



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111290013 B

(45) 授权公告日 2022.10.21

(21) 申请号 202010224262.1

G01V 13/00 (2006.01)

(22) 申请日 2020.03.26

审查员 郭忆

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111290013 A

(43) 申请公布日 2020.06.16

(73) 专利权人 自然资源部第一海洋研究所

地址 266061 山东省青岛市崂山区仙霞岭路6号

(72) 发明人 吕彬 裴彦良 阚光明 李西双

刘晨光 刘保华 周庆杰

(74) 专利代理机构 青岛清泰联信知识产权代理

有限公司 37256

专利代理师 张媛媛

(51) Int. Cl.

G01V 1/18 (2006.01)

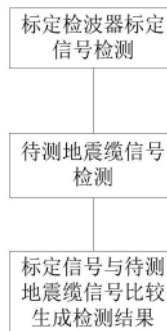
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

地震缆检测装置及方法

(57) 摘要

本发明提供一种地震缆检测装置和方法,该装置包括:主机;标定检波器;信号激发模块,与主机通信,接收主机的指令以产生地震波模拟信号;信号处理模块,接收信号激发模块产生的地震波模拟信号,转换为地震缆检波器可接收信号,可分别传递至标定检波器和待测地震缆检波器;信号采集模块,与标定检波器或待测地震缆检波器进行通信,接收标定检波器和待测地震缆检波器的反馈信号,并传递至主机;所述主机根据标定检波器和待测地震缆检波器的反馈信号,比较生成检测结果。检测方法为通过标定检波器信号与待测地震缆检波器信号的比较,生成地震缆是否合格的检测结果。



1. 一种地震缆检测装置,其特征在于,包括:

主机:可设定发射参数指令;

标定检波器:为与待测地震缆中检波器同型号的检波器;

信号激发模块:与主机通信,获取主机的发射参数指令以产生地震波模拟电信号;

信号处理模块:接收信号激发模块产生的地震波模拟电信号,转换为地震缆检波器可接收的模拟声信号,分别传递至标定检波器和待测地震缆中检波器;

信号采集模块:采用换能器,与标定检波器或待测地震缆中检波器进行通信,接收标定检波器和待测地震缆中检波器的反馈信号,并传递至主机;

所述主机按检波器道号依次接收、存储反馈信号;所述主机根据标定检波器和待测地震缆中检波器的反馈信号,比较生成检测结果;先用待测地震缆第1道的检波器替代标定检波器,保持其位置不变,并使其与换能器位于同一中轴线和同一高度,完成第1道的检测后,顺次进行其他道的检测;

所述检测装置进一步包括震源箱和水箱,所述主机、信号激发模块安装在震源箱内;所述水箱内设置有用于安装换能器的第一安装支架和安装待测地震缆中检波器段或标定检波器的第二安装支架。

2. 如权利要求1所述的地震缆检测装置,其特征在于,所述信号处理模块将主机产生的模拟电信号转换为模拟声信号。

3. 如权利要求2所述的地震缆检测装置,其特征在于,所述检测装置进一步包括功率放大模块,其分别与主机和信号激发模块的输出端连接,用于接收主机的放大指令以放大地震波模拟信号。

4. 如权利要求3所述的地震缆检测装置,其特征在于,所述第一安装支架和所述第二安装支架被配置为使所述换能器和所述待测地震缆中检波器段或标定检波器安装在相同高度。

5. 如权利要求3所述的地震缆检测装置,其特征在于,所述水箱内壁覆盖设置有消声材料。

6. 如权利要求3所述的地震缆检测装置,其特征在于,所述功率放大模块安装在震源箱内。

7. 一种地震缆检测方法,采用权利要求1至6中任意一项所述的地震缆检测装置,其特征在于,包括:

标定信号检测:选取和待测地震缆中检波器同型号的检波器作为标定检波器,通过主机设定参数,产生地震波模拟信号,采集标定检波器在设定参数下的反馈信号,作为标定信号;

待测地震缆信号检测:用待测地震缆中检波器替换标定检波器,采用相同的设定参数,产生地震波模拟信号,采集待测地震缆中检波器的反馈信号,作为地震缆信号;

生成检测结果:设定差值阈值,将地震缆信号与标定信号进行比较,若二者差值在差值阈值范围内,则认定待测地震缆合格,否则,不合格;

先用待测地震缆第1道的检波器替代标定检波器,保持其位置不变,并使其与换能器位于同一中轴线和同一高度,完成第1道的检测后,顺次进行其他道的检测。

8. 如权利要求7所述的地震缆检测方法,其特征在于:所述设定参数包括多个参数值;

标定信号检测过程中改变多个参数值中的一个参数值,再采集标定检波器的反馈信号,以获取多组标定信号;

待测地震缆信号检测过程中,采取同样的设定参数,以获取多组地震缆信号;

将每组对应的标定信号与地震缆信号进行比较,若每组差值均在阈值范围内,则认定待测地震缆合格,否则,不合格。

9.如权利要求7或8所述的地震缆检测方法,其特征在于,对于多道地震缆,对每道检波器的地震缆信号与标定信号进行比较,若某道地震缆信号与标定信号的差值在差值阈值范围内,则认定该道地震缆合格,若各道地震缆均合格,则认定待测地震缆合格。

## 地震缆检测装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及信号处理及装备检测技术领域，具体涉及一种地震缆检测装置及方法。

### 背景技术

[0002] 地震缆用于地震波的采集和基本处理。以海洋油气勘探领域的应用为例，海洋油气勘探主要是利用震源激发地震波，通过接收端采集经海底地层反射的地震波的声波信号，对采集的声波数据进行计算、成图来分析海底地层情况。常规接收端有充油电缆、固体电缆、OBS等。充油电缆和固体电缆统称为地震缆，其成缆（成为成品地震缆）前称电缆，成缆（成为成品地震缆）后（充油、灌胶固化后）称充油电缆、固体电缆，也称拖缆。地震缆中设置有检波器、采集电路等信号采集及处理仪器。其制造质量，以及使用后的状态，直接影响地震波数据的采集质量。因此，在地震缆应用领域，对地震缆工作性能的检测尤为重要。

[0003] 影响地震缆工作性能的主要因素是检波器和信号采集电路的性能。现有技术中，通常是通过人为检测的方法来完成地震缆性能检测工作的。通过人工敲击地震缆中的检波器，并利用采集系统采集声波信号，人为主观判断声波信号的优劣，从而得出检波器及其对应的采集电路是否满足正常工作的需求。

[0004] 上述检测方式存在工作量大、检测精度低等因素，受人为主观因素和外界检测条件的影响大，无法定性定量地分析、判断检波器及其对应的采集电路的优劣，进而无法对地震缆的状态进行系统且准确的评估。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种可自动化、高精度完成地震缆性能检测的检测装置与方法，可用于地震缆成缆（成为成品地震缆）前后的检测。

[0006] 为实现上述目的，本发明采用的技术方案是：

[0007] 一种地震缆检测装置，包括：

[0008] 主机：可设定发射参数指令；

[0009] 标定检波器；

[0010] 信号激发模块，与主机通信，获取主机的发射参数指令以产生地震波模拟电信号；

[0011] 信号处理模块，接收信号激发模块产生的地震波模拟电信号，转换为地震缆检波器可接收的模拟声信号，分别传递至标定检波器和待测地震缆检波器；

[0012] 信号采集模块，与标定检波器或待测地震缆检波器进行通信，接收标定检波器和待测地震缆检波器的反馈信号，并传递至主机；

[0013] 所述主机按检波器道号依次接收、存储反馈信号；所述主机根据标定检波器和待测地震缆检波器的反馈信号，比较生成检测结果。

[0014] 作为优选，所述信号处理模块采用换能器，将主机产生的模拟电信号转换为模拟声信号。

[0015] 作为优选,所述检测装置进一步包括功率放大模块,分别与主机和信号激发模块的输出端连接,接收主机的放大指令以放大地震波模拟信号。

[0016] 作为优选,所述检测装置进一步包括水箱,所述水箱内设置有用于安装换能器的第一安装支架和用于安装待测地震缆检波器段或标定检波器的第二安装支架。

[0017] 作为优选,所述第一安装支架和所述第二安装支架被配置为使所述换能器和所述待测地震缆检波器段或标定检波器安装在相同高度。

[0018] 作为优选,所述水箱内壁覆盖设置有消声材料。

[0019] 作为优选,所述检测装置进一步包括震源箱,所述主机、信号激发模块和功率放大模块均安装在震源箱内。

[0020] 本发明进一步提供一种地震缆检测方法,包括以下步骤:

[0021] 标定信号检测:选取和待测地震缆中检波器同型号的检波器作为标定检波器,通过主机设定参数,产生地震波模拟信号,标定检波器接收地震波模拟信号,主机采集标定检波器在设定参数下的反馈信号,作为标定信号;

[0022] 待测地震缆信号检测:将待测地震缆检波器段替换标定检波器,采用相同的设定参数,产生地震波模拟信号,待测地震缆检波器接收地震波模拟信号,采集待测地震缆检波器的反馈信号,作为地震缆信号;

[0023] 生成检测结果:设定差值阈值,将地震缆信号与标定信号进行比较,若二者差值在差值阈值范围内,则认定待测地震缆合格,否则,不合格。

[0024] 作为优选,所述设定参数包括多个参数值;

[0025] 标定信号检测过程中改变多个参数值中的一个参数值,再采集标定检波器的反馈信号,以获取多组标定信号;

[0026] 待测地震缆信号检测过程中,采取同样的设定参数,以获取多组地震缆信号;

[0027] 将每组对应的标定信号与地震缆信号进行比较,若每组差值均在阈值范围内,则认定待测地震缆合格,否则,不合格。

[0028] 作为优选,对于多道地震缆,对每道检波器的地震缆信号与标定信号进行比较,若每道地震缆信号与标定信号的差值在差值阈值范围内,则认定待测地震缆该道合格,若待测地震缆各道均合格,则认定待测地震缆合格。

[0029] 本发明的有益效果在于:

[0030] 本发明提供的地震缆检测装置和方法,可以评估地震缆成缆(成为成品地震缆)各阶段的制造工艺,制造地震缆的生产和使用状态监控,也可对成品地震缆使用数年后损耗程度进行检测,评估成品地震缆使用数年后的可使用状态及可使用寿命。该装置和方法可模拟地震缆使用环境,通过标定比较的方式定性定量地生成比较结果,可以对地震缆中多道检波器分别标定检测,进而评估整条地震缆的状态,效率高、检测精度高,可指导提高地震缆成缆(成为成品地震缆)工艺及改善地震缆在油气勘探等领域的工作效果。

## 附图说明

[0031] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些

附图获得其他的附图。

- [0032] 图1为本发明地震缆检测装置逻辑结构图；
- [0033] 图2为本发明地震缆检测装置震源箱结构示意图；
- [0034] 图3为本发明地震缆检测装置水箱结构示意图；
- [0035] 图4为本发明地震缆检测方法流程图；
- [0036] 1-主机；
- [0037] 2-信号激发模块；
- [0038] 3-功率放大模块；
- [0039] 4-震源箱；
- [0040] 5-水箱；
- [0041] 6-第一安装支架,601-换能器安装槽；
- [0042] 7-第二安装支架,701-地震缆/标定检波器安装槽；
- [0043] 8-换能器；
- [0044] 9-待测地震缆。

### 具体实施方式

[0045] 为了使本发明所要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0046] 本发明提供了地震缆检测装置及检测方法,可用于地震缆制造和应用各阶段的性能测试,定性定量评估地震缆的制造工艺、制造过程中的缺陷以及使用后的损耗程度。

[0047] 本发明首先提供一种地震缆检测装置,用于待测地震缆的检测,可与待测地震缆进行通信,包括:

[0048] 主机1,主机1搭载数据采集及处理软件,用于地震缆性能分析,可通过主机下发发射参数指令;

[0049] 标定检波器,标定检波器是与待测地震缆中检波器同型号的检波器,标定检波器反馈的信号为标定信号,用于和实验中待测地震缆中检波器的反馈信号进行比较;

[0050] 信号激发模块2,与主机通信,接收主机的指令以产生地震波模拟信号,可根据待测地震缆的特性,通过主机设置发射参数指令,信号激发模块收到发射参数指令后,生成模拟电信号;

[0051] 信号处理模块,接收信号激发模块产生的地震波模拟信号,转换为待测地震缆检波器可接收信号,可分别传递至标定检波器和待测地震缆检波器;具体说,信号处理模块将模拟电信号转换为检波器可接收的模拟声波信号,本实施例中,采用的为收发一体式换能器;

[0052] 信号采集模块,与标定检波器或待测地震缆通信,接收标定检波器和待测地震缆检波器的反馈信号,并传递至主机;

[0053] 主机1根据标定检波器和待测地震缆检波器的反馈信号,比较生成检测结果。由于整条地震缆中包括多个检波器,主机按检波器道号依次接收、存储反馈信号。

[0054] 其中,标定检波器生成的为衡量待测检波器为正常的标准信号,即标定信号,将地

震缆检波器的反馈信号与标定信号进行比较,即可判断待测地震缆是否为符合标准的产品。

[0055] 更进一步的,为了保证信号激发模块生成的地震波模拟信号符合检测实验的标准,所述检测装置进一步包括功率放大模块3,分别与主机的输出端和信号激发模块2的输出端连接,可以接收主机1的放大指令,并根据放大指令放大其接收到的地震波模拟信号。放大指令是指功率放大倍数(如50倍、100倍、200倍等),根据实验需求和待测地震缆检波器的情况而定。经放大的地震波模拟信号可以更有效的激发检波器的反应,保证检测实验可顺利进行。

[0056] 更进一步的,地震缆检测装置通过如下结构实现安装。

[0057] 所述检测装置进一步包括震源箱4和水箱5,二者相互独立。

[0058] 主机1、信号激发模块2和功率放大模块3均安装在震源箱4内。震源箱4采用的为450mm\*450mm\*400mm的尺寸,其中功率放大模块3的输出端接出到震源箱箱体外侧。

[0059] 水箱5用于安装换能器8和标定检波器或待测地震缆9检波器段,水箱5内设置有用安装换能器8的第一安装支架6和用于安装待测地震缆9检波器段或标定检波器的第二安装支架7。本实施例中,水箱5采用1000mm\*1000mm\*500mm的尺寸,实验时,水箱5内充满水,以模拟地震缆在水下的应用环境。

[0060] 震源箱4中功率放大模块3的输出端连接至水箱5中的换能器8。

[0061] 进行检测实验时,将换能器安装在第一安装支架6,首先将标定检波器安装在第二安装支架7上,数据采集结束后,再将待测地震缆检波器段安装在第二安装支架7上,作为优选,为了保证检波器可以顺利的接收换能器的信号,第一安装支架和第二安装支架的高度相同,第一安装支架6包括一个换能器安装槽601,朝向第二安装支架7,第二安装支架7包括地震缆安装槽,与换能器安装槽的朝向垂直,进而使所述第一安装支架6和所述第二安装支架7被配置为使所述换能器8和所述待测地震缆9检波器段或标定检波器安装在相同高度,且可以使换能器8输出和检波器对齐。参考附图3,本实施例中,第一安装支架6采用为梯形支架,支架上端面设置有一朝向第二安装支架7的换能器安装槽601,以使换能器安装后,输出端朝向待测地震缆检波器;第二安装支架7采用的为两个间隔设置的子支架,两个子支架端部均设置有槽口,两个槽口高度相同,且与换能器安装槽601的高度相同,保证待测地震缆检波器与换能器在同一中轴线和高度上,且保证换能器8和待测地震缆检波器在相同高度,两个间隔的槽口之间形成地震缆/标定检波器安装槽701,这更有利于稳定支撑地震缆。

[0062] 更进一步的,水箱5内壁覆盖设置有消声材料,以减弱地震波模拟信号在水箱5内的反射、散射造成的采集信号的误差。水箱5是一个顶部开口的结构,消声材料被设置在水箱5内侧的四壁和底部。

[0063] 本发明进一步提供一种地震缆的检测方法。该方法可以用于各阶段地震缆的检测分析,评估地震缆的状态,检测流程参考图4。

[0064] 地震缆的检测方法如下:

[0065] 选择待测地震缆,本实施例中,以48道充油电缆为例来说明具体检测实验方法,单道电缆、多道电缆(道数:48、96、120、240、480等)、单道充油电缆、多道充油电缆(道数:48、96、120、240、480等)、及固体电缆(道数:48、96、120、240、480等)、使用数年的成品地震缆,均可以采用此方法类推达到检测地震缆状态的目的,当电缆进行检测实验时,需对电缆的

各接线处进行防水密封处理。检测过程将针对地震缆的每条通道进行,通常,地震缆是自带数据采集模块的,多道地震缆检波器共用一个数据包,例如,对于48道充油电缆,每个检波器均具有数据采集端口,但每8个检波器共用一个数据包,这8条通道的检波器反馈数据将打包发送至主机。

[0066] S1:标定信号检测

[0067] 根据待测地震缆中检波器的型号,选取同类型的检波器作为标定检波器。

[0068] 将换能器安装在第一安装支架,将标定检波器安装在第二安装支架上,调整二者的位置,保持换能器与标定检波器位于同一中轴线和高度,用固定件对换能器和标定检波器进行固定。对标定检波器进行检测,获得标定信号。

[0069] 对水箱5内加入水,保证水面高度覆盖换能器和标定检波器,以模拟水下应用环境。

[0070] 通过主机设置设定参数,包括发射参数、放大倍数参数、采集参数等。其中发射参数包括发射波的波形、频率、幅值、相位角等;放大倍数参数指地震波模拟信号的放大倍数等;采集参数指数据的采样周期、采样长度、采样频宽等。采集标定检波器的反馈信号。具体的说,主机下发参数后,信号激发模块将按设定的参数产生模拟地震波电信号,功率放大模块根据放大倍数参数进行信号放大,并传递至换能器转换为模拟地震波声信号。标定检波器接收到模拟地震波声信号后,生成反馈信号,传递至主机,由主机存储。

[0071] 改变某一参数,例如,改变发射波的频率设定值、改变发射波的波形、信号幅值、信号相位角等,并持续采集标定检波器的反馈信号。通过单一参数的改变,可检测检波器对各个指标反应的灵敏度。由于海上勘探作业使用的震源激发的声波信号都是混频信号,进行检测实验时通过改变设定参数信号来模拟海上作用震源系统。由于在不同的作业震源、不同的激发能量下所激发的信号都有一定的差别(主要在主频、频谱);相同震源在不同的海域作业时(如水深100m、300m、600m),由于海底环境不同,有的海底地层层位清晰,有的复杂,声波信号经不同类型海底地层反射的信号也有区别,所以在测量时通过单一改变参数,进行在不同频率、不同幅值等条件下的地震缆检测实验。

[0072] 在上述过程中,主机将每次设定参数值设定为一组,按组存储参数值和标定检波器反馈信号。基于此,若采取N组设定参数,则会获得N组对应的标定信号。

[0073] S2:待测地震缆信号检测

[0074] 拆卸标定检波器,并安装待测地震缆,使待测地震缆中的检波器段位于第二安装支架处,安装后与换能器对齐,调整待测地震缆,使待测地震缆中的检波器与标定检波器实验时的空间位置一致。对待测地震缆检波器进行检测,获得地震缆信号。

[0075] 采用跟步骤S1中相同的设定参数,产生地震波模拟声波信号,并接收待测地震缆检波器的反馈信号。

[0076] 在上述过程中,主机将每次设定参数值设定为一组,按组存储参数值和对应的待测地震缆检波器反馈信号。

[0077] 依次完成待测地震缆各通道的检测。对于48道充油电缆,先用第1道的检波器替代标定检波器,保持其位置不变,与换能器位于同一中轴线和高度。参考步骤S1中的设定参数值,依次改变设定参数,采集第1道检波器的反馈数据。以后顺次进行第2道、第3道……至第48道检波器的检测实验。



[0078] 以上实验过程中,均遵循单一变量法进行实验。对每个检波器的信号进行单独存储。

[0079] S3:检测结果计算

[0080] 设定差值阈值,将待测地震缆检波器的反馈信号与标定信号进行比较,若比较结果的差在设定的差值阈值范围之内,则认定待测地震缆符合设计或使用要求。

[0081] 需要对待测地震缆的每道检波器的反馈信号依次与标定检波器的标定信号进行比较。具体的,将待测地震缆每道检波器在每组设定参数状态下的反馈信号,分别与相同设定参数下,对应的标定检波器的标定信号进行比较。若该道信号差值在阈值范围内,则认定待测地震缆该道符合设计或使用要求。对多道地震缆,待测地震缆每道均合格,则待测地震缆合格。

[0082] 具体的判定方法:将在相同设定参数下进行实验的标定检波器的标定信号与48道充油电缆中每个被测检波器的实验信号进行波形、波形的起跳点、信号的幅值、信号的频率、信号的相位角等参数的对比,分析地震缆中各个检波器及其对应的采集电路的制造工艺,以系统地评估整条48道充油电缆的状态。

[0083] 以波形的起跳点参数的比较为例。标定检波器波形的起跳点与第一道地震缆检波器波形的起跳点需要一致,具体:标定检波器接收波形的起跳点在300 $\mu$ s处起跳,第一道地震缆检波器接收波形的起跳点需要在290~310 $\mu$ s内(阈值范围内),如果第一道地震缆检波器接收波形的起跳点在600 $\mu$ s,超出阈值范围,判定为不合格。再以频谱比较为例,频谱分布图得一致,如果标定检波器接收的信号频谱的主频是450Hz,第一道地震缆检波器接收的信号频谱的主频需要在449Hz~451Hz范围内,如果主频不在449Hz~451Hz范围内则不合格。

[0084] 根据待测地震缆各道检波器的检测结果,评估待测地震缆的健康状态。对于健康状态不好的产品,其属于不符合标准的产品,不能出厂或不能继续使用。

[0085] 本发明提供的检测方法所采用的待测地震缆可以是成缆(成为成品地震缆)前的电缆、成缆(成为成品地震缆)后(充油、灌胶固化后)的充油电缆、固体电缆、使用数年的成品地震缆,检测步骤均与上述方法相同。

[0086] 本发明所述的方法,采用定性定量评估的方式,分析地震缆成缆(成为成品地震缆)各阶段的性能,基于评估结果,分析地震缆的制造工艺,指导改进地震缆制造过程中的缺陷,提高其制造工艺水平;同时可以辅助评估使用中地震缆的使用状态,辨别使用多年的地震缆检波器及其对应的采集电路的损耗程度,是否满足继续作业要求,评估其使用寿命,指导地震缆更换。

[0087] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

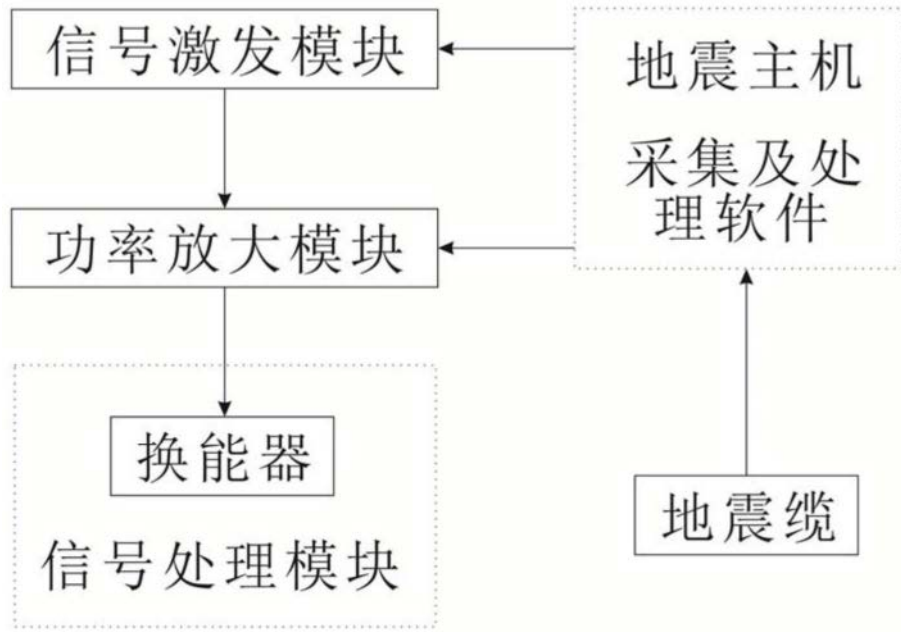


图1

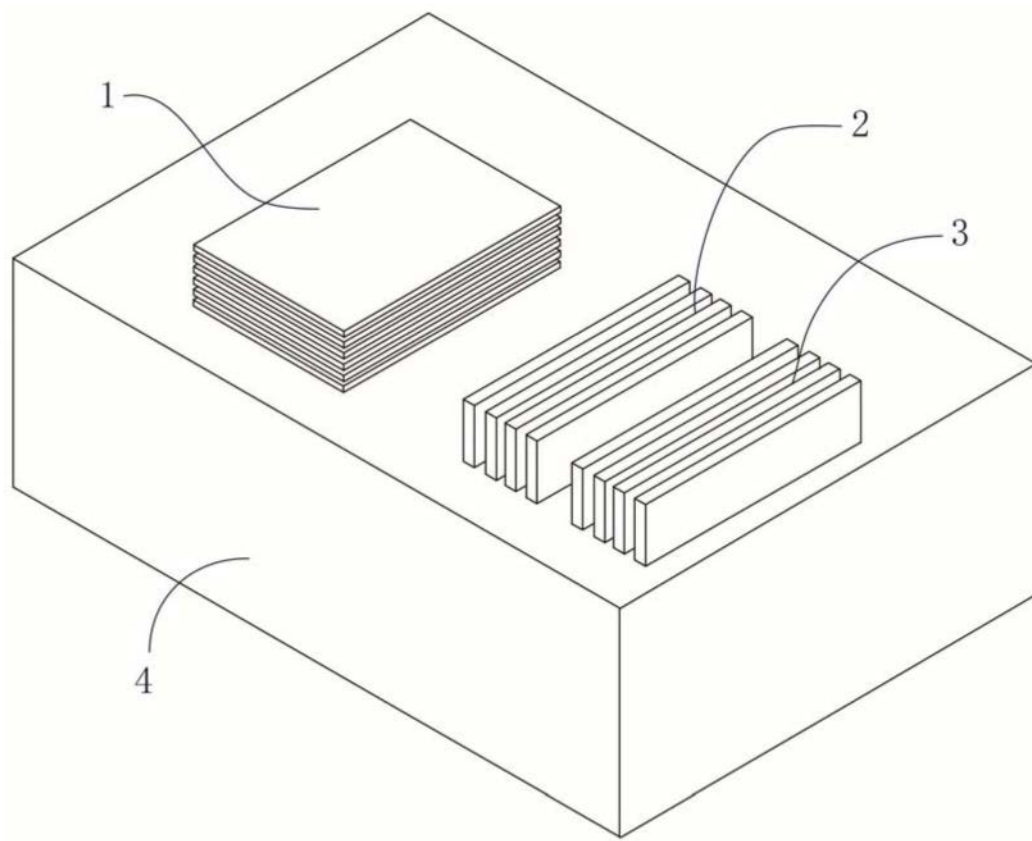


图2

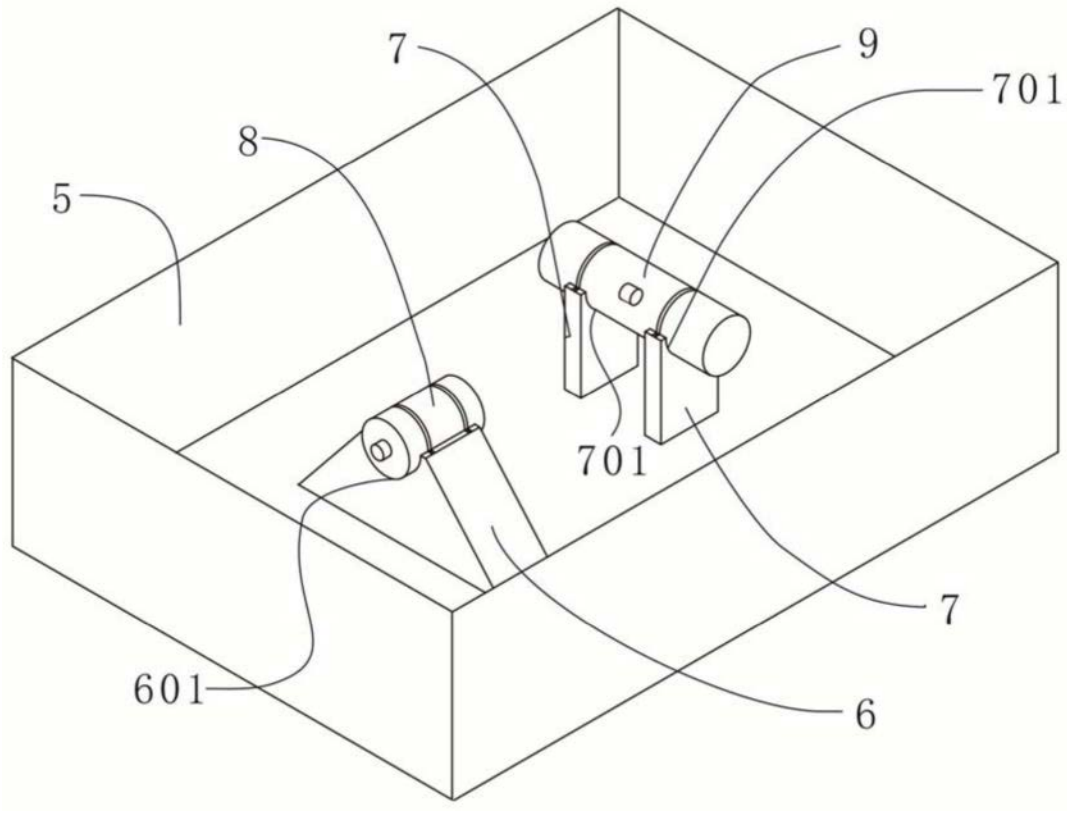


图3

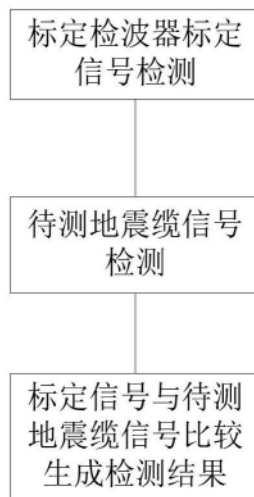


图4