



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109781847 A

(43)申请公布日 2019.05.21

(21)申请号 201910064756.5

(22)申请日 2019.01.23

(71)申请人 湘潭大学

地址 411105 湖南省湘潭市雨湖区西郊羊
牯塘湘潭大学

(72)发明人 龙士国 余高 刘佩 李婷

(74)专利代理机构 上海精晟知识产权代理有限
公司 31253

代理人 张超宇

(51) Int. Cl.

G01N 29/04(2006.01)

G01N 29/07(2006.01)

G01N 33/38(2006.01)

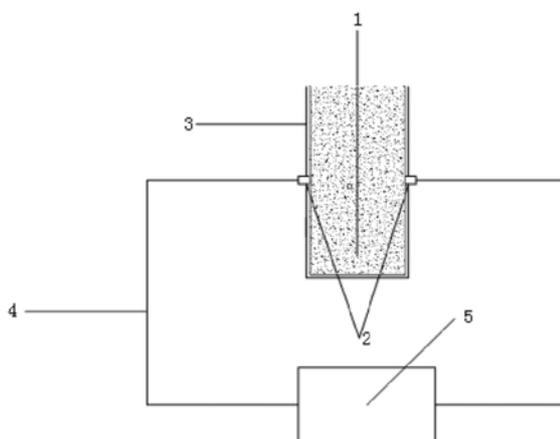
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种声波检测混凝土坍落度的方法

(57)摘要

本发明公开了一种声波检测混凝土坍落度的方法,是在混凝土拌合物待测位置表面施加应力波,根据传感器接收的原始回波信号,得出波速 v 随时间的变化趋势,再通过将坍落度 SL 随时间的变化趋势与波速 v 随时间的变化趋势结合后得出波速 v 与坍落度 SL 的关系,再在检测时通过检测波速 v 从而得出坍落度 SL 的值。本发明提供的声波检测混凝土坍落度的方法以波速来反应混凝土坍落度经时的变化,有效降低工人的工作强度,减少人员配置量,减少繁琐的工作流程,提高测量的准确率。



1. 一种声波检测混凝土坍落度的方法,其特征在于,是在混凝土拌合物待测位置表面施加应力波,根据传感器接收的回波信号,得出波速 v 随时间的变化趋势,再将坍落度 SL 随时间的变化趋势与波速 v 随时间的变化趋势结合后得出波速 v 与坍落度 SL 的关系,再在检测时通过检测波速 v 从而得出坍落度 SL 的值。

2. 根据权利要求1所述的声波检测混凝土坍落度的方法,其特征在于,是在混凝土拌合物待测位置表面施加应力波,根据传感器接收的原始回波信号,得出波速 v 随时间的变化趋势,再将不同时间的实时波速 v 代入公式(1)计算混凝土随时间变化的坍落度 SL ;

$$v = -2.742SL + 517.829 \quad (1)$$

3. 根据权利要求1所述的声波检测混凝土坍落度的方法,其特征在于,波速 v 随时间的变化趋势的检测步骤为:

步骤a) 在混凝土拌合物一侧施加低频应力波;

步骤b) 根据在混凝土拌合物接收面的传感器接收的原始回波信号得出声波时域图;

步骤c) 根据步骤b)所得声波时域图和公式(2)得出实时波速 v ;

$$v = L/t \quad (2)$$

步骤d) 在混凝土拌合物随时间变化的过程中选取不同时间重点复步骤a)~步骤c),得声波在混凝土拌合物中传播的波速变化趋势;

其中, L 为声波在混凝土拌合物中传播的距离, t 为声波在混凝土拌合物中传播的时间。

4. 根据权利要求1所述的声波检测混凝土坍落度的方法,其特征在于,所述低频应力波的频率范围选自1000Hz~10000Hz。

5. 根据权利要求1所述的声波检测混凝土坍落度的方法,其特征在于,所述低频应力波为纵波。

6. 根据权利要求1所述的声波检测混凝土坍落度的方法,其特征在于,步骤b)在声波时域图中,根据波形得出首波位置,则可通过首波位置确定首波声时 t 。

一种声波检测混凝土坍落度的方法

技术领域

[0001] 本发明提供一种检测方法,属于声波检测技术领域,具体涉及一种声波检测混凝土拌合物坍落度的方法。

背景技术

[0002] 当前我国的工程基本上都是用预拌混凝土,预拌混凝土指由水泥、集料、水及根据需要掺入的外加剂和混合料等组分按一定比例,在集中搅拌站(厂)经计量、拌制后出售的、并采用运输车,在规定时间内运至使用地点的混凝土拌合物。与现场拌制混凝土相比,搅拌与浇筑之间的时间差大大延长,预拌混凝土的供应半径一般在10km~20km内,运输过程中常由于道路不畅,交通堵塞等原因,待混凝土搅拌车到达目的地有时候达到3小时甚至更长。虽然混凝土搅拌运输车在运输过程中会始终保持搅拌筒转动,以此来保证混凝土不会凝固。但由于预拌混凝土的搅拌与运至现场开始浇筑之间的时间差,尤其是在炎热的夏天水分的蒸发,会造成预拌混凝土坍落度的损失,尤其是掺入外加剂,配制较高强度或大流动性混凝土时,坍落度损失更加严重。实践中,往往由于对坍落度损失考虑不周,造成现场浇筑时,泵送或密实成型困难,从而影响施工效率和混凝土质量。当前对商品混凝土在搅拌运输过程中的质量控制的主要指标是和易性,和易性是指混凝土易于施工操作和均匀密实的性能,是一样综合指标,其主要包括流动性、粘聚性和保水性。而其中最主要的方法是坍落度法。坍落度法是从搅拌车里取出一部分混凝土放入坍落度筒内,利用混凝土的自重坍落,测量其下落的高度即为坍落度。坍落度的损失和增加虽然在一定程度上反应了混凝土的流动性能,但在实际操作过程中受人为因素影响大,而且对劳动力需求大,测量误差大,数据可重复性差,时间周期相对较长,最重要的是对混凝土出机前的调整不及时,这对混凝土质量的及时调整极其不利。

[0003] 现有技术对混凝土质量检测方面采用了多种方法,如乔军志在文章《水泥浆凝结硬化时内部结构与超声频谱的变化》将水泥浆的凝结硬化与超声波频谱建立了联系,杨晓星在文章《早龄期混凝土质量超声检测技术研究》利用超声波对早龄期混凝土凝结硬化过程进行了监测,获得了超声波声学参数与龄期之间的关系图,将声学参数与初终凝时间建立起了联系。但其研究的是混凝土的整个凝结硬化过程(混凝土从初凝到终凝,时间很长),无法用于混凝土从搅拌至完成浇注方面的研究(还未达到混凝土的初凝时间)。而除了混凝土的凝结时间(可反应水泥的凝结硬化度)以外,混凝土拌合物的坍落度(反应了混凝土拌合物和易性,具体来说就是用于衡量施工是否正常进行,其中包括混凝土的保水性,流动性和粘聚性)也是衡量混凝土质量的另一重要指标。严子利,郑伟,王惠风,李金在专利《一种混凝土坍落度在线监测方法及检验装置》提到了利用混凝土粘度与坍落度之间的关系来监测坍落度,监测装置为带有传感器的探头,其只涉及生产过程中混凝土监测,无法涉及运输过程中坍落度的损失,仍未解决上述影响施工效率和混凝土质量的技术问题。中国发明专利CN 103042603 B公开了一种通过监测搅拌机电流强度控制混凝土出机坍落度的方法,通过坍落度值SL与搅拌机轴搅拌混凝土时的电流I的关系图判断混凝土质量,其中,搅拌机在

恒定电压下的功率 $P=U \cdot I$, 工作电流 $I=P/V$, 但该专利是将坍落度与搅拌机电流建立起了联系, 只涉及了刚搅拌的混凝土拌合物出机时的坍落度是否满足《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55-2011) 规范的要求, 根据规定混凝土拌合物根据坍落度大小分5级: 干硬性混凝土拌合物坍落度小于10mm且需用维勃时间(s)表示其稠度的混凝土; 塑性混凝土, 拌合物坍落度10-90mm的混凝土; 流动性混凝土, 拌合物坍落度100-150mm的混凝土; 大流动性混凝土, 拌合物坍落度大于160mm的混凝土。《混凝土质量控制标准》(GB 50164-2011) 第3.1.2条也是按照五级分类, S1级坍落度10-40mm, S2级坍落度50-90mm, S3级坍落度100-150mm, S4级坍落度160-210mm, S5级坍落度不小于220mm。根据《混凝土结构工程施工规范》(GB 50666-2011) 第7.6.8条规定, 砼坍落度小于40毫米时, 允许偏差±10毫米; 规定的砼坍落度50~90毫米时, 允许偏差±20毫米; 规定的砼坍落度大于100毫米时, 允许偏差±30毫米。上述方法并没有考虑到混凝土拌合物在运输过程中的损失, 亦即是没考虑混凝土拌合物随时间的变化, 混凝土拌合物在运输过程中的损失可能会导致运输到工地现场的混凝土拌合物的坍落度不能满足泵送的需求。

发明内容

[0004] 针对现有技术存在的技术问题, 本发明提供一种声波检测混凝土坍落度的方法, 结果准确有效, 操作简便。

[0005] 为解决上述技术问题, 本发明提出的技术方案为:

[0006] 声波检测混凝土坍落度的方法, 是在混凝土拌合物待测位置表面施加应力波, 根据传感器接收的回波信号, 得出波速 v 随时间的变化趋势, 再通过将坍落度 SL 随时间的变化趋势与波速 v 随时间的变化趋势结合后得出波速 v 与坍落度 SL 的关系, 再在检测时通过检测波速 v 从而得出坍落度 SL 的值。

[0007] 作为上述技术方案的进一步改进:

[0008] 上述声波检测混凝土坍落度的方法, 是在混凝土拌合物待测位置表面施加应力波, 根据传感器接收的原始回波信号, 得出波速 v 随时间的变化趋势, 再将不同时间的实时波速 v 代入公式(1)计算混凝土随时间变化的坍落度 SL ;

[0009] $v = -2.742SL + 517.829$ (1)。

[0010] 上述声波检测混凝土坍落度的方法, 波速 v 随时间的变化趋势的检测步骤为:

[0011] 步骤a) 在混凝土拌合物一侧施加低频应力波;

[0012] 步骤b) 根据在混凝土拌合物接收面的传感器接收的原始回波信号得出声波时域图;

[0013] 步骤c) 根据步骤b)所得声波时域图和公式(2)得出实时波速 v ;

[0014] $v = L/t$ (2)

[0015] 步骤d) 在混凝土拌合物随时间变化的过程中选取不同时间重点复步骤a)~步骤c), 得声波在混凝土拌合物中传播的波速变化趋势;

[0016] 其中, L 为声波在混凝土拌合物中传播的距离, t 为声波在混凝土拌合物中传播的时间。

[0017] 上述低频应力波的频率范围选自1000Hz~10000Hz。

[0018] 所述低频应力波为纵波。

[0019] 步骤b) 在声波时域图中, 根据波形得出首波位置, 则可通过首波位置确定首波声时 t 。

[0020] 值得一提的是, 现有的关于混凝土坍落度的研究仅限于通过坍落度法进行坍落度的检测, 正如本发明背景技术所述, 现有技术提供的坍落度法因其局限性使测出的混凝土拌合物坍落度的准确性因人为或操作因素而不同, 无法成为工程实践中的最优选择。发明人在研究混凝土拌合物坍落度时, 通过多种方法对混凝土拌合物进行研究, 最后将低频应力波中的纵波与混凝土拌合物坍落度建立联系, 即将纵波应用于混凝土拌合物坍落度的检测。采用本发明提供的检测混凝土坍落度的方法, 可以有效地监测混凝土随时间的变化情况, 具体为: 对于某一配合比的混凝土, 刚开始搅拌完成后混凝土的坍落度比较大, 而随着时间的推移, 混凝土中胶凝材料发挥作用, 混凝土逐渐凝结硬化, 其流动性较差, 坍落度变小。而声波在新拌混凝土传播过程中, 不同时间段的波速是不同的, 声波波速随着时间的推移而不断增大, 这主要是因为混凝土的凝结硬化使得混凝土拌合物各成分之间孔隙不断减小, 连接地更加紧密, 为声波的传播提供了良好的条件, 减小了能量的衰减和散射, 这为声波波速检测混凝土拌合物坍落度提供了理论基础。发明人在研究坍落度的过程中, 发现经不同时间段的商品混凝土的坍落度 SL 与波速成反比, 经验证后, 发现可用公式(1)计算出不同时间节点商品混凝土的坍落度。

[0021] 与现有技术相比, 以波速来反应混凝土坍落度经时的变化, 有效降低工人的工作强度, 减少人员配置量, 减少繁琐的工作流程, 可提高测量的准确率。本发明提供的方法具有以下优点:

[0022] (1) 克服了目前商品混凝土运输过程中只能用坍落度测量的缺陷, 为监测混凝土质量提供依据;

[0023] (2) 安装简单, 操作方便, 取量少;

[0024] (3) 使用方便, 不受地理位置以及天气条件的限制, 可以在施工现场测试也可以在搅拌现场测试;

[0025] (4) 测量精确, 可重复性强, 人为误差小, 测量数据精确可靠;

[0026] (5) 测量过程花费时间少;

[0027] (6) 当生产某固定配合比的混凝土拌合物时, 可以采用本发明提供的方法测量混凝土拌合物在不同时间时传播的波速, 根据本发明提供的波速与坍落度的关系式得到坍落度值, 再依据规范《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55-2011) 中对坍落度的要求进行测定。当测得的坍落度小于标准值时, 可根据在不改变其他原料配合比的情况下适当加水或者外加剂, 当测得的坍落度大于标准值时, 可按照比例增加砂、石、水泥与掺合料的量以保证坍落度符合工地使用标准。

附图说明

[0028] 图1为本发明实施例提供的检测装置示意图;

[0029] 图2为本发明实施例1步骤5所述声波时域图(即为幅值与声时的关系图);

[0030] 图3为图3的首波幅值放大图;

[0031] 图4为本发明实施例1中坍落度随时间变化图;

[0032] 图5为本发明实施例1中波速随时间变化图;

[0033] 图6为本发明实施例1中坍落度、波速随时间变化图；

[0034] 图7为本发明实施例1中坍落度与波速关系图。

图8为本发明实施例1中混凝土拌合物1的坍落度SL示意图。

具体实施方式

[0035] 以下结合附图对本发明的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是，此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本发明，并不用于限制本发明。

[0036] 实施例1确定波速 v 和坍落度 SL 随时间变化的关系式

[0037] 为了实现上述发明目的，包括如下步骤：

[0038] (1) 按照表1所列的配合比配置混凝土拌合物1；

[0039] 表1

[0040]

水	水泥	砂	石子
160kg	400kg	776kg	1164kg

[0041] (2) 将步骤(1)配置的原材料采用二次投料法(预拌水泥砂浆法)搅拌，先将水、水泥、砂子投入搅拌机，拌合30s成水泥砂浆，然后再投入石子搅拌60s得到搅拌均匀的混凝土拌合物1；

[0042] (3) 将步骤(2)搅拌好的混凝土拌合物1装入尺寸为10cm*10cm*20cm、壁厚为5mm的亚克力板盒3内，在亚克力板盒3高度10cm的两侧处开两个直径为3.5cm的孔，开孔的目的是使得换能器与混凝土拌合物接触，避免了声波穿过盒壁产生的对波形影响的误差，其孔的大小正好与声波发射和接收换能器2大小一致，然后用透明胶布粘住两侧的孔，多功能声波仪5通过电源线4连接声波发射和接收换能器2，开孔的目的是让多功能声波仪5通过声波发射和接收换能器2与混凝土接触，减少亚克力板盒3盒壁对波传播的影响，其装置图见图1。

[0043] (4) 将步骤(3)装混凝土拌合物1的亚克力板盒3放入混凝土振动台上，开启振动台，设置振动时间为60s，振动的目的是减少混凝土拌合物1内部的空隙，使得混凝土拌合物1各成分之间更加密实。

[0044] (5) 在步骤(4)振动后的混凝土拌合物1待测位置表面处施加瞬时冲击力，产生低频应力波，为了减少其他频率波的影响，多功能声波仪5开启了滤波功能，只保存了1000Hz~10000Hz频率范围内的波；在激发同端用传感器接收原始回波信号，根据波形得出首波位置，则可通过首波位置确定首波声时 t ，声波时域图以及首波幅值放大图见图2、图3。以初次测量为例，设步骤(4)振动60s时为步骤(5)的混凝土拌合物凝结时间为0h，其波形图如图2所示，图3为图2选定的首波(由于声波在混凝土拌合物中传播的时间较长，而其首波到达时间又较短，为了便于区分首波的时间，故截取了到达首波之后的时间，这样便于读取首波的位置，从而准确读出首波时间，本实施例中选定的首波为纵波，原因是由于纵波速度最快，最先到达，故最优起跳点即为纵波到达时间)幅值放大图。从图3中可看出当时间 $t=342\mu\text{s}$ 时，幅值开始出现波动，说明检测出了首波，故该时间点即可作为首波声时(这里的首波声时即为纵波在混凝土拌合物中传播的时间)。通过公式 $v=L/t$ 求得波速 v (其中， L 为声波在混凝土拌合物中传播的距离，本实施例中是两换能器之间的距离(从发射探头开始发射波

到接收探头接收波的距离),具体为 $L=10\text{cm}$,得出 $v=292\text{m/s}$;需要说明的是,为了减小误差,可进行多次测量(即在同一个位置改变接收与发射换能器,得出波形求出波速,再求取平均值)。

[0045] (6)用湿布将坍落度筒表面内部清洗干净,将步骤2搅拌好的混凝土拌合物1(并非步骤5中振动后的混凝土拌合物1),分三层均匀的装入筒内(筒的上直径10cm、下直径20cm、高30cm),每装一层分别用捣棒插捣25次,插捣应该在全部面积进行,沿螺旋线由边缘逐渐向中心,在筒边插捣时,捣棒应稍有倾斜,然后垂直插捣中心部分,每层装入高度在插捣后大致为10cm,每层插捣时应捣至下层表面为止。

[0046] (7)将步骤(6)坍落度筒小心平稳地垂直向上提起,不得歪斜,提离过程约5~10s内完成,将坍落度筒放在混凝土拌合物1一旁(装混凝土拌合物1的可以是任何其他容器,或者直接从搅拌机中取出),量出混凝土拌合物1最高点与筒的高度差,如图8所示,即为该混凝土拌合物1的坍落度SL;本步骤(步骤7)中从开始装料到提起坍落度筒的整个过程,需在150s内完成。

[0047] (8)重复步骤(5)~(7),每隔半个小时测一组波速 v (步骤5)和坍落度SL(步骤6~步骤7),建立波速 v 与坍落度SL对应关系,其波速、坍落度随时间的测量结果如表2所示,变化图如图4、图5所示。

[0048] 表2

时间 t (h)	坍落度 SL (mm)	测量波速 v_1 (m/s)
0	80	292
0.5	76	308
1	70	323
1.5	66	345
2	58	368
2.5	45	392
3	32	426

[0050] 根据表2数据由origin进行数据拟合得到公式:

$$v = -2.742SL + 517.829 \quad (1)$$

[0052] 上述公式1表明了波速在混凝土拌合物1中随坍落度的变化而变化,两者呈线性关系。坍落度的误差可以通过多次进行坍落度的测量求取平均值来减小。

[0053] 实施例2验证实施例1关系式的正确性

[0054] 验证例2-1:

[0055] 验证例2-1与实施例1的区别仅在于步骤(1)按照表3所列的配合比配置混凝土拌合物 1:

[0056] 表3

[0057]

水	水泥	砂	石子
---	----	---	----

170kg	400kg	772kg	1158kg
-------	-------	-------	--------

[0058] 本验证例的波速、坍落度随时间的测量结果及公式计算结果如表4所示：

[0059] 表4

时间 t (h)	坍落度 SL (mm)	测量波速 v_1 (m/s)	计算波速 v_2 (m/s)	计算波速 v_2 与测量波速 v_1 间误差
0	90	283	270	-4.59%
0.5	84	296	287	-3.04%
1	77	303	306	0.99%
1.5	69	319	328	2.82%
2	58	331	358	8.16%
2.5	46	352	390	10.8%
3	39	387	421	8.79%

[0061] 验证例2-2：

[0062] 验证例2-2与实施例1的区别仅在于步骤(1)按照表5所列的配合比配置混凝土拌合物 1：

[0063] 表5

[0064]

水	水泥	砂	石子
180kg	400kg	768kg	1152kg

[0065] 本验证例的波速、坍落度随时间的测量结果及公式计算结果如表6所示：

[0066] 表6

时间 t (h)	坍落度 SL (mm)	测量波速 v_1 (m/s)	计算波速 v_2 (m/s)	计算波速 v_2 与测量波速 v_1 间误差
0	95	274	256	-6.57%
0.5	89	283	274	-3.89%
1	81	292	295	1.03%
1.5	72	308	320	3.90%
2	60	321	353	9.97%
2.5	51	348	377	8.33%
3	38	379	413	8.23%

[0068] 通过验证例2-1和2-2可知，计算波速 v_2 与测量波速 v_1 之间的误差基本上在 $\pm 10\%$ 以内，属于可允许误差范围内，也验证了本发明提供的声波检测混凝土坍落度的方法的可行性。本发明采用声波透射方法，相对于坍落度法，对混凝土拌合物坍落度的检测结果更加直观准确、方便。在混凝土生产过程或者运输过程中，可以通过波速的测量来反应坍落度的变化，避免了繁杂地坍落度试验过程。

[0069] 上述只是本发明的较佳实施例，并非对本发明作任何形式上的限制。虽然本发明

已以较佳实施例揭露如上,然而并非用以限定本发明。因此,凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化及修饰,均应落在本发明技术方案保护的范围内。

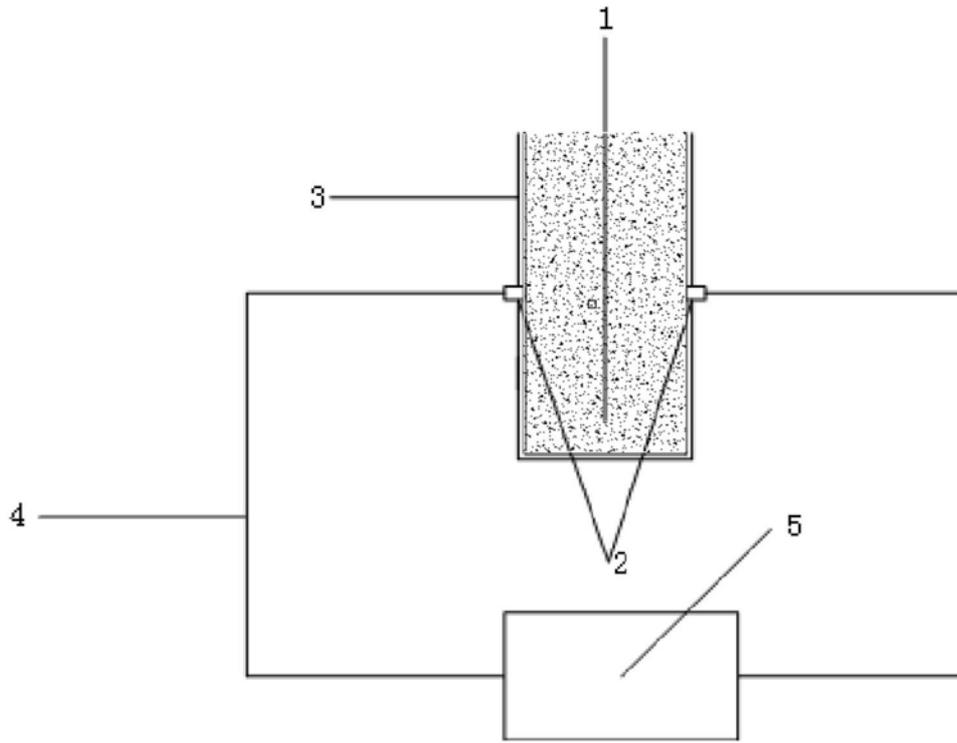


图1

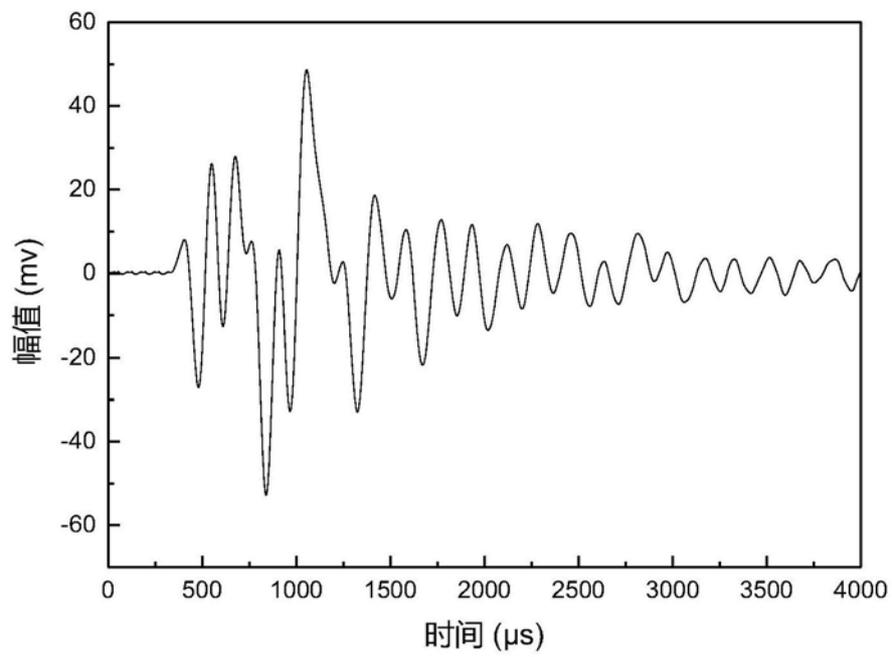


图2

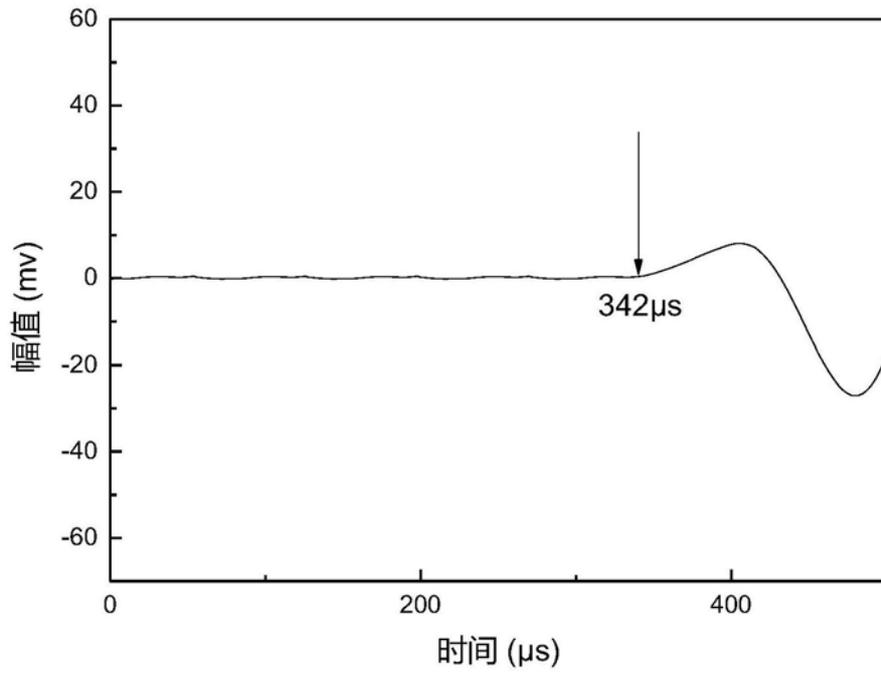


图3

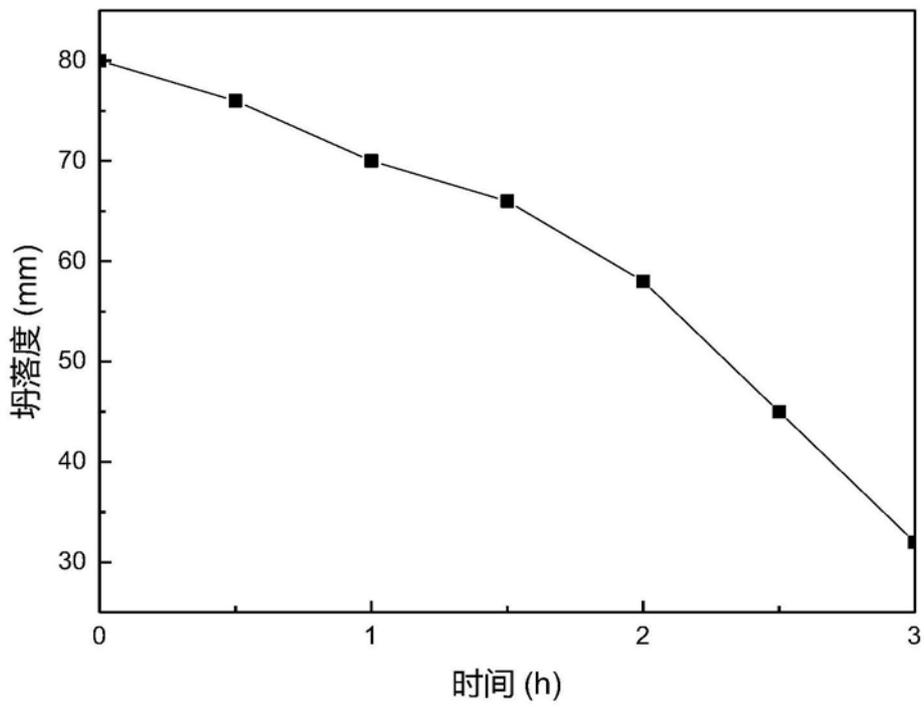


图4

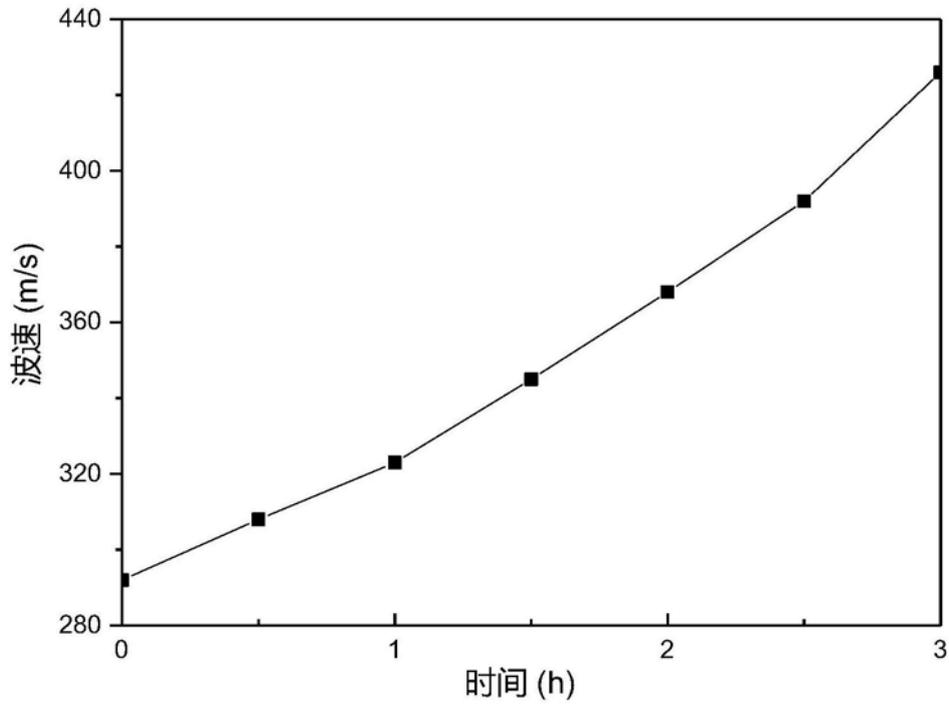


图5

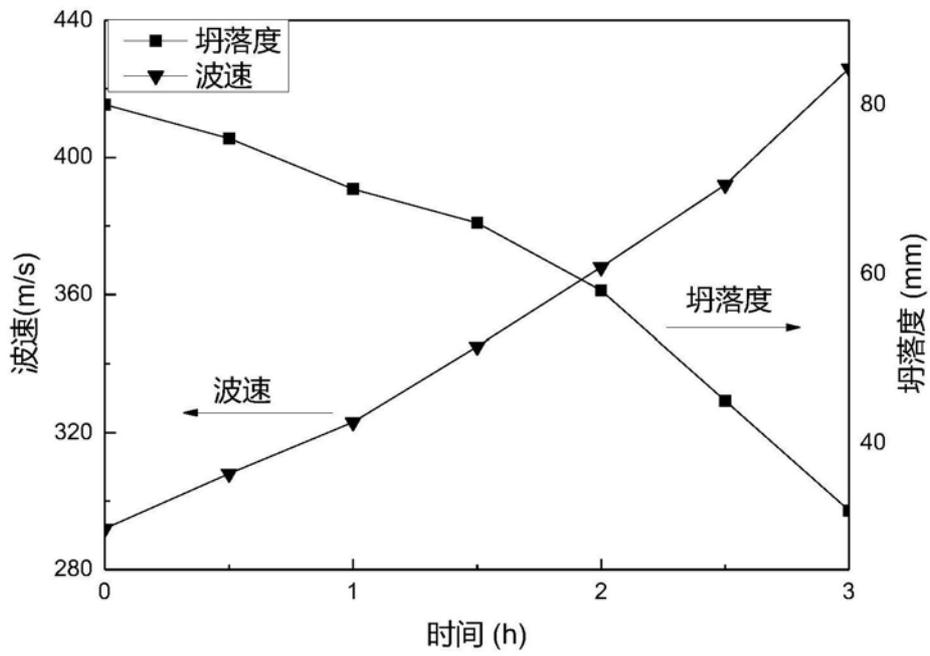


图6

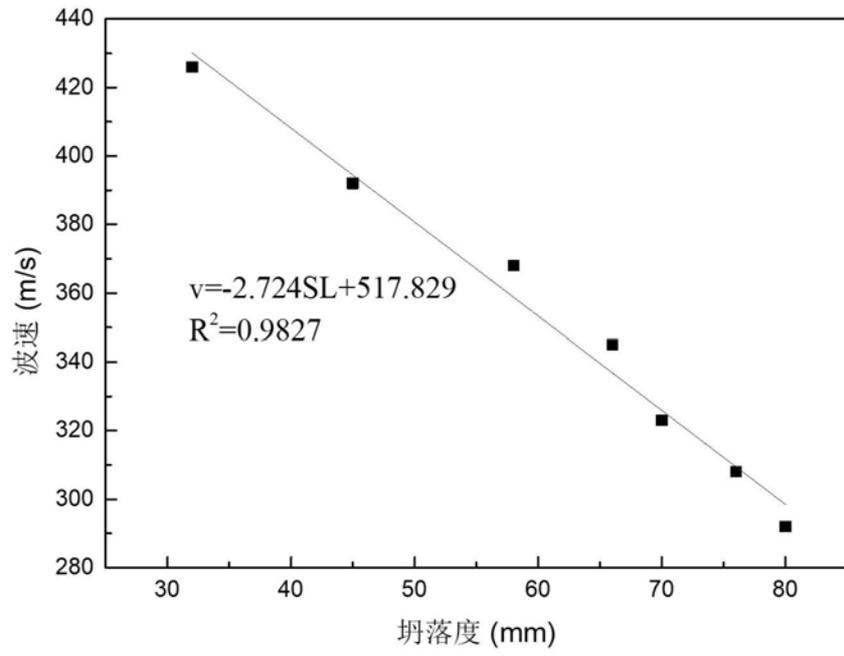


图7

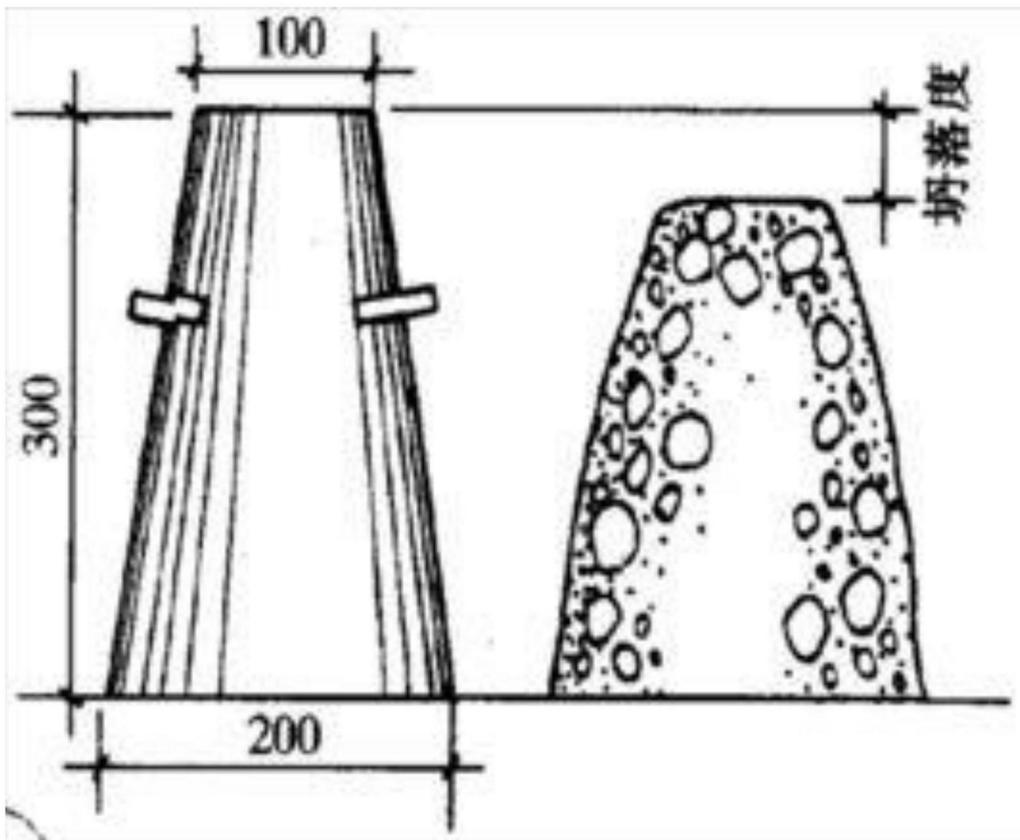


图8