(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 112834619 A
(43)申请公布日 2021.05.25

(21)申请号 202110192637.5

(22)申请日 2021.02.20

(71)申请人 郑州琼佩电子技术有限公司
地址 450000 河南省郑州市高新技术产业开发区翠竹街6号03幢2单元718号

(72)发明人 田国雪

(74)专利代理机构 成都其高专利代理事务所(特殊普通合伙) 51244
代理人 任坤

(51)Int.Cl.
G01N 29/04(2006.01)
G01N 21/84(2006.01)
G01N 9/36(2006.01)

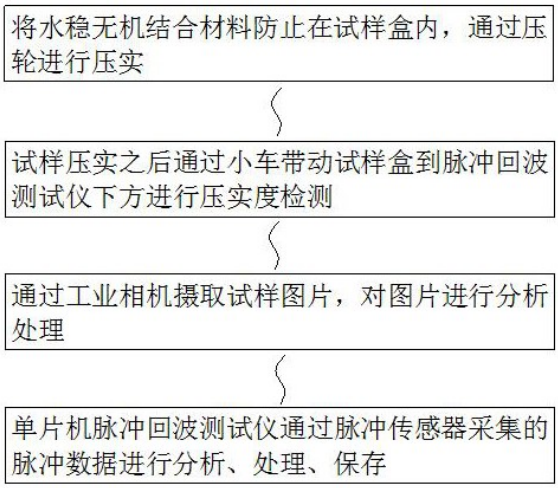
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54)发明名称

一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法;包括以下步骤:S1:将水稳无机结合材料放置在试样盒内,并通过压轮进行压实;S2:试样压实之后通过小车带动试样盒到脉冲回波测试仪的下方进行压实度检测;S3:通过工业相机摄取试样图片,对图片进行分析处理;S4:单片机对脉冲回波测试仪通过脉冲传感器采集的脉冲数据进行分析、处理、保存;通过压轮内部设置的第一振荡器和第二振荡器对压轮进行震荡,同时通过伸缩气缸控制压轮的静压,振动压实与静压实两者相互结合,共同促进提高压实效果,增加测量的精确度。



CN 112834619 A

1.一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法;其特征在于,包括以下步骤:

S1:将水稳无机结合材料放置在试样盒内,并通过压轮进行压实,设置第一振荡器和第二振荡器、高频振荡器,进行多频振动压实;

S2:试样压实之后通过小车带动试样盒到脉冲回波测试仪的下方进行压实度检测;当脉冲波在压实的试样中传播时,遇到波阻抗发生变化的界面或边界,会在这些界面发生反射和透射,在试样的结构表面形成一个类谐振条件,通过脉冲传感器接受到脉冲在试样内多次反射的振动信号;

S3:通过工业相机摄取试样图片,首选对试样图片进行预处理,降低图像中含有的噪声污;之后设定感兴趣区域,提取待检测的图片目标,减少图像处理时间并且增加目标图片的精致度;再次,利用阈值分割法进一步提取待测图片目标,并测量水稳无机材料试样的几何参数;最后,将上述待测图片目标的几何参数与水稳无机材料试样的标准值进行比较,判定试样的最大干密度、干缩干裂、温缩开裂程度;

S4:单片机对脉冲回波测试仪通过脉冲传感器采集的脉冲数据进行分析、处理、保存。

2.根据权利要求1所述一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法,其特征在于,步骤S1中,压轮内部设置的电机采用双轴电机,双轴电机同时带动第一振荡器和第二振荡器进行振动,在振动过程中,第一驱动轴和第二驱动轴转动,使套在第一驱动轴上的第一滑块受到离心作用沿第一驱动轴径向甩出,受到第一振荡器空腔的约束,使其沿内壁旋转,因此第一滑块一边受第一振荡器内壁约束沿第一驱动轴滑动,一边碎驱动轴旋转;相对运动和牵连运动共同作用对支架中心的瞬时力矩总近似为零,相互抵消消除支架的倾翻力矩。

3.根据权利要求1所述一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法,其特征在于,步骤S1中,设置高频振荡器的频率不同于第一振荡器和第二振荡器对压轮进行激振,同时利用外作用力和内作用力两种方式,实现对试样的双频振动压实,并且将双轴电机输出分流,通过调整各自之间的传动比,有效解决压轮压实频率和高频振动频率之间的矛盾,提高使用的稳定性。

4.根据权利要求1所述一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法,其特征在于,步骤S2中,通过最大熵法将其转化为频域信号,可得到一个试样厚度的厚度频率,该频率的倒数对应脉冲波往返传播一次的周期,试样压实密度存在缺陷时或者不密实的情况下,脉冲波往返一次的时间延长,则无机水稳材料试样的压实度越低,质量越差;反之传播路径越短,延时越短,则无机水稳材料试样的压实度越高,质量越好,抗干缩干裂、温缩开裂能力越强。

5.根据权利要求1所述一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法,其特征在于,步骤S4中包括a采集数据,通过脉冲传感器和信号采集芯片采集脉冲信号在试样内部绕射距离、时间、频率;b分析数据,通过单片机对采集的数据进行分析处理。

6.根据权利要求5所述一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法,其特征在于,步骤S4中还包括c处理数据,经过b步骤之后的数据与试样的标准压实度数据进行对比,判断试样的强度;d保存数据,设置的数据库分为配置数据库和机组数据库,每个脉冲传感器对应一个机组数据库,配置数据库存储相关配置信息,进行数据存储。

7.根据权利要求5所述一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法,其特征在于,分析数据包括a1,去除试样位置误判、人为操作造成的异常值;b1,去除由于试样高度变化的

数据而带来的低频趋势项;c1,将脉冲传感器的原始数据转化为弦测数据;d1,对弦测数据进行分析,评价试样的压实状态和不平顺状态。

一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于无机材料检测领域，尤其涉及一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法。

背景技术

[0002] 水稳无机材料是指在各种粉碎或原状松散的土、碎(砾)石、工业废渣中，掺入适当数量的无机结合料(如水泥、石灰或工业废渣等)和水，经拌和得到的混合料在压实与养生后，其抗压强度符合规定要求的材料称为无机结合料稳定类混合料，以此修筑的路面基层称为无机结合料稳定基层；无机结合料稳定材料的刚度介于柔性路面材料和刚性路面材料之间，常称之为半刚性材料。以此修筑的基层或底基层亦称为半刚性基层或半刚性底基层。在我国已建成的高速公路和一级公路中，大多数路面采用了这种基层。

[0003] 目前的水稳无机材料优缺点都非常明显，缺点在于由于无机水稳在施工的过程中压实而成，所以在后续使用的过程中，水稳无机层容易发生干缩干裂、温缩开裂等问题，保养成本比较高，但是目前对于水稳无机材料的检测还处在材料本身的检测，仅仅靠静压实来测量水稳无机材料的强度、干密度、压实度等参数，由于静压压实效果差，压实均匀性较差，并不能精确的检测出水稳无机材料的最强使用效果，检测误差较大，检测成本高，一般需要专业的检测公司进行检测，所以需要一种更加精确的检测试验装置用于检测无机水稳材料的稳定性和耐用性。

发明内容

[0004] 针对现有技术不足，本发明的目的在于提供了一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法，通过最大熵法将其转化为频域信号，可得到一个试样厚度的厚度频率，该频率的倒数对应脉冲波往返传播一次的周期，增加强度和压实度检测的精确程度。

[0005] 本发明提供如下技术方案：

一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法；包括以下步骤：

S1：将水稳无机结合材料放置在试样盒内，并通过压轮进行压实，设置第一振荡器和第二振荡器、高频振荡器，进行多频振动压实；

S2：试样压实之后通过小车带动试样盒到脉冲回波测试仪的下方进行压实度检测；当脉冲波在压实的试样中传播时，遇到波阻抗发生变化的界面或边界，会在这些界面发生反射和透射，在试样的结构表面形成一个类谐振条件，通过脉冲传感器接受到脉冲在试样内多次反射的振动信号；

S3：通过工业相机摄取试样图片，首选对试样图片进行预处理，降低图像中含有的噪声污；之后设定感兴趣区域，提取待检测的图片目标，减少图像处理时间并且增加目标图片的精致度；再次，利用阈值分割法进一步提取待测图片目标，并测量水稳无机材料试样的几何参数；最后，将上述待测图片目标的几何参数与水稳无机材料试样的标准值进行比较，判定试样的最大干密度、干缩干裂、温缩开裂程度；

S4:单片机对脉冲回波测试仪通过脉冲传感器采集的脉冲数据进行分析、处理、保存;

优选的,步骤S1中,压轮内部设置的电机采用双轴电机,双轴电机同时带动第一振荡器和第二振荡器进行振动,在振动过程中,第一驱动轴和第二驱动轴转动,使套在第一驱动轴上的第一滑块受到离心作用沿第一驱动轴径向甩出,受到第一振荡器空腔的约束,使其沿内壁旋转,因此第一滑块一边受第一振荡器内壁约束沿第一驱动轴滑动,一边碎驱动轴旋转;相对运动和牵连运动共同作用对支架中心的瞬时力矩总近似为零,相互抵消消除支架的倾翻力矩。

[0006] 优选的,步骤S1中,设置高频振荡器的频率不同于第一振荡器和第二振荡器对压轮进行激振,同时利用外作用力和内作用力两种方式,实现对试样的双频振动压实,并且将双轴电机输出分流,通过调整各自之间的传动比,有效解决压轮压实频率和高频振动频率之间的矛盾,提高使用的稳定性。

[0007] 优选的,步骤S2中,通过最大熵法将其转化为频域信号,可得到一个试样厚度的厚度频率,该频率的倒数对应脉冲波往返传播一次的周期,试样压实密度存在缺陷时或者不密实的情况下,脉冲波往返一次的时间延长,则无机水稳材料试样的压实度越低,质量越差;反之传播路径越短,延时越短,则无机水稳材料试样的压实度越高,质量越好,抗干缩干裂、温缩开裂能力越强。

[0008] 优选的,步骤S4中包括a采集数据,通过脉冲传感器和信号采集芯片采集脉冲信号在试样内部绕射距离、时间、频率;b分析数据,通过单片机对采集的数据进行分析处理。

[0009] 优选的,步骤S4中还包括c处理数据,经过b步骤之后的数据与试样的标准压实度数据进行对比,判断试样的强度;d保存数据,设置的数据库分为配置数据库和机组数据库,每个脉冲传感器对应一个机组数据库,配置数据库存储相关配置信息,进行数据存储。

[0010] 优选的,分析数据包括a1,去除试样位置误判、人为操作造成的异常值;b1,去除由于试样高度变化的数据而带来的低频趋势项;c1,将脉冲传感器的原始数据转化为弦测数据;d1,对弦测数据进行分析,评价试样的压实状态和不平顺状态。

[0011] 优选的,一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法采用一种水稳无机结合材料的实验检测装置;包括,底座、压轮;所述底座上方连接有支腿,支腿连接支撑架,所述支撑架的一端连接有伸缩气缸,所述支撑架的另一端设有第一轴套,支撑架通过第一轴套连接有摇臂,所述摇臂的一端设置有连接座,摇臂通过连接座与所述伸缩气缸连接;伸缩气缸伸缩带动摇臂在支撑架上转动;所述摇臂另一端连接有第二轴套,摇臂通过第二轴套连接固定架,所述固定架与摇臂转动连接;所述固定架转动连接有压轮;

所述压轮的下方设有小车,所述小车在底座上移动;所述小车的上方连接有多个垫高柱,多个所述垫高柱的顶部均连接有垫高板,所述垫高板的上方放置有式样盒;所述试样盒内盛放有水稳无机结合材料;所述底座远离支腿的一端连接有立柱,所述立柱的顶部连接有吊杆,所述吊杆的靠近所述压轮的一端下方连接有脉冲回波测试仪,所述脉冲回波测试仪连接有两个脉冲传感器;所述吊杆靠近立柱的一端下方连接有伸缩杆,所述伸缩杆的另一端连接有工业相机;所述脉冲回波测试仪与工业相机与小车运动的方向在同一水平面上。

[0012] 优选的,所述固定架呈“U”型结构,所述压轮与固定架通过转轴转动连接;所述压

轮的内部呈中空结构，所述压轮的内部设有支架，所述支架的内部设有双轴电机，所述双轴电机的第一轴连接有第一带轮，所述第一带轮连接有第一皮带，所述第一皮带的另一端通过第一带轮连接有第一振荡器，所述第一振荡器设在在压轮的内部。

[0013] 优选的，所述双轴电机的第二轴上设有第二带轮，所述第二带轮设有第二皮带，第二皮带的另一端通过第二带轮连接有第二振荡器，所述第二振荡器设置在压轮的内部；所述第二振荡器与所述第一振荡器对称设置；第一振荡器与第二振荡器均与所述支架连接。

[0014] 优选的，所述双轴电机的第二轴的端部延伸至压轮的外部，且连接有第三带轮，所述第三带轮连接有第三皮带，所述第三皮带另一端通过第三带轮连接有高频振荡器，所述高频振荡器设置到压轮的上方，且与所述固定架连接；所述高频振荡器内部设有偏心轴，所述偏心轴由第三带轮驱动。

[0015] 优选的，所述第一振荡器内部开设有圆柱形的空腔，空腔内部设有第一驱动轴，所述第一驱动轴的一端与第一带轮连接，由第一带轮驱动转动，第一驱动轴的另一端与第一振荡器内壁转动连接；所述第一驱动轴上设有第一滑块，所述第一滑块呈“U”型结构，第一滑块与第一驱动轴滑动连接。

[0016] 优选的，所述第二振荡器内部开设有圆柱形的空腔，空腔内部设有第二驱动轴，所述第二驱动轴的一端与第二带轮连接，由第二带轮驱动转动，第二驱动轴的另一端与第二振荡器内壁转动连接；所述第二驱动轴上设有第二滑块，所述第二滑块呈“U”型结构，第二滑块与第二驱动轴滑动连接。

[0017] 优选的，一种水稳无机结合材料的实验检测装置采用一种水稳无机结合材料的检测系统，其特征在于，检测系统包括机械模块、传输模块、测量分析模块；所述机械模块包括试样盒、压轮、小车；所述传输模块包括脉冲回波测试仪、脉冲传感器、数据采集芯片、工业相机、单片机；所述测量分析模块包括脉冲回波测量模块和图像分析模块；所述脉冲回波测试仪采集脉冲传感器的脉冲信号传输至单片机；所述单片机通过串行通信的方式从数据采集芯片获取信号。

[0018] 优选的，所述脉冲回波测量模块包括脉冲回波测试仪，脉冲回波测试仪发出一个瞬时脉冲，产生频率较低的脉冲波在试样内反射来回传播，通过脉冲回波测试仪连接的脉冲传感器置于试样表面接受多次反射的脉冲信号；脉冲波在试样的缺陷部位会发生绕射，传播路径延长造成传播时间延长，由此根据脉冲主频变化直观的判断试样的内部压实度情况，判断试样的质量。

[0019] 优选的，所述脉冲回波测量模块还包括采集数据、分析数据、处理数据、保存数据四个子模块。

[0020] 优选的，所述数据采集模块控制数据采集芯片采集脉冲传感器反馈试样的脉冲信号数据，控制工业相机采集试样的图像信息；并且通过单片机对采集的脉冲信号数据进行频谱分析和数据处理，并通过单片机对频谱数据进行保存。

[0021] 优选的，所述数据采集芯片为数据采集卡(CP-220U-I)；脉冲传感器型号(BTL5-A11-M1600-K-K05)；单片机为51单片机AT89C20。

[0022] 优选的，所述工业相机通过信号线与所述信号采集芯片连接。

[0023] 优选的，所述单片机对采集的脉冲信号数据进行频谱分析和数据处理时采用最大熵法；为了进一步提升测量的精确度，提升检测质量和检测效果，所述无机水稳材料试样的

厚度D满足下列关系:D=α/(2f);上式中,D单位为cm;α为试样几何结构形状系数,取值范围为0.26-1.336;f为频谱图中峰值的频率;由上述公式能够得出不同试样工况下应力波的传播路径,传播路径越长,延时越长。

[0024] 优选的,当伸缩气缸在推动压实轮进行压实时,为了强化压实效果,增加检测的精确性,采用多频振动压实,除了第一振荡器和第二振荡器之外,固定架上设有高频振荡器,高频振荡器的频率不同于第一振荡器和第二振荡器,高频振荡器的振幅接近砂质土的固有频率和振幅,一振荡器和第二振荡器接近粘性土和粉质土的固有频率和振幅;为了增加压实效果,同时保证设备的稳定性,所述高频振荡器通过第三带轮驱动,并且其产生高频振动通过固定架传输至压轮;通过设置高频振荡器的频率不同于第一振荡器和第二振荡器对压轮进行激振,同时利用外作用力和内作用力两种方式,实现对试样的双频振动压实,并且将双轴电机输出分流,通过调整各自之间的传动比,有效解决压轮压实频率和高频振动频率之间的矛盾,提高使用的稳定性;采用双频振动压实时,高频振荡器的震荡频率为ω1;第一振荡器和第二振荡器的震荡频率为ω2;两者之间满足ω1/ω2=W;所述W为正整数,取值范围为3000-650000。

[0025] 优选的,为了进一步提升振动压实的效果,提升试样的压实度,从而提高检测的精确程度,所述无机水稳材料试样的厚度D与高频振荡器的震荡频率为ω1、第一振荡器和第二振荡器的震荡频率为ω2之间满足:W/D=δ·(2f·ω2)/ω1;δ为振荡频率系数,取值范围为0.69-36.28;D单位为cm。

[0026] 优选的,所述图像分析模块包括图像获取、图像处理、数据分析和缺陷诊断四个部分;首选对采集的试样图像进行预处理,降低图像中含有的噪声污;之后设定感兴趣区域,提取待检测的图片目标(图片局部),减少图像处理时间并且增加目标图片的精致度;再次,利用阈值分割法进一步提取待测图片目标,并测量水稳无机材料试样的几何参数;最后,将上述待测图片目标的几何参数与水稳无机材料试样的标准值进行比较,判定试样的最大干密度、干缩干裂、温缩开裂程度,进一步提升整体的检测效果。

[0027] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

(1)本发明一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法,通过压轮内部设置的第一振荡器和第二振荡器对压轮进行震荡,同时通过伸缩气缸控制压轮的静压,振动压实与静压实两者相互结合,共同促进提高压实效果,增加测量的精确度。

[0028] (2)本发明一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法,同时设置第一振荡器、第二振荡器共同振动,采用多平面平衡法,确保高频振荡器和第一振荡器、第二振荡器的转子处在平衡的工作状态,减少能量的损耗,增加压轮振动的稳定性,增强压实效果;通过设置脉冲回波测量模块和图像分析模块提升检验系统的精确性,提升检验质量。

[0029] (3)本发明一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法,通过最大熵法将其转化为频域信号,可得到一个试样厚度的厚度频率,该频率的倒数对应脉冲波往返传播一次的周期,所以,当试样压实密度存在缺陷时或者不密实的情况下,脉冲波往返一次的时间延长,则无机水稳材料试样的压实度越低,质量越差;反之传播路径越短,延时越短,则无机水稳材料试样的压实度越高,质量越好,抗干缩干裂、温缩开裂能力越强。

[0030] (4)本发明一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法,通过设置高频振荡器的频率不同于第一振荡器和第二振荡器对压轮进行激振,同时利用外作用力和内作用力两

种方式，实现对试样的双频振动压实，并且将双轴电机输出分流，通过调整各自之间的传动比，有效解决压轮压实频率和高频振动频率之间的矛盾，提高使用的稳定性。

[0031] (5)本发明一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法，通过限定无机水稳材料试样的厚度与频谱图中测量振荡频率峰值的频率之间的关系，进一步提升测量的精确度，提升检测质量和检测效果。

[0032] (6)本发明一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法，通过限定高频振荡器的震荡频率、第一振荡器和第二振荡器的震荡频率之间的关系，通过调整各自之间的传动比，有效解决压轮压实频率和高频振动频率之间的矛盾，提高使用的稳定性。

[0033] (7)本发明一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法，通过限定无机水稳材料试样的厚度与高频振荡器的震荡频率、第一振荡器和第二振荡器的震荡频率之间的关系，进一步提升振动压实的效果，提升试样的压实度，从而提高检测的精确程度。

附图说明

[0034] 为了更清楚地说明本发明实施方式的技术方案，下面将对实施方式中所需要使用的附图作简单地介绍，应当理解，以下附图仅示出了本发明的某些实施例，因此不应被看作是对范围的限定，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

[0035] 图1是本发明的整体结构示意图。

[0036] 图2是本发明的压轮内部结构示意图。

[0037] 图3是本发明的压轮截面结构示意图。

[0038] 图4是本发明的第一滑块结构示意图。

[0039] 图5是本发明的系统结构示意图。

[0040] 图6为本发明的方法流程图。

[0041] 图中：1、底座；2、支腿；3、伸缩气缸；4、支撑架；5、摇臂；6、第一轴套；7、连接座；8、第二轴套；9、固定架；10、压轮；11、试样盒；12、小车；13、垫高柱；14、垫高板；15、高频振荡器；16、立柱；17、吊杆；18、脉冲回波测试仪；19、脉冲传感器；20、伸缩杆； 21、工业相机；101、双轴电机；102、第一振荡器；103、第二振荡器；104、第一带轮；105、第一皮带；106、第二带轮；107、第二皮带；108、第三带轮；109、第三皮带；1010、偏心轴；1011、第一驱动轴；1012、第一滑块；1013、第二驱动轴；1014、第二滑块；1015、支架。

具体实施方式

[0042] 为使本发明实施方式的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施方式中的附图，对本发明实施方式中的技术方案进行清楚、完整地描述。显然，所描述的实施方式是本发明一部分实施方式，而不是全部的实施方式。基于本发明中的实施方式，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方式，都属于本发明保护的范围。

[0043] 因此，以下对在附图中提供的本发明的实施方式的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围，而是仅仅表示本发明的选定实施方式。基于本发明中的实施方式，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方式，都属于本发明

保护的范围。

[0044] 实施例一：

如图6所示，一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法；包括以下步骤：

S1：将水稳无机结合材料放置在试样盒内，并通过压轮进行压实，设置第一振荡器和第二振荡器、高频振荡器，进行多频振动压实；

S2：试样压实之后通过小车带动试样盒到脉冲回波测试仪的下方进行压实度检测；当脉冲波在压实的试样中传播时，遇到波阻抗发生变化的界面或边界，会在这些界面发生反射和透射，在试样的结构表面形成一个类谐振条件，通过脉冲传感器接受到脉冲在试样内多次反射的振动信号；

S3：通过工业相机摄取试样图片，首选对试样图片进行预处理，降低图像中含有的噪声污；之后设定感兴趣区域，提取待检测的图片目标，减少图像处理时间并且增加目标图片的精致度；再次，利用阈值分割法进一步提取待测图片目标，并测量水稳无机材料试样的几何参数；最后，将上述待测图片目标的几何参数与水稳无机材料试样的标准值进行比较，判定试样的最大干密度、干缩干裂、温缩开裂程度；

S4：单片机对脉冲回波测试仪通过脉冲传感器采集的脉冲数据进行分析、处理、保存；

步骤S1中，压轮内部设置的电机采用双轴电机，双轴电机同时带动第一振荡器和第二振荡器进行振动，在振动过程中，第一驱动轴和第二驱动轴转动，使套在第一驱动轴上的第一滑块受到离心作用沿第一驱动轴径向甩出，受到第一振荡器空腔的约束，使其沿内壁旋转，因此第一滑块一边受第一振荡器内壁约束沿第一驱动轴滑动，一边碎驱动轴旋转；相对运动和牵连运动共同作用对支架中心的瞬时力矩总近似为零，相互抵消消除支架的倾翻力矩。

[0045] 步骤S1中，设置高频振荡器的频率不同于第一振荡器和第二振荡器对压轮进行激振，同时利用外作用力和内作用力两种方式，实现对试样的双频振动压实，并且将双轴电机输出分流，通过调整各自之间的传动比，有效解决压轮压实频率和高频振动频率之间的矛盾，提高使用的稳定性。

[0046] 步骤S2中，通过最大熵法将其转化为频域信号，可得到一个试样厚度的厚度频率，该频率的倒数对应脉冲波往返传播一次的周期，试样压实密度存在缺陷时或者不密实的情况下，脉冲波往返一次的时间延长，则无机水稳材料试样的压实度越低，质量越差；反之传播路径越短，延时越短，则无机水稳材料试样的压实度越高，质量越好，抗干缩干裂、温缩开裂能力越强。

[0047] 步骤S4中包括a采集数据，通过脉冲传感器和信号采集芯片采集脉冲信号在试样内部绕射距离、时间、频率；b分析数据，通过单片机对采集的数据进行分析处理。

[0048] 步骤S4中还包括c处理数据，经过b步骤之后的数据与试样的标准压实度数据进行对比，判断试样的强度；d保存数据，设置的数据库分为配置数据库和机组数据库，每个脉冲传感器对应一个机组数据库，配置数据库存储相关配置信息，进行数据存储。

[0049] 分析数据包括a1，去除试样位置误判、人为操作造成的异常值；b1，去除由于试样高度变化的数据而带来的低频趋势项；c1，将脉冲传感器的原始数据转化为弦测数据；d1，对弦测数据进行分析，评价试样的压实状态和不平顺状态。

[0050] 实施例二：

如图1所示，一种水稳无机结合材料的实验检测装置；包括，底座1、压轮10；所述底座1上方连接有支腿2，支腿2连接支撑架4，所述支撑架4的一端连接有伸缩气缸3，所述支撑架4的另一端设有第一轴套6，支撑架4通过第一轴套6连接有摇臂5，所述摇臂5的一端设置有连接座7，摇臂5通过连接座7与所述伸缩气缸3连接；伸缩气缸3伸缩带动摇臂5在支撑架4上转动；所述摇臂5另一端连接有第二轴套8，摇臂5通过第二轴套8连接固定架9，所述固定架9与摇臂5转动连接；所述固定架9转动连接有压轮10；

所述压轮10的下方设有小车12，所述小车12在底座1上移动；所述小车12的上方连接有多个垫高柱13，多个所述垫高柱13的顶部均连接有垫高板14，所述垫高板14的上方放置有式样盒；所述试样盒11内盛放有水稳无机结合材料；所述底座1远离支腿2的一端连接有立柱16，所述立柱16的顶部连接有吊杆17，所述吊杆17的靠近所述压轮10的一端下方连接有脉冲回波测试仪18，所述脉冲回波测试仪18连接有两个脉冲传感器19；所述吊杆17靠近立柱16的一端下方连接有伸缩杆20，所述伸缩杆20的另一端连接有工业相机21；所述脉冲回波测试仪18与工业相机21与小车12运动的方向在同一水平面上。

[0051] 实施例三：

在实施例一的基础上，如图2-4所示，所述固定架9呈“U”型结构，所述压轮10与固定架9通过转轴转动连接；所述压轮10的内部呈中空结构，所述压轮10的内部设有支架1015，所述支架1015的内部设有双轴电机101，所述双轴电机101的第一轴连接有第一带轮104，所述第一带轮104连接有第一皮带105，所述第一皮带105的另一端通过第一带轮104连接有第一振荡器102，所述第一振荡器102设在在压轮10的内部。

[0052] 所述双轴电机101的第二轴上设有第二带轮106，所述第二带轮106设有第二皮带107，第二皮带107的另一端通过第二带轮106连接有第二振荡器103，所述第二振荡器103设置在压轮10的内部；所述第二振荡器103与所述第一振荡器102对称设置；第一振荡器102与第二振荡器103均与所述支架1015连接。

[0053] 所述双轴电机101的第二轴的端部延伸至压轮10的外部，且连接有第三带轮108，所述第三带轮108连接有第三皮带109，所述第三皮带109另一端通过第三带轮108连接有高频振荡器15，所述高频振荡器15设置到压轮10的上方，且与所述固定架9连接；所述高频振荡器15内部设有偏心轴1010，所述偏心轴1010由第三带轮108驱动。

[0054] 所述第一振荡器102内部开设有圆柱形的空腔，空腔内部设有第一驱动轴1011，所述第一驱动轴1011的一端与第一带轮104连接，由第一带轮104驱动转动，第一驱动轴1011的另一端与第一振荡器102内壁转动连接；所述第一驱动轴1011上设有第一滑块1012，所述第一滑块1012呈“U”型结构，第一滑块1012与第一驱动轴1011滑动连接。

[0055] 所述第二振荡器103内部开设有圆柱形的空腔，空腔内部设有第二驱动轴1013，所述第二驱动轴1013的一端与第二带轮106连接，由第二带轮106驱动转动，第二驱动轴1013的另一端与第二振荡器103内壁转动连接；所述第二驱动轴1013上设有第二滑块1014，所述第二滑块1014呈“U”型结构，第二滑块1014与第二驱动轴1013滑动连接。

[0056] 实施例四：

如图5所示，在实施例一的基础上，一种水稳无机结合材料的实验检测装置采用一种水稳无机结合材料的检测系统，其特征在于，检测系统包括机械模块、传输模块、测量分

析模块;所述机械模块包括试样盒11、压轮10、小车12;所述传输模块包括脉冲回波测试仪18、脉冲传感器19、数据采集芯片、工业相机21、单片机;所述测量分析模块包括脉冲回波测量模块和图像分析模块;所述脉冲回波测试仪18采集脉冲传感器19的脉冲信号传输至单片机;所述单片机通过串行通信的方式从数据采集芯片获取信号。

[0057] 所述脉冲回波测量模块包括脉冲回波测试仪18,脉冲回波测试仪18发出一个瞬时脉冲,产生频率较低的脉冲波在试样内反射来回传播,通过脉冲回波测试仪18连接的脉冲传感器19置于试样表面接受多次反射的脉冲信号;脉冲波在试样的缺陷部位会发生绕射,传播路径延长造成传播时间延长,由此根据脉冲主频变化直观的判断试样的内部压实度情况,判断试样的质量;所述脉冲回波测量模块还包括采集数据、分析数据、处理数据、保存数据四个子模块。

[0058] 所述数据采集模块控制数据采集芯片采集脉冲传感器19反馈试样的脉冲信号数据,控制工业相机21采集试样的图像信息;并且通过单片机对采集的脉冲信号数据进行频谱分析和数据处理,并通过单片机对频谱数据进行保存;所述数据采集芯片为数据采集卡CP-220U-I;脉冲传感器19型号BTL5-A11-M1600-K-K05;单片机为51单片机AT89C20;所述工业相机21通过信号线与所述信号采集芯片连接。

[0059] 所述单片机对采集的脉冲信号数据进行频谱分析和数据处理时采用最大熵法;为了进一步提升测量的精确度,提升检测质量和检测效果,所述无机水稳材料试样的厚度D满足下列关系:D=α/2f;上式中,D单位为cm;α为试样几何结构形状系数,取值范围为0.26-1.336;f为频谱图中峰值的频率;由上述公式能够得出不同试样工况下应力波的传播路径,传播路径越长,延时越长;当脉冲波在压实的试样中传播时,遇到波阻抗发生变化的界面或边界,会在这些界面发生反射和透射,在试样的结构表面形成一个类谐振条件,通过脉冲传感器19接受到脉冲在试样内多次反射的振动信号;通过最大熵法将其转化为频域信号,可得到一个试样厚度的厚度频率,该频率的倒数对应脉冲波往返传播一次的周期,所以,当试样压实密度存在缺陷时或者不密实的情况下,脉冲波往返一次的时间延长,则无机水稳材料试样的压实度越低,质量越差;反之传播路径越短,延时越短,则无机水稳材料试样的压实度越高,质量越好,抗干缩干裂、温缩开裂能力越强。

[0060] 实施例五:

在实施例一的基础上,当伸缩气缸3在推动压实轮进行压实时,为了保证激振力作用方向与电机质心在同一平面内,使电机不产生偏转,电机采用双轴电机101,双轴电机101同时带动第一振荡器102和第二振荡器103进行振动,在振动过程中,第一驱动轴1011和第二驱动轴1013转动,使套在第一驱动轴1011上的第一滑块1012受到离心作用沿第一驱动轴1011径向甩出,受到第一振荡器102空腔的约束,使其沿内壁旋转,因此第一滑块1012一边受第一振荡器102内壁约束沿第一驱动轴1011滑动相对运动,一边碎驱动轴旋转牵连运动;相对运动和牵连运动共同作用对支架1015中心的瞬时力矩总近似为零,相互抵消消除支架1015的倾翻力矩;进一步增加压轮10的稳定性,增强压实效果;为了强化压实效果,增加检测的精确性,采用多频振动压实,除了第一振荡器102和第二振荡器103之外,固定架9上设有高频振荡器15,高频振荡器15的频率不同于第一振荡器102和第二振荡器103,高频振荡器15的振幅接近砂质土的固有频率和振幅,一振荡器和第二振荡器103接近粘性土和粉质土的固有频率和振幅;为了增加压实效果,同时保证设备的稳定性,所述高频振荡器15通过

第三带轮108驱动，并且其产生高频振动通过固定架9传输至压轮10；通过设置高频振荡器15的频率不同于第一振荡器102和第二振荡器103对压轮10进行激振，同时利用外作用力和内作用力两种方式，实现对试样的双频振动压实，并且将双轴电机101输出分流，通过调整各自之间的传动比，有效解决压轮10压实频率和高频振动频率之间的矛盾，提高使用的稳定性；采用双频振动压实时，高频振荡器15的震荡频率为ω1；第一振荡器102和第二振荡器103的震荡频率为ω2；两者之间满足ω1/ω2=W；所述W为正整数，取值范围为3000-650000。

[0061] 为了进一步提升振动压实的效果，提升试样的压实度，从而提高检测的精确程度，所述无机水稳材料试样的厚度D与高频振荡器15的震荡频率为ω1、第一振荡器102和第二振荡器103的震荡频率为ω2之间满足：W/D=δ·2f·ω2/ω1；δ为振荡频率系数，取值范围为0.69-36.28；D单位为cm。

[0062] 通过上述技术方案得到的装置是一种冲击型的水稳无机结合材料强度检测方法，通过压轮内部设置的第一振荡器和第二振荡器对压轮进行震荡，同时通过伸缩气缸控制压轮的静压，振动压实与静压实两者相互结合，共同促进提高压实效果，增加测量的精确度；同时设置第一振荡器、第二振荡器共同振动，采用多平面平衡法，确保高频振荡器和第一振荡器、第二振荡器的转子处在平衡的工作状态，减少能量的损耗，增加压轮振动的稳定性，增强压实效果；通过设置脉冲回波测量模块和图像分析模块提升检验系统的精确性，提升检验质量；通过最大熵法将其转化为频域信号，可得到一个试样厚度的厚度频率，该频率的倒数对应脉冲波往返传播一次的周期，所以，当试样压实密度存在缺陷时或者不密实的情况下，脉冲波往返一次的时间延长，则无机水稳材料试样的压实度越低，质量越差；反之传播路径越短，延时越短，则无机水稳材料试样的压实度越高，质量越好，抗干缩干裂、温缩开裂能力越强；通过设置高频振荡器的频率不同于第一振荡器和第二振荡器对压轮进行激振，同时利用外作用力和内作用力两种方式，实现对试样的双频振动压实，并且将双轴电机输出分流，通过调整各自之间的传动比，有效解决压轮压实频率和高频振动频率之间的矛盾，提高使用的稳定性；通过限定无机水稳材料试样的厚度与频谱图中测量振荡频率峰值的频率之间的关系，进一步提升测量的精确度，提升检测质量和检测效果；通过限定高频振荡器的震荡频率、第一振荡器和第二振荡器的震荡频率之间的关系，通过调整各自之间的传动比，有效解决压轮压实频率和高频振动频率之间的矛盾，提高使用的稳定性；通过限定无机水稳材料试样的厚度与高频振荡器的震荡频率、第一振荡器和第二振荡器的震荡频率之间的关系，进一步提升振动压实的效果，提升试样的压实度，从而提高检测的精确程度。

[0063] 本发明中未详细阐述的其它技术方案均为本领域的现有技术，在此不再赘述。

[0064] 以上所述仅为本发明的优选实施方式而已，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化；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。

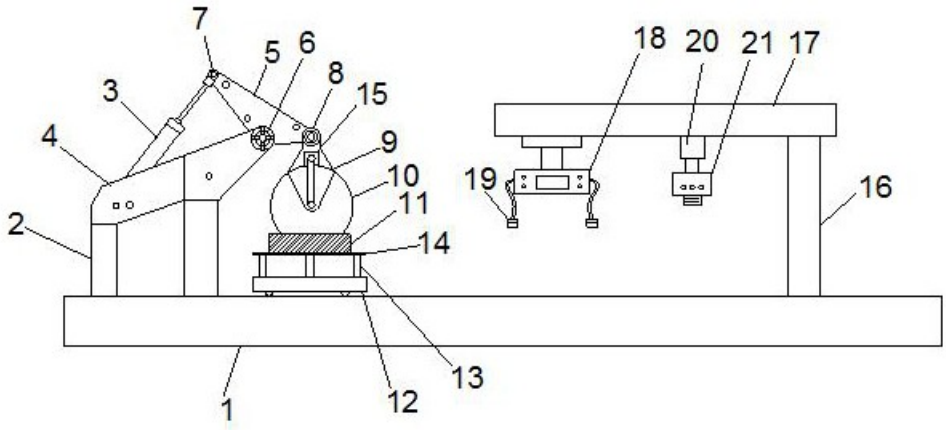

7
5
6
8
15
3
4
9
10
11
2
14
18
20
21
17
19
16
13
1
12

图 1

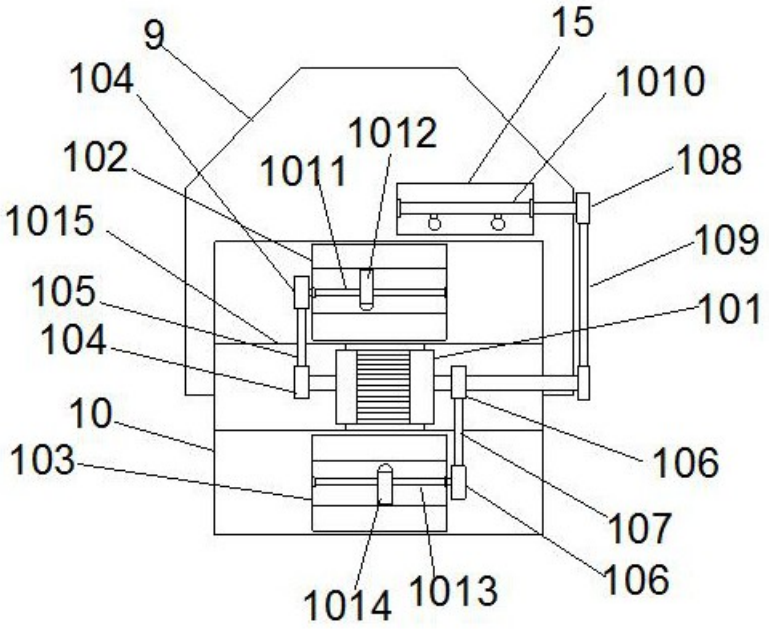

9
15
104
1010
1012
102
1011
108
1015
109
105
101
104
10
106
103
107
106
1014
1013

图 2

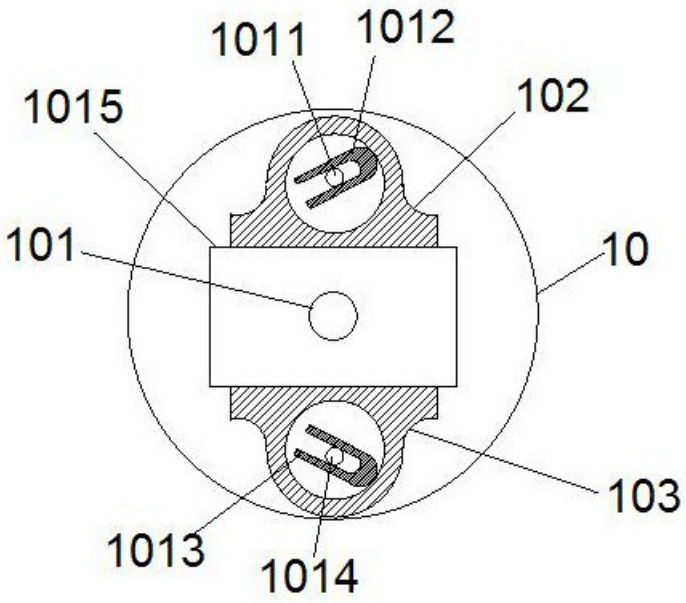

1011
1012
1015
102
101
10
103
1013
1014

图 3

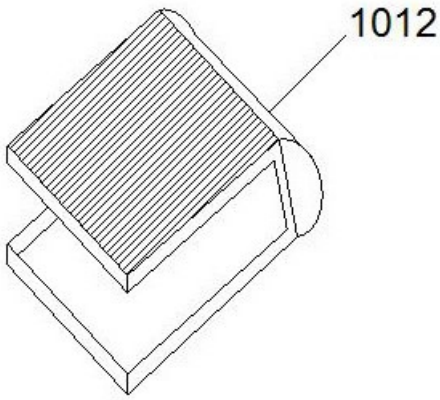

1012

图 4

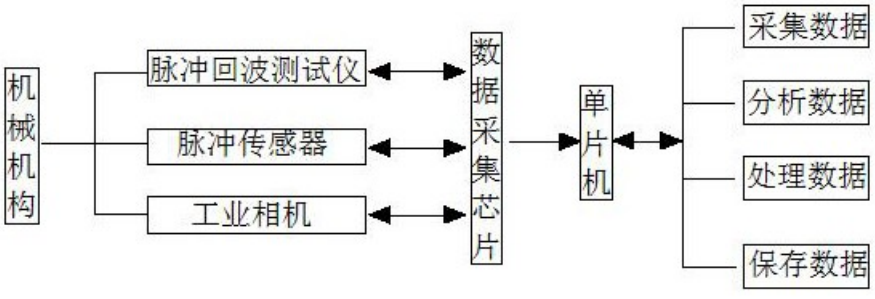

机械机构
脉冲回波测试仪
脉冲传感器
工业相机
数据采集芯片
单片机
采集数据
分析数据
处理数据
保存数据

图 5

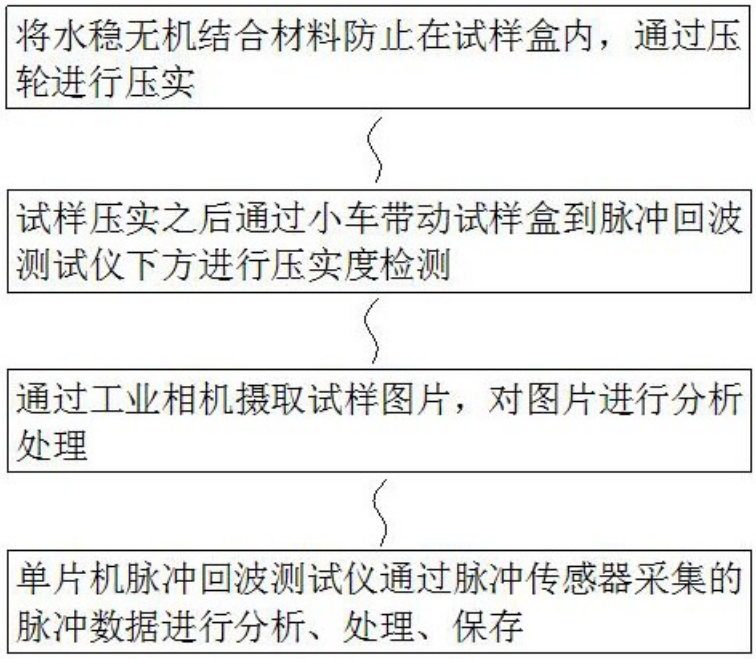

将水稳无机结合材料防止在试样盒内，通过压轮进行压实
试样压实之后通过小车带动试样盒到脉冲回波测试仪下方进行压实度检测
通过工业相机摄取试样图片，对图片进行分析处理
单片机脉冲回波测试仪通过脉冲传感器采集的脉冲数据进行分析、处理、保存

图 6