只有4.115mm,在转动的过程中其测试结果易受砂浆中砂子颗粒大小的影响(机制砂中4.75mm的方孔筛累计筛余量为0-10%,用机制砂时,若有大于4.115mm的砂颗粒存在,在旋转粘度计工作时,粗砂粒容易卡在内外筒之间),往往实验结果的可重复性较差;并且该方法仪器价格昂贵,需要专门的人员操作。

[0011] 现有技术也有用漏斗法通过DV记录砂浆的下落过程,然后在KM Player视频播放器中回放视频,记录并计算每100ml的砂浆下落的速率以及所受到的上部砂浆对其产生的重力。以每100ml的砂浆下落的速率为横坐标,所受到的上部砂浆的重力为纵坐标,做散点图,进行线性拟合后,直线的斜率即为砂浆的塑性粘度,截距即为砂浆的屈服应力。该方法

的可重复性较好,且不受砂浆中砂粒大小的干扰。但是测试过程相对复杂,需用帧率不小于60帧的摄像机或带有摄像功能的照相机,数据处理相对复杂,不适合在工程现场快速测定砂浆的流变参数。

发明内容

[0012] 本发明的目的在于克服现有技术存在的问题,提供一种可重复性好,准确度相对较高,快速、简便,非常适于工程现场实用的测试水泥砂浆流变参数的方法。

[0013] 发明人通过大量的实验与数据统计,发现利用砂浆的扩展度K与800ml砂浆的下落时间两个实测结果,并利用数据统计公式来计算砂浆的屈服应力与塑性粘度,能达到与漏斗法数据拟合方程所得到的屈服应力、塑性粘度数值一致的目的,实现了重复性好和测试准确度相对较高的目的,同时该方法极大地简化了漏斗法,达到了快速和简便的目的,使得该方法能广泛地应用于工程实际,对工程混凝土或砂浆的流变性能做出快速的判断。

[0014] 为实现本发明目的,本发明采用如下技术方案:

[0015] 一种测试水泥砂浆流变参数的方法:按照公式1、公式2分别计算砂浆的塑性粘度 μ 和屈服应力 τ_0 :

$$[0016] \quad \text{塑性粘度 } \mu = \begin{cases} 17.7936 \times 1.00025^{(T_{\text{总}} - 2830)} & \text{当 } 3116\text{ms} \leq T_{\text{总}} < 3760\text{ms} \text{ 时} \\ 17.7936 \times 1.00025^{(T_{\text{总}} - 3330)} & \text{当 } 3760\text{ms} \leq T_{\text{总}} < 4100\text{ms} \text{ 时} \\ 21.2456 \times 1.0001^{(T_{\text{总}} - 3330)} & \text{当 } 4100\text{ms} \leq T_{\text{总}} \leq 8737\text{ms} \text{ 时} \end{cases} \quad \text{公式 1}$$

$$[0017] \quad \text{屈服应力 } \tau_0 = \begin{cases} 2.1398 \times 2^{\left(\frac{K-230}{23}\right) \times 1000} + 0.9965 & \text{当 } 325\text{mm} \leq K < 410\text{mm} \text{ 时} \\ 2.4454 \times 1.9^{\left(\frac{K-23}{23}\right) \times 1000} + 0.9965 & \text{当 } 230\text{mm} \leq K \leq 325\text{mm} \text{ 时} \end{cases} \quad \text{公式 2}$$

[0018] 其中,K为扩展度,单位为mm,采用GB 50119-2013《混凝土外加剂应用技术规范》中规定的方法测定得到;

[0019] $T_{\text{总}}$ 为800ml水泥砂浆下落的总时间,单位为ms;通过如下方法测试得到:将装料筒竖直固定于支架的中轴位置,接料量筒放在装料筒的正下方,装料筒和接料量筒的轴线重合,秒表置于接料量筒外周;设置装料筒的上部为圆筒状,下部为漏斗状;漏斗出口处的内直径为15-21mm;接料量筒同内底部至漏斗出口的高度为348mm;先堵住漏斗出口,拌制1000mL的砂浆并装入上部的装料筒里;然后松开漏斗出口,让砂浆自由泄落至下部的接料量筒中;用秒表记录800ml砂浆下落的总时间 $T_{\text{总}}$ 。

[0020] 为进一步实现本发明目的,优选地,所述装料筒的圆筒部分的内直径与高度分别为70mm与236mm,所述漏斗部分斜面高度与出口圆柱状高度分别为72mm与28mm。

[0021] 优选地,所述的漏斗出口处的内直径为15-21mm。测试过程中为了避免砂浆流速过快导致读数误差,应优先选用直径为15mm的下料口,如果发现砂浆从0ml到800ml流出所需的时间大于7.100s时可改换直径为18mm的下料口,同样地,如果发现砂浆从0ml到800ml流出所需的时间 T_{800} 大于6.071s时可改换直径为21mm的下料口,以保证砂浆能顺利流出。

[0022] 优选地,所述的装料筒的圆筒状与漏斗状部分一体式连接或螺纹连接。

[0023] 优选地,所述的接料量筒的容积不小于1000ml,且内径不小于60mm。

[0024] 优选地,所述的支架为三角架。

[0025] 本发明公式1、公式2中800ml砂浆下落时间 $T_{总}$ 的单位为ms,砂浆扩展度K的单位为mm,塑性粘度 μ 的单位为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$,屈服应力 τ_0 的单位为Pa。

[0026] 与现有技术相比,本发明具有以下优点和有益效果:

[0027] (1) 本发明与利用每100ml的砂浆下落的速率为横坐标,所受到的上部砂浆的重力为纵坐标,做散点图,进行线性拟合后,以直线的斜率即为砂浆的塑性粘度,截距即为砂浆的屈服应力的方法相比,本发明不需要用DV记录整个实验过程,数据处理过程简化,可更为简便、快速的获得检测结果,更有利于工程现场的推广使用。

[0028] (2) 本发明的测试结果不受砂浆中砂粒大小的影响。因为用于测量砂浆的旋转粘度计其内外筒之间的间距只有4.115mm,在转动的过程中其测试结果易受砂颗粒大小的影响(机制砂规范中4.75mm的方孔筛累计筛余量为0-10%)。

[0029] (3) 与现有文献介绍的砂浆流变性能检测方法相比,本发明一次砂浆用量小,节省人力物力。

[0030] (4) 与旋转粘度计相比,本发明的可重复性较好。

附图说明

[0031] 图1为本发明水泥砂浆下落的总时间测量装置结构示意图;

[0032] 图2为本发明实施例1中测得数据拟合得到的流变曲线。

具体实施方式

[0033] 为更好地理解本发明,下面结合附图和实施例对本发明作进一步地说明,但本发明的实施方式不限于此。

[0034] 如图1所示,水泥砂浆下落的总时间测量装置包括装料筒、接料量筒、支架和秒表。将装料筒竖直固定于支架的中轴位置,接料量筒放在装料筒的正下方,装料筒和接料量筒的轴线重合,秒表置于接料量筒外周;设置装料筒的上部为圆筒状,下部为漏斗状;漏斗出口处的内直径为15-21mm;接料量筒内底部至漏斗出口的高度为348mm;测试时,先堵住漏斗出口,拌制1000mL的砂浆并装入上部的装料筒里;然后松开漏斗出口,让砂浆自由落至下部的接料量筒中;用秒表记录800ml砂浆下落的总时间 $T_{总}$ 。

[0035] 实施例1:

[0036] 如图1所示,本实施例选用的装料装置为圆筒部分内直径为70mm,高度为236mm;漏斗部分线面的垂直高度为72mm,漏斗出口高度为28mm,漏斗出口内直径为15mm,接料量筒直径为80mm,接料量筒内底部至漏斗出口的高度为348mm。

[0037] 所用砂浆配合比为:华润42.5R水泥 $328\text{kg}/\text{m}^3$,ISO标准砂 $1336\text{kg}/\text{m}^3$,II级粉煤灰 $164\text{kg}/\text{m}^3$ 克,细磨矿渣粉(S95) $109\text{kg}/\text{m}^3$,聚羧酸减水剂 $5.8\text{kg}/\text{m}^3$,水 $282\text{kg}/\text{m}^3$ 。水泥砂浆实测容重为 $2226\text{kg}/\text{m}^3$ 。

[0038] 1) 按照DV回放及计算的测试数据如表1、图1所示。

[0039] 其中,剪切应力=砂浆实测容重 $\times$ 上部砂浆的体积

[0040] 剪切速率=第i个100ml砂浆的下落距离/第i个100ml砂浆的下落时间= $[348-23(i-1)]/T_i$

[0041] i指第i个100mL砂浆, T_i 指第i个100mL砂浆的下落时间,348是漏斗出口距离量筒

底部的距离,23是指量筒中100mL刻度之间的距离,单位都为mm。

[0042] 表1用漏斗法测定的数据

[0043]

i	1	2	3	4	5	6	7	8
100mL 砂浆的下落时间 T_i (ms)	371	382	373	395	419	503	613	711

[0044]

剪切速率 (s^{-1})	0.938	0.851	0.810	0.706	0.611	0.463	0.343	0.263
剪切应力 ($Pa \cdot s$)	20.03	21.37	19.14	16.92	14.69	12.47	10.24	8.01

[0045] 由于第一个数据受试验操作的影响较大,为了提高精度,漏斗法的数据计算从第二个100ml砂浆的下落时间开始。以剪切应力为纵坐标,以剪切速率为横坐标,绘制砂浆样品的流变曲线如图1所示,线性拟合之后得到方程: $Y=19.503x+3.1906$ 。即可得到砂浆的塑性粘度为 $19.503Pa \cdot S$,屈服应力为 $3.1906Pa$ 。

[0046] 2) 按照《混凝土外加剂应用技术规范》(GB 50119-2013)中混凝土外加剂相容性快速试验方法测试测试砂浆扩展度K;测得该砂浆扩展度为320mm;(将上述搅拌好的砂浆分两次倒入扩展度筒,第一次砂浆装到扩展度筒的1/2高度,并用捣棒自边缘向中心均匀插捣15次,每次试验按固定的方向插捣,并应在截面上均匀分布。插捣扩展度筒边缘的砂浆时,捣棒可沿筒壁方向倾斜。每次插捣时,捣棒应贯穿筒内砂浆深度。之后倒入第二层砂浆,按同样的方法进行插捣。插捣完毕后,用铲子将砂浆表面刮平,将扩展度筒缓慢匀速垂直提起,待砂浆不再流动后用直尺量取相互垂直的两个方向的最大直径,并取平均值作为砂浆的扩展度)

[0047] 用秒表记录漏斗法中800ml砂浆下落的总时间 $T_{总}$ (从出料开始时按下秒表计时至接料筒中砂浆面达到800ml刻度值时按停秒表所得数值或根据漏斗法DV回放过程记录800ml砂浆的总下落时间);测得的 $T_{总}$ 为3767ms。

[0048] 3) 本发明通过大量对比试验及统计数据,发现了漏斗法所测得的塑性粘度值与屈服应力与漏斗法中800ml砂浆总下落时间及砂浆扩展度之间的数学关系式,即公式1和公式2。利用公式1和公式2分别计算出所需测试的水泥砂浆的塑性粘度 μ 和屈服应力 τ_0 这两个流变学参数。

$$[0049] \quad \text{塑性粘度 } \mu = \begin{cases} 17.7936 \times 1.00025^{(T_{总}-3680)} & \text{当 } 3116ms \leq T_{总} < 3760ms \text{ 时} \\ 17.7936 \times 1.00025^{(T_{总}-3350)} & \text{当 } 3760ms \leq T_{总} < 4100ms \text{ 时} \\ 21.2456 \times 1.0001^{(T_{总}-3350)} & \text{当 } 4100ms \leq T_{总} \leq 8737ms \text{ 时} \end{cases} \quad \text{公式 1}$$

$$[0050] \quad \text{屈服应力 } \tau_0 = \begin{cases} 2.1398 \times 2^{(\frac{K}{325}-\frac{1}{225}) \times 1000} + 0.9965 & \text{当 } 325mm \leq K < 410mm \text{ 时} \\ 2.4454 \times 1.8^{(\frac{K}{325}-\frac{1}{225}) \times 1000} + 0.9965 & \text{当 } 230mm \leq K \leq 325mm \text{ 时} \end{cases} \quad \text{公式 2}$$

[0051] 根据上述公式1和公式2:塑性粘度 $\mu = 17.7936 \times 1.00025^{(3767-3350)} = 19.75Pa \cdot S$;屈服应力 $\tau_0 = 3.51Pa$ 。

[0052] 对比步骤1)、3)中获得的结果可知,漏斗法测得的砂浆塑性粘度为 $19.503\text{Pa}\cdot\text{S}$,屈服应力为 3.1906Pa ;利用本发明的公式计算得到的塑性粘度为 $19.75\text{Pa}\cdot\text{S}$,屈服应力为 3.51Pa .,与漏斗法测试数据的偏差分别为1.3%与10%。利用本发明的公式计算得到的数据结果与拟合方程得到的数据结果十分接近。尤其是塑性粘度的偏差非常小。

[0053] 实施例2

[0054] 如图1所示,将装料筒竖直固定于支架的中轴位置,接料量筒放在装料筒的正下方,装料筒和接料量筒的轴线重合,秒表置于接料量筒外周;设置装料筒的上部为圆筒状,下部为漏斗状;接料量筒内底部至漏斗出口的高度为 348mm ;先堵住漏斗出口,拌制 1000mL 的砂浆并装入上部的装料筒里;然后松开漏斗出口,让砂浆自由泄落至下部的接料量筒中;用秒表记录 800mL 砂浆下落的总时间 $T_{\text{总}}$ 。

[0055] 具体而言,本实施例选用的装料装置为圆筒部分内直径为 70mm ,高度为 236mm ;漏斗部分斜面的垂直高度为 72mm ,漏斗出口高度为 28mm ,漏斗出口内直径为 21mm ,接料量筒直径为 80mm ,接料量筒顶部至漏斗出口的高度为 348mm 。

[0056] 本实施例采用漏斗法分别测定了20组不同砂浆样品 800mL 砂浆的下落时间的 $T_{\text{总}}$ (ms),及扩展度 K (mm),以及漏斗法测定数据拟合得到的屈服应力和塑性粘度(实测数据拟合结果,数据处理过程同实施例1中第一部分),并通过本发明中的公式计算得到的屈服应力和塑性粘度(公式计算数据),结果列于表2、表3中。

[0057] 表2 20组砂浆的流出时间 $T_{\text{总}}$ 与扩展度

样品编号	$T_{\text{总}}$ (ms)	扩展度 (mm)
1	3840	303
2	3596	343
3	3686	340
4	3767	320
5	4044	340
6	4111	310
7	4131	290
8	4263	338
9	4273	300
10	4377	315
11	4490	318
12	5181	273
13	5638	260
14	6504	250
15	6553	260

[0058]

[0059]	16	7039	270
	17	7040	255
	18	7194	240
	19	7724	240
	20	8260	230

[0060] 表3 20组砂浆测试情况表

样品 编号	漏斗法实测数据拟合结果		公式计算数据		
	塑性粘度	屈服应力	塑性粘度	屈服应力	
[0061]	1	19.975	3.1456	20.112	3.7851
	2	19.074	3.2429	18.922	3.2205
	3	18.972	3.2927	17.954	2.9441
	4	19.8	3.0634	19.748	3.2088
	5	21.883	3.6614	21.164	2.9441
	6	21.479	3.199	21.522	3.6655
	7	20.956	3.6993	21.630	4.0384
	8	22.859	2.6504	22.355	2.9678
	9	22.025	3.3507	22.411	3.8397
	10	23.764	3.9506	23.543	3.2862
	11	24.827	3.682	23.810	3.5412
	12	25.636	4.3881	25.514	4.4476
	13	26.278	4.5354	26.707	4.8399
	14	27.983	5.0251	29.123	5.0236
	15	29.563	5.0641	29.266	4.8399
	16	29.728	4.0862	30.723	4.5312
	17	32.211	5.017	30.727	5.0141
	18	29.937	5.4891	31.203	5.6366
	19	32.057	5.6256	32.902	5.6366
	20	34.253	5.6665	34.713	6.1550
标准差			0.736	0.3768	

[0062] 如表3所示,按照本发明的公式计算结果与原漏斗法的拟合数据结果的标准偏差

较小,其中塑性粘度的标准差为0.736,屈服应力的标准差为0.378。这说明通过本发明的公式计算,不仅简化的实验过程及数据处理过程,且所得到的数据结果与拟合法得到的数据结果比较一致。

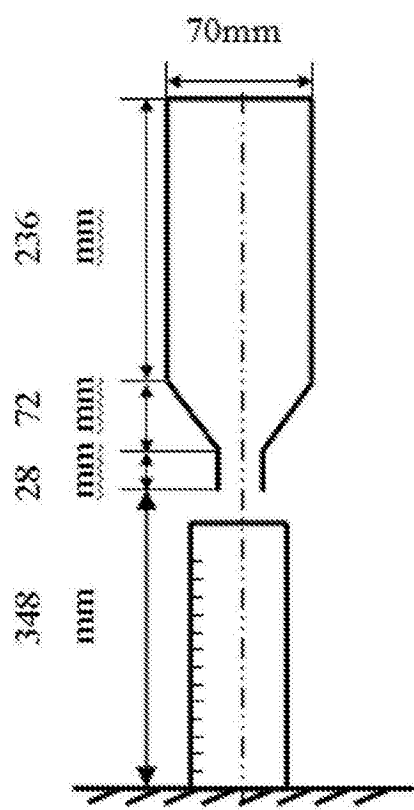


图1

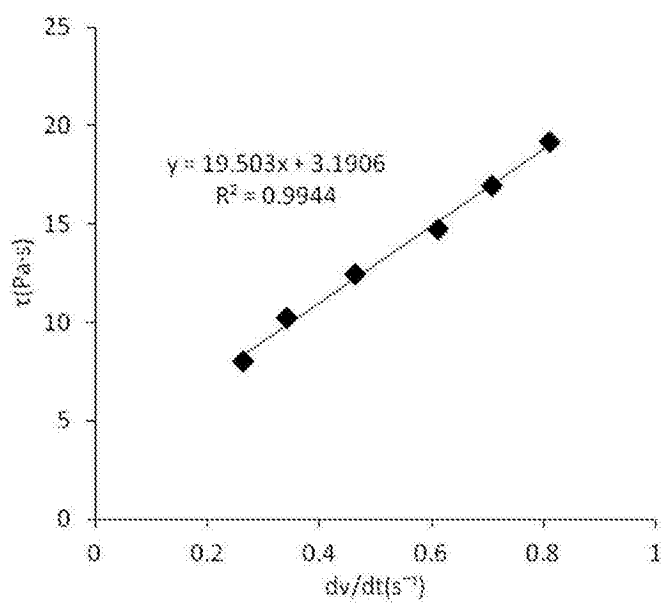


图2