



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106291669 A

(43)申请公布日 2017.01.04

(21)申请号 201610598642.5

(22)申请日 2016.07.26

(71)申请人 中国科学院武汉岩土力学研究所  
地址 430070 湖北省武汉市武昌区八一路  
小洪山

(72)发明人 焦玉勇 张厚江 王浩 田湖南  
张国华 覃卫民

(74)专利代理机构 武汉宇晨专利事务所 42001  
代理人 李鹏 王敏锋

(51)Int.Cl.  
G01V 1/18(2006.01)

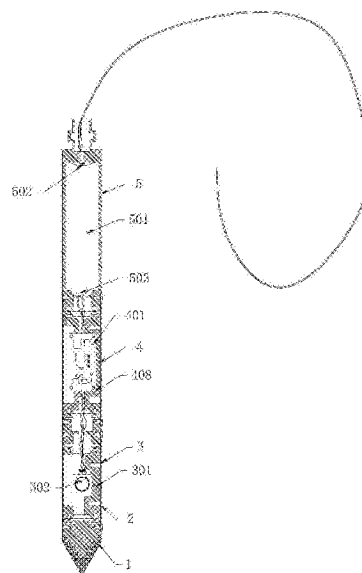
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

## (54)发明名称

一种智能式爆炸波采集探头

## (57)摘要

本发明公开了一种智能式爆炸波采集探头,包括钻铤外壳,钻铤外壳与锥形端头连接,钻铤外壳内分隔为检波舱、芯片舱和电池舱,检波舱内设置有三分量加速度检波器,芯片舱内设置有芯片主板,芯片主板上设置有ARM A7芯片、24位A/D转换器、瞬时浮点放大器、滤波器、前置放大器、同步触发单元和存储器,电池舱内设置有电源。本发明将检波器、芯片主板和电源集成化于一体,可以实现脱机工作,实现了采集现场无人化的采集方式,避免了采集人员恶劣环境下作业的风险,化超前地质预报于无形。



1. 一种智能式爆炸波采集探头,包括钻铤外壳(2),其特征在于,钻铤外壳(2)与锥形端头(1)连接,钻铤外壳(2)内分隔为检波舱(3)、芯片舱(4)和电池舱(5),检波舱(3)内设置有检波器固定基座(301),检波器固定基座(301)上设置有检波器固定凹槽,三分量加速度检波器(302)固定在检波器固定凹槽内,三分量加速度检波器(302)与三分量模拟信号输出线连接,芯片舱(4)内设置有芯片固定基座(408),芯片固定基座(408)上设置有芯片固定凹槽,芯片主板(401)设置在芯片固定凹槽内,芯片主板(401)上设置有ARM A7芯片(407)、24位A/D转换器(406)、瞬时浮点放大器(405)、滤波器(404)、前置放大器(403)、同步触发单元(402)和存储器,三分量模拟信号输出线依次通过前置放大器(403)、滤波器(404)、瞬时浮点放大器(405)、24位A/D转换器(406)与ARM A7芯片(407)连接,ARM A7芯片(407)还与同步触发单元(402)、数字信号输出线和存储器连接,同步触发单元(402)与触发控制线连接,电池舱(5)内设置有电源(501),电源(501)通过电源线与芯片主板(401)以及三分量加速度检波器(302)连接。

2. 一种智能式爆炸波采集探头,其特征在于,所述的同步触发单元(402)通过触发控制线接收同步通讯器(6)传送的触发信号,

其中,触发信号包括同步触发信号和阈值触发信号,

若同步触发单元(402)接收的是同步触发信号,同步触发单元(402)通过ARM A7芯片(7)控制三分量加速度检波器(6)进行地震波振动的三分量采样,并将采集到的地震波振动三分量采样数据在存储器上进行存储,同时将采集到的地震波振动三分量采样数据传输到同步通讯器(6);

若同步触发单元(402)接收的是阈值触发信号,当ARM A7芯片(7)检测到三分量加速度检波器(6)接收到的地震波振动的三分量大于阈值时,ARM A7芯片(7)控制三分量加速度检波器(6)进行地震波振动的三分量采样,并将采集到的地震波振动三分量采样数据在存储器上进行存储,将采集到的地震波振动三分量采样数据传输到同步通讯器(6),同步触发单元(11)还通过同步通讯器(6)对其他智能式爆炸波采集探头发同步触发信号,

当ARM A7芯片(7)检测到三分量加速度检波器(6)接收到的地震波振动的三分量小于等于阈值时,不将采集到的地震波振动三分量采样数据在存储器上进行存储及传输到同步通讯器(6)。

## 一种智能式爆炸波采集探头

### 技术领域

[0001] 本发明涉及工程物探领域,具体涉及一种智能式爆炸波采集探头。适用于人工地震波法隧道超前地质预报。

### 背景技术

[0002] 隧道工程是铁路、公路和水利水电等大型项目中的重要工程,近年来隧道工程数量和长度明显增加、规模不断扩大,相应地质条件的复杂性和施工难度也不断增加,勘察阶段地质资料难于满足隧道施工的情况普遍存在。工程勘察的费用昂贵且对基础有破坏作用,因而需要寻求一种无损的、费用适宜的勘探方法。

[0003] 地震法超前预报技术,是以地震反射或散射理论为基础,通过隧道内的地震观测反演掌子面前方的地质情况。该方法可及时发现异常情况,预报掌子面前方不良地质体的位置、产状及其围岩结构的完整性与含水的可能性,为正确选择开挖断面、支护设计参数和优化施工方案提供依据,并为预防隧洞涌水、突泥、突气等可能形成的灾害性事故及时提供信息,使施工单位提前做好施工准备,保证施工安全,同时还可节约大量资金。

[0004] 目前国内外广泛使用的地质预报设备有瑞士的隧道地质超前预报系统(TSP)、美国的隧道地震波反射体追踪技术(TRT)、国产的隧道超前地质预报新技术(TGP)等,其方法均是在隧道侧壁打孔装药(20g-100g不等),逐炮激发。将检波器钻孔放入隧道侧壁内部或固定在侧壁表面接受前方传来的地震波。其不足之处在于放炮会损坏隧道岩壁,同时检波器必须与电脑主机相连,固逐炮激发时,采集人员必须在隧道内部忍受巨大声浪和恶劣环境,并很可能受到隧道震动后碎石掉落砸伤的危险。同时采集时施工繁琐、流程复杂,主机等设备笨重,无法独立供电,采集时间较长,耽误施工方作业进度。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是针对现有技术存在的上述问题,提供一种智能式爆炸波采集探头。功能完善,灵敏度高,采集效率高,外壳坚固耐用,防水防尘,外形轻便易于安装。采集信号时,预先使用井口处的同步通讯器进行采集设置,可采用定时触发、阈值触发或者同步触发等方式进行采集,采集人员无需留守在隧道内部进行采集工作,采集完成后,可实现数据的有线传输和无线传输功能。

[0006] 本发明的上述目的通过以下技术方案实现:

一种智能式爆炸波采集探头,包括钻铤外壳,钻铤外壳与锥形端头连接,钻铤外壳内分隔为检波舱、芯片舱和电池舱,检波舱内设置有检波器固定基座,检波器固定基座上设置有检波器固定凹槽,三分量加速度检波器固定在检波器固定凹槽内,三分量加速度检波器与三分量模拟信号输出线连接,芯片舱内设置有芯片固定基座,芯片固定基座上设置有芯片固定凹槽,芯片主板设置在芯片固定凹槽内,芯片主板上设置有ARM A7芯片、24位A/D转换器、瞬时浮点放大器、滤波器、前置放大器、同步触发单元和存储器,三分量模拟信号输出线依次通过前置放大器、滤波器、瞬时浮点放大器、24位A/D转换器与ARM A7芯片连接,ARM A7

芯片还与同步触发单元、数字信号输出线和存储器连接,同步触发单元与触发控制线连接,电池舱内设置有电源,电源通过电源线与芯片主板以及三分量加速度检波器连接。

[0007] 如上所述的同步触发单元通过触发控制线接收同步通讯器传送的触发信号,其中,触发信号包括同步触发信号和阈值触发信号,

若同步触发单元接收的是同步触发信号,同步触发单元通过ARM A7芯片控制三分量加速度检波器进行地震波振动的三分量采样,并将采集到的地震波振动三分量采样数据在存储器上进行存储,同时将采集到的地震波振动三分量采样数据传输到同步通讯器;

若同步触发单元接收的是阈值触发信号,当ARM A7芯片检测到三分量加速度检波器接收到的地震波振动的三分量大于阈值时,ARM A7芯片控制三分量加速度检波器进行地震波振动的三分量采样,并将采集到的地震波振动三分量采样数据在存储器上进行存储,将采集到的地震波振动三分量采样数据传输到同步通讯器,同步触发单元还通过同步通讯器对其他智能式爆炸波采集探头发同步触发信号,

当ARM A7芯片检测到三分量加速度检波器接收到的地震波振动的三分量小于等于阈值时,不将采集到的地震波振动三分量采样数据在存储器上进行存储及传输到同步通讯器。

[0008] 本发明相对于现有技术具有以下有益效果:

将检波器、芯片主板和电源集成化于一体,可以实现脱机工作,实现了采集现场无人化的采集方式,避免了采集人员恶劣环境下作业的风险,化超前地质预报于无形。同时高精度同步采集和无线传输等功能完善了现有技术的不足,使采样工作操作简单、施工方便,无需专门的地质预报工作者,熟练工即可掌握。

## 附图说明

[0009] 图1为本发明的结构示意图。

[0010] 图2为本发明的电路原理示意图。

[0011] 图3为三分量方向示意图。

[0012] 图中:1-锥形端头;2-钻铤外壳;3-检波舱;4-芯片舱;5-电池舱;6-同步通讯器;301-检波器固定基座;302-三分量加速度检波器;401-芯片主板;402-同步触发单元;403-前置放大器;404-滤波器;405-瞬时浮点放大器;406-24位A/D转换器;407-ARM A7芯片;408-芯片固定基座;501-电源;502-电源负极簧片;503-电源正极簧片。

## 具体实施方式

[0013] 以下结合附图对本发明的技术方案进一步详细说明:

实施例1:

下面结合附图对本发明进一步描述,

一种智能式爆炸波采集探头,包括钻铤外壳2,钻铤外壳2与锥形端头1连接,钻铤外壳2内分隔为检波舱3、芯片舱4和电池舱5,检波舱3内设置有检波器固定基座301,检波器固定基座301上设置有检波器固定凹槽,三分量加速度检波器302固定在检波器固定凹槽内,三分量加速度检波器302与三分量模拟信号输出线连接,芯片舱4内设置有芯片固定基座408,芯片固定基座408上设置有芯片固定凹槽,芯片主板401设置在芯片固定凹槽内,芯片主板

401上设置有ARM A7芯片407、24位A/D转换器406、瞬时浮点放大器405、滤波器404、前置放大器403、同步触发单元402和存储器,三分量模拟信号输出线依次通过前置放大器403、滤波器404、瞬时浮点放大器405、24位A/D转换器406与ARM A7芯片407连接,ARM A7芯片407还与同步触发单元402、数字信号输出线和存储器连接,同步触发单元402与触发控制线连接,电池舱5内设置有电源501,电源501通过电源线与芯片主板401以及三分量加速度检波器302连接。

[0014] 一种智能式爆炸波采集探头,所述的同步触发单元402通过触发控制线接收同步通讯器6传送的触发信号,

其中,触发信号包括同步触发信号和阈值触发信号,

若同步触发单元402接收的是同步触发信号,同步触发单元402通过ARM A7芯片7控制三分量加速度检波器302进行地震波振动的三分量采样,并将采集到的地震波振动三分量采样数据在存储器上进行存储,同时将采集到的地震波振动三分量采样数据传输到同步通讯器6;

若同步触发单元402接收的是阈值触发信号,当ARM A7芯片7检测到三分量加速度检波器302接收到的地震波振动的三分量大于阈值时,ARM A7芯片7控制三分量加速度检波器302进行地震波振动的三分量采样,并将采集到的地震波振动三分量采样数据在存储器上进行存储,将采集到的地震波振动三分量采样数据传输到同步通讯器6,同步触发单元402还通过同步通讯器6对其他智能式爆炸波采集探头发同步触发信号,

当ARM A7芯片7检测到三分量加速度检波器302接收到的地震波振动的三分量小于等于阈值时,不将采集到的地震波振动三分量采样数据在存储器上进行存储及传输到同步通讯器6。

[0015] 智能式爆炸波采集探头主体分为三舱式结构:包括检波舱3、芯片舱4和电池舱5,金属钻铤外壳2与锥形端头1连接,锥形端头1与圆筒形的钻铤外壳2形成整个智能式爆炸波采集探头的外壳,坚固耐用、防水防尘,钻铤外壳2为可拆卸外壳,在必要时拆卸进行内部维修。检波器固定基座301设置在检波舱3内。三分量加速度加波器302嵌入在检波器固定基座301的检波器固定凹槽上,三分量加速度加波器302体格精小,为长宽高均控制在2.5cm左右的立方体,三分量加速度加波器302尾部与三分量模拟信号输出线连接,检波器固定基座301为金属实体,检波器固定基座301上设置有与三分量加速度加波器302嵌合牢固的检波器固定凹槽。

[0016] 三分量模拟信号输出线穿过舱口与芯片舱4内的芯片主板401相连,将采集的地震波振动的三分量输出至芯片主板401。芯片主板401通过芯片螺丝、芯片固定基座408、内部螺丝等部件固定在芯片舱4内部,芯片主板401嵌入设置于开设在芯片固定基座408上的凹槽内,并辅以芯片螺丝固定。

[0017] 三分量加速度检波器302采集的地震波振动的三分量模拟信号经过滤波器和前置放大器后进入瞬时浮点放大器405进行增益,瞬时浮点放大器405为256阶,可获得较大的动态范围。然后进入24位A/D转换器406,进行24位精度的数模转换,并将地震波振动的三分量模拟信号转换成三分量数字信号存储到存储器。存储器可选用64M的存储器,整个系统的运行由内核ARM A7芯片7来操控。ARM A7芯片7将地震波振动的三分量数字信号通过数字信号输出线进行输出,同步触发单元402与触发控制线连接,触发控制线、数字信号输出线、电源

线通过舱口进入电池舱5。

[0018] 电池舱5内设置有芯片主板401和三分量加速度检波器302供电的电源501,电源501可以为2节串联的1号干电池或1节锂电池。电源501的正极、负极分别与电源线连接,通过电源线对芯片主板401和三分量加速度检波器302进行供电。电池舱5尾部设置有可拆卸后盖17,通过左旋螺纹拧紧后可固定电源501。数字信号输出线和触发控制线穿出可拆卸后盖17,可拆卸后盖17上还设置有充电线,充电线与电源501连接,充电线实现对电源501的充电。

[0019] 一种智能式爆炸波采集探头总体呈带有锥形尖头的杆状,直径48mm以内,长度在300-700mm之间,可放入直径为50mm,深度为2000mm的钻孔之中。各组成部分连接紧密,防水防尘、坚固耐用。钻孔布置在隧道侧壁,垂直于隧道侧壁,深度为2m。钻孔中塞有耦合剂(如黄油),探头借助推杆推入钻孔底部。

[0020] 检波舱3内的三分量加速度检波器302在采集时会产生三个方向上的分量数据,三个方向两两垂直。规定朝向隧道掌子面方向的定为采集数据的X分量,朝向钻孔方向的为采集数据的Y分量,朝向竖直方向的为采集数据的Z分量,如图3。三个通道检波为后期处理计算提供完整数据。三分量加速度检波器302的采样率可达在10KHz(采样间隔0.1ms)甚至更高,特别是0-500Hz的频率响应曲线几乎平坦;灵敏度可达1V/g,量程为-5g到5g;输入噪音控制在 $\mu\text{g}$ 这个数量级上,具有高灵敏度和低噪声的特点,同时满足大动态范围测量,从而兼顾检测强信号和弱信号。

#### [0021] 1、安装方式

初始安装时在隧道距掌子面20m,高度为1.5m的侧壁进行钻孔工作,钻孔的孔径为5cm,为防止施工噪音和面波干扰,钻孔的孔深为2m。为了更好的耦合,钻孔中塞有耦合剂(如黄油)。智能式爆炸波采集探头借助推杆推至钻孔底部,同时数字信号输出线和触发控制线伸展至钻孔外。便于启动前进行设置和无线通信。

#### [0022] 2、采集设置

采集之前,可利用洞口处同步通讯器6通过触发控制线将采集参数传输给同步触发单元402,进行采集参数的预设,便于脱机工作。采集参数包括触发信号、采样率、负延时时长、采样时长、关闭时间和道头文件参数。

[0023] 其中,触发信号包括同步触发信号和阈值触发信号,

若同步触发单元402接收的是同步触发信号,即在放炮员启动雷管的同时,对智能式爆炸波采集探头进行同步启动,开始采样,同步触发单元402通过ARM A7芯片7控制三分量加速度检波器302进行地震波振动的三分量采样,并将采集到的地震波振动三分量采样数据在存储器上进行存储,同时将采集到的地震波振动三分量采样数据传输到同步通讯器6;

若同步触发单元402接收的是阈值触发信号,当ARM A7芯片7检测到三分量加速度检波器302接收到的地震波振动的三分量大于阈值时(可以是单一分量与阈值比较,也可以是三分量加权后与阈值比较),ARM A7芯片7控制三分量加速度检波器302进行地震波振动的三分量采样,并将采集到的地震波振动三分量采样数据在存储器上进行存储,将采集到的地震波振动三分量采样数据传输到同步通讯器6,同步触发单元402还通过同步通讯器6对其他智能式爆炸波采集探头发同步触发信号,

当ARM A7芯片7检测到三分量加速度检波器302接收到的地震波振动的三分量小于等

于阈值时,不将采集到的地震波振动三分量采样数据在存储器上进行存储及传输到同步通讯器6。

[0024] 采样率和采样时长皆可调,24位A/D转换器406一般采样率设置为10KHz(即采样间隔0.1ms),回找波形时长200ms,即一道振幅数据有2000个数据点,三个分量即有三道振幅数据,6000个数据点。所以每采集一次的存储文件中含有一道头数据、一道增益数据(瞬时浮点放大器的增益数据)和一道振幅数据(即采集到的地震波振动的三分量数据)。地震波振动的三分量数据采集完成之后,三分量加速度检波器302自动关闭,以节约能源。

[0025] 负延时时长最大可设为2s,关闭时间设定在阈值触发后200ms。

[0026] 道头文件参数包括工程名称、掌子面里程、隧道相关尺寸、炮源与检波点的坐标。

[0027] 3、采集流程三分量加速度检波器302的灵敏度可达1V/g,量程为-5g到5g;输入噪音控制在 $\mu\text{g}$ 这个数量级上,具有高灵敏度和低噪声特点,同时满足大动态范围测量,从而兼顾检测强信号和弱信号。ARM A7芯片7接收到同步触发单元402的采集指令,三分量加速度检波器302开始记录信号,经过滤波器和前置放大器,进入瞬时浮点放大器405进行增益,瞬时浮点放大器为256阶,可获得较大的动态范围。然后进入24位A/D转换器,进行24位精度的数模转换,并将数据存储到存储器。整个系统的运行由内核ARM A7芯片7来操控。

[0028] 人工地震波炮源采用放炮班群炮预先增加一个小炮(探测炮)的方式实现,小炮超前0.5s。这样做的好处是能实现超前地质预报不专门钻进炮孔,不专门进行放炮作业。探测炮药量宜选用40g-100g不等的乳化炸药。采用负延时机制记录爆炸信号,掌子面放炮,智能三分量检波器完成探测炮自记。每一班即可采集一次数据,约20次数据即可做一次地质预报分析。

[0029] 4、数据存储与传输

存储器容量可达64M,实现百道数据存储,确保在工程使用中第一级冗余;同步通讯器6内置16G存储单元,实现备份上万次测试的数据,作为工程使用的第二级冗余。

[0030] 数字信号输出线、触发控制线与同步通讯器6相连可实现数据传输、指令接受、供电等功能。同时数字信号输出线、触发控制线作为外接引线在孔口设防脱零件,外用保护套管,结实可靠,可将检波器主体从钻孔拖出。

[0031] 本文中所描述的具体实施例仅仅是对本发明精神作举例说明。本发明所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或采用类似的方式替代,但并不会偏离本发明的精神或者超越所附权利要求书所定义的范围。

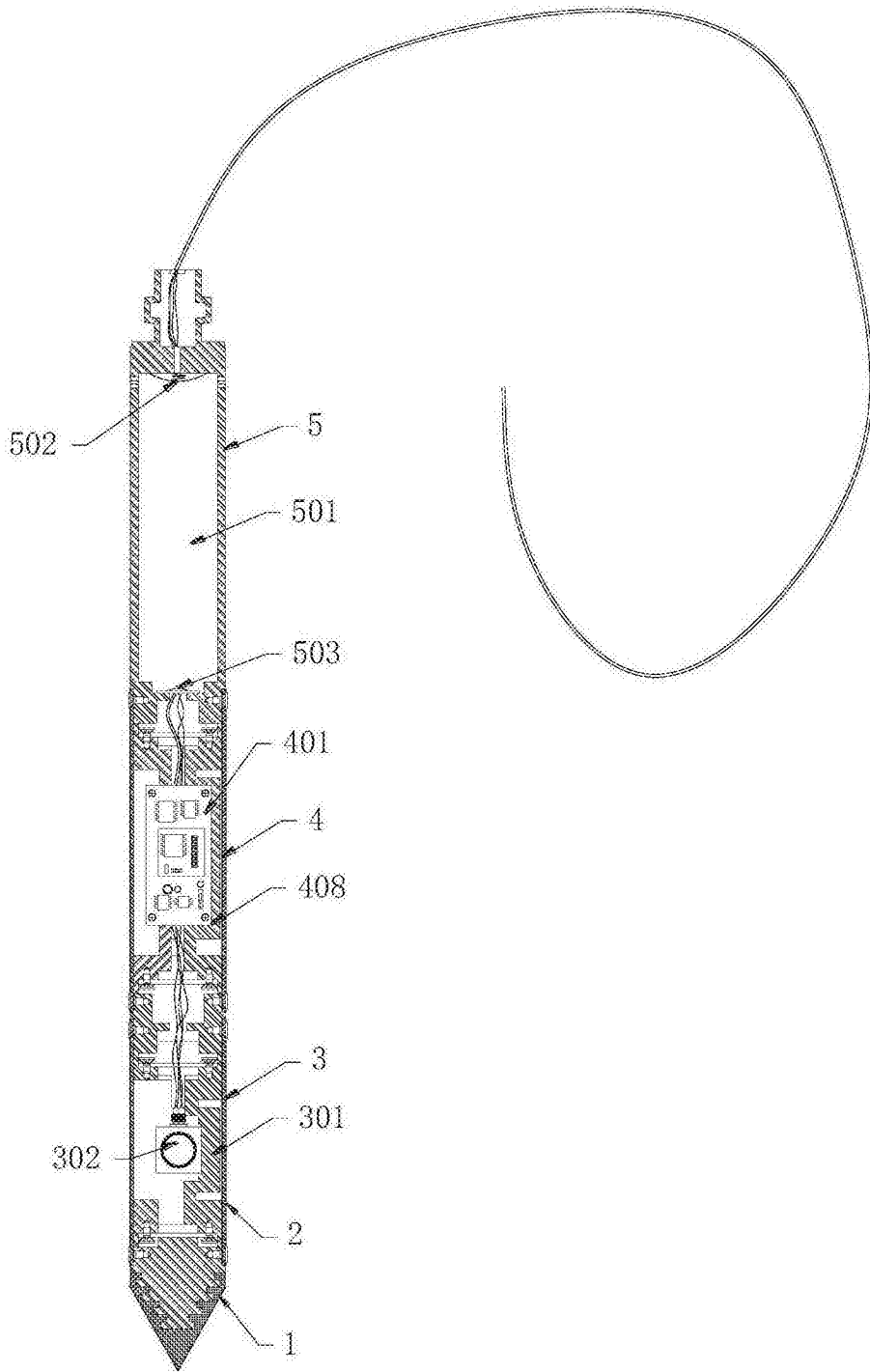


图1



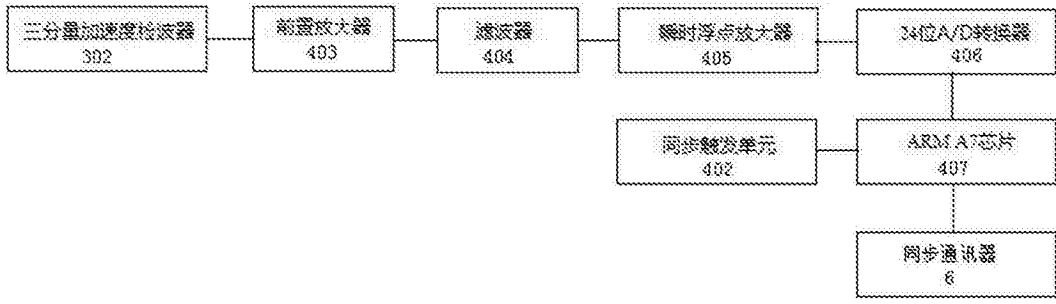


图2

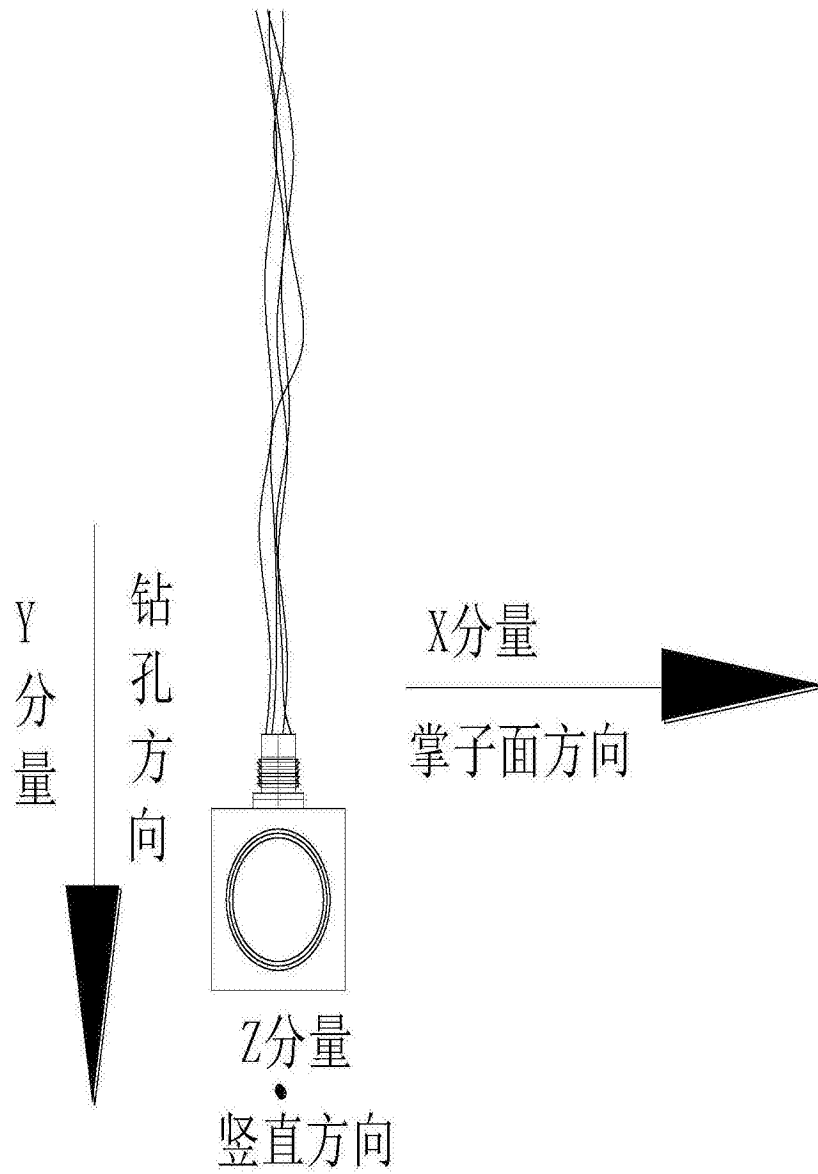


图3