



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110824552 B

(45) 授权公告日 2021.10.29

(21) 申请号 201911115186.4

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2019.11.14

G01V 1/18 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G01V 1/143 (2006.01)

申请公布号 CN 110824552 A

G01V 1/20 (2006.01)

(43) 申请公布日 2020.02.21

E21D 9/00 (2006.01)

(73) 专利权人 山东大学

E21D 9/06 (2006.01)

地址 250061 山东省济南市历下区经十路  
17923号

审查员 邓晓蓓

(72) 发明人 李利平 王凯 王旌 孙尚渠  
熊逸凡 宋曙光 巴兴之 张益杰  
刘正好 房忠栋  
(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221  
代理人 李圣梅

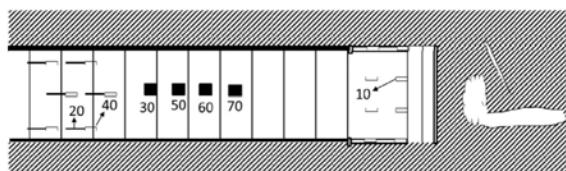
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种搭载于盾构机的不良地质探测系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种搭载于盾构机的不良地质探测系统及方法,包括:自动化激发装置,环向布置于盾构机中盾,对中盾预留孔施加击打;二维光纤检波器,沿着盾构区间的掘进方向,在盾构管片上环向布置,对击打后的波形信号进行检测;数据采集模块,采集二维光纤检波器的信号,采集的数据信号传送到数据处理主机,数据处理主机根据接收到的探测信号,确定掌子面前方的地质构造,并且确定其位置。能够快速较精确获取盾构施工前方的不良地质信息,基本不受外界环境的影响。



1. 一种搭载于盾构机的不良地质探测系统,其特征是,包括:

自动化激发装置,环向布置于盾构机中盾,利用安装管片的间隙,对中盾预留孔施加击打;

所述自动化激发装置包括激震执行模块,负责敲击岩土体;

二维光纤检波器,沿着盾构区间的掘进方向,在盾构管片上环向布置,对击打后的波形信号进行接收;

数据采集模块,采集二维光纤检波器的信号,采集的数据信号传送到数据处理主机,数据处理主机根据接收到的探测信号,确定掌子面前方的地质构造,并且确定其位置。

2. 如权利要求1所述的一种搭载于盾构机的不良地质探测系统,其特征是,所述自动化激发装置还包括控制模块、动力装置,控制模块下发控制指令至动力装置,动力装置为激震执行模块提供驱动力,激震执行模块设置于盾构机中盾中,对岩土体施加击打。

3. 如权利要求2所述的一种搭载于盾构机的不良地质探测系统,其特征是,所述自动化激发装置还包括位置传感器,在激发装置激发的瞬间,将激发信号传至数据处理主机,数据处理主机开始接受数据。

4. 如权利要求1或2所述的一种搭载于盾构机的不良地质探测系统,其特征是,所述自动化激发装置还包括安装座,安装在盾构机中盾,环向布置共计2环,沿盾构机两侧均匀布置。

5. 如权利要求1-3任一所述的一种搭载于盾构机的不良地质探测系统,其特征是,还包括:便携式检波器装置,便携式检波器装置包括检波器、耦合剂、小型伸缩杆在检测到二维光纤检波器失效或失灵时,便携式检波器装置工作。

6. 如权利要求5所述的一种搭载于盾构机的不良地质探测系统,其特征是,小型伸缩杆分为多节、长度可调,前端第一节和第二节中间用球铰连接,角度可调,端部安装有检波器,尾部安装有三角固定装置。

7. 如权利要求1所述的一种搭载于盾构机的不良地质探测系统,其特征是,二维光纤检波器置于盾构管片外侧,信号利用光纤传出,由数据处理主机接收。

8. 如权利要求7所述的一种搭载于盾构机的不良地质探测系统,其特征是,所述盾构管片内侧布置一到两个检波器预留端口,用于与数据采集模块相连。

9. 一种搭载于盾构机的不良地质探测方法,其特征是,利用根据如权利要求1-8任一项所述的不良地质探测系统,包括:

步骤1安装盾构机中盾处的自动化激发装置与盾构管片;

步骤2在盾构机掘进一环距离后,利用安装管片的间隙,给自动化激发装置供电,进行各个点试锤击;

步骤3若锤击效果满足要求,各个点依次敲击三次,接收数据,关闭自动化激发装置电源,进行地质情况反演;

步骤4若锤击效果不满足要求,加重锤击力度,加大力度后若能解决,则进行步骤3,若不能解决,则考虑更换自动化激发装置,更换后,继续进行试锤击,观察效果,若效果良好,重复步骤3;

步骤5若锤击力度加至最大后仍无法接收到数据,则考虑二维检波器是否损坏,若损坏,在无法更换的情况下,采用便携式检波器作为备用检波器,再次进行试锤击,效果良好

后,重复步骤3。

10. 如权利要求9所述的一种搭载于盾构机的不良地质探测方法,其特征是,步骤5中,采用便携式检波器作为备用检波器时,利用小型伸缩杆将涂有耦合剂的检波器送入吊装孔中,并固定小型伸缩杆。

## 一种搭载于盾构机的不良地质探测系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于地球物理探测技术领域,尤其涉及一种搭载于盾构机的不良地质探测系统及方法。

### 背景技术

[0002] 本部分的陈述仅仅是提供了与本公开相关的背景技术信息,不必然构成在先技术。

[0003] 近年来,轨道交通建设进入了蓬勃发展时期。大部分地铁施工在地面以下进行,施做方法主要有三大类:明挖法、暗挖法、盖挖法。在市区,为了保证城市的正常运转,大规模的封路进行地下区间的施工时不可能的,所以暗挖法占据了在区间施工中占了很大的比重,在暗挖法中,盾构法具有良好的隐蔽性,不受地面交通、河道、航运、季节等条件的影响,地面沉降量可控制,而且能较经济合理地保证隧道安全施工,掘进效率高,基本不扰民等优点,现在已成为我国大多数地铁区间施工的首选方法。与此同时,地铁线路的施工过程中,不可避免的会经过岩溶发育区、破碎带、暗河、裂隙等不良地层,这些不良地层有些是在勘察期间已经探明的,而有些因为种种原因是没有探明的,这就使得施工具有了更多未知性,带来了很大的灾害和风险。如不能提前预警及处理,将会对给施工单位、沿线建筑、居民带来不可估量的损失和伤害。

[0004] 但发明人发现目前为止,盾构施工的依据仍停留在地面勘察阶段时的设计图纸及盾构机操作人员的经验,仅有德国研发的BEAM系统能够搭载于盾构机上,实现实时地质预报,但也仅仅能探测到前方岩体的完整性和含水性,这对施工来说是远远不够的。现在的盾构施工具有一定的主观性,为了施工人员安全、机械安全以及工程的按期交付埋下了隐患,所以有必要提出一种预报不良地质的方法,地震波超前探测方法以其较远的探测距离和较好的界面对识别效果,在隧道中得到了较为广泛的应用,但尚无在盾构区间内使用地震波法来对盾构施工前方的地质进行预报的方法。

### 发明内容

[0005] 为克服上述现有技术的不足,本发明提供了一种搭载于盾构机的不良地质探测系统,具有快速较精确获取盾构施工前方的不良地质信息,基本不受外界环境的影响优点;同时利用盾构管片拼装的间歇,既可以进行地质超前预报又可以进行设备的检修的优势。

[0006] 为实现上述目的,本发明的一个或多个实施例提供了如下技术方案:

[0007] 一种搭载于盾构机的不良地质探测系统,包括:

[0008] 自动化激发装置,环向布置于盾构机中盾,对中盾预留孔施加击打;

[0009] 二维光纤检波器,沿着盾构区间的掘进方向,在盾构管片上环向布置,对击打后的波形信号进行检测;

[0010] 数据采集模块,采集二维光纤检波器的信号,采集的数据信号传送到控制平台,由控制平台传至数据处理主机,数据处理主机根据接收到的探测信号,确定掌子面前方的地

质构造，并且确定其位置。

[0011] 控制平台，是整个探测系统的核心，控制着自动化激发装置、数据采集模块、便携式检波器和数据处理主机的工作状态和时间。

[0012] 进一步的技术方案，所述自动化激发装置包括控制模块、动力装置和激震执行模块，控制模块下发控制指令至动力装置，动力装置为激震执行模块提供驱动力，激震执行模块设置于盾构机中盾中，对中盾预留孔施加击打。

[0013] 进一步的技术方案，所述自动化激发装置还包括位置传感器，在激发装置激发的瞬间，将激发信号传至数据处理主机，数据处理主机开始接受数据。

[0014] 进一步的技术方案，所述自动化激发装置还包括安装座，安装在盾构机中盾，环向布置共计2环，沿盾构机两侧均匀布置。

[0015] 进一步的技术方案，一种搭载于盾构机的不良地质探测系统还包括：便携式检波器装置，便携式检波器装置包括检波器、耦合剂、小型伸缩杆在检测到二维光纤检波器失效或失灵时，便携式检波器装置工作。

[0016] 进一步的技术方案，小型伸缩杆分为多节、长度可调，前端第一节和第二节中间用球铰连接，角度可调，端部安装有检波器，尾部安装有三角固定装置。

[0017] 进一步的技术方案，二维光纤检波器置于盾构管片外侧，信号利用光纤传出，由数据处理主机接收。

[0018] 进一步的技术方案，所述盾构管片内侧布置一到两个检波器预留端口，用于与数据采集模块相连。

[0019] 本发明的一个或多个实施例提供了如下技术方案：

[0020] 一种搭载于盾构机的不良地质探测方法，包括：

[0021] 步骤1安装盾构机中盾处的自动化激发装置的与盾构管片；

[0022] 步骤2在盾构机掘进一环距离后，利用安装管片的间隙，给自动化激发装置供电，进行各个点试锤击；

[0023] 步骤3若锤击效果满足要求，各个点依次敲击三次，接收数据，关闭自动化激发装置电源，进行地质情况反演；

[0024] 步骤4若锤击效果不满足要求，加重锤击力度，加大力度后若能解决，则进行步骤3，若不能解决，则考虑更换自动化激发装置，更换后，继续进行试锤击，观察效果，若效果良好，重复步骤3

[0025] 步骤5若锤击力度加至最大后仍无法接收到数据，则考虑二维检波器是否损坏，若损坏，在无法更换的情况下，采用便携式检波器作为备用检波器，再次进行试锤击，效果良好后，重复步骤3。

[0026] 进一步的技术方案，步骤5中，采用便携式检波器作为备用检波器时，利用小型伸缩杆将涂有耦合剂的检波器送入吊装孔中，并固定小型伸缩杆。

[0027] 以上一个或多个技术方案存在以下有益效果：

[0028] 本发明的确定盾构施工区间前方的不良地质的预报系统及其使用方法，与现有情况相比，具有如下优点：

[0029] 1、能够快速较精确获取盾构施工前方的不良地质信息，基本不受外界环境的影响。

[0030] 2、同时利用盾构管片拼装的间歇,既可以进行地质超前预报又可以进行设备的检修。

[0031] 3、能够做到不耽误盾构施工的情况下,进行大量的地质超前预报,为盾构施工提供依据,遇到不良地质时可提前处理,避免出现一些危险的情况,从而保证施工进度和施工安全。

## 附图说明

[0032] 构成本发明的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。

[0033] 图1为本发明实施例一整体结构示意图;

[0034] 图2为本发明实施例一自动化激发装置安装示意图;

[0035] 图3为本发明实施例一数据采集模块安装示意图;

[0036] 图4为本发明实施例一另一种数据采集模块安装示意图;

[0037] 图5为本发明实施例一数据采集模块与二维光纤检波器连接示意图;

[0038] 图6为本发明实施例一自动化激发装置内部结构示意图;

[0039] 图中,10、自动化激发装置,20、二维光纤检波器,30、控制平台,40、数据采集模块,50、便携式检波器,60、通讯模块、70、数据处理主机;

[0040] 安装座101、传感器102、激震执行模块103、空气压缩机104、直流电源105、信号传输与接收模块106、外壳107。

## 具体实施方式

[0041] 应该指出,以下详细说明都是示例性的,旨在对本发明提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本发明所属技术领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

[0042] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本发明的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0043] 术语解释部分:本发明中的术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或为一体;可以是机械连接,也可以是电连接,可以是直接连接,也可以是通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部连接,或者两个元件的相互作用关系,对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明的具体含义。

[0044] 在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0045] 地震波法超前地质预报:其工作原理是利用在隧道围岩以排列方式激发弹性波,弹性波在向三维空间传播的过程中,遇到声阻抗界面,即地质岩性变化的界面、构造破碎带、岩溶和岩溶发育带等,会产生弹性波的反射现象,这种反射波被布置在隧道围岩内的检波装置接收下来,输入到仪器中进行信号的放大、数字采集和处理,实现拾取掌子面前方岩体中的反射波信息,从而实现对掌子面前方地质情况的预报。

[0046] 本发明提出的总体思路：

[0047] 数据采集模块采集二维光纤检波器的信号。通讯模块将数据采集模块采集的数据信号传送到数据处理主机，考虑到盾构的内部构造，通讯模块采用无线通讯模块。数据处理主机根据接收到的探测信号，确定掌子面前方的地质构造，并且确定其位置。

[0048] 实施例一

[0049] 参见附图1所示，本实施例公开了一种搭载于盾构机的不良地质探测系统，，用于盾构区间工程施工过程中，对掌子面附近地质条件进行预判，包括：

[0050] 自动化激发装置10，二维光纤检波器20，控制平台30，数据采集模块40，便携式检波器50，通讯模块60、数据处理主机70。

[0051] 自动化激发装置，环向布置于盾构机中盾，对中盾预留孔施加击打；

[0052] 二维光纤检波器，沿着盾构区间的掘进方向，在盾构管片上环向布置，对击打信号进行检测；

[0053] 数据采集模块，采集二维光纤检波器的信号，采集的数据信号传送到数据处理主机，数据处理主机根据接收到的探测信号，确定掌子面前方的地质构造，并且确定其位置。

[0054] 具体实施例中，参见图6自动化激发装置10内的激发装置内含安装座101、传感器102、激震执行模块103、空气压缩机104、直流电源105、信号传输与接收模块106、外壳107。

[0055] 传感器102、激震执行模块103、空气压缩机104、直流电源105和信号传输与接收模块106的摆放位置如图6所示，均为防水器件。

[0056] 安装座101与外壳107采用螺栓的方式连接，以便后期的拆卸更换，并垫有橡胶垫以保证盾构机的防水性能。安装座101与盾构机外壳采用焊接的方式固定。

[0057] 激震执行模块103与空气压缩机104采用焊接的方式进行连接，减少激发过程中的能量损失。

[0058] 激震执行模块103负责敲击岩土体，空气压缩机104负责提供敲击动力。

[0059] 空气压缩机104采用可多级压缩的机器，为不同岩体提供不一样的敲击力和敲击频率。

[0060] 传感器102与激震执行模块103在工作前不接触，在工作的一瞬间接触，传感器将信号发送至信号传输与接收模块106，信号传输与接收模块106发送至控制平台30，控制平台30操控数据采集模块40开始采集。

[0061] 传感器102与信号传输与接收模块106采用有线连接的方式，保证数据传输的稳定性。

[0062] 空气压缩机104、直流电源105以及信号传输与接收模块106之间采用缓冲垫，尽可能的减少震动对后两者的影响。

[0063] 直流电源105为传感器102、空气压缩机104、信号传输与接收模块106提供电量。

[0064] 具体的，自动化激发装置布置于盾构机中盾，环向布置共计2环、12处。每环6处，沿盾构机两侧均匀布置，两环间距为1m，具体位置参照图2，如此布置能够保证在后期数据分析时，对前方灾害源位置的精准定位。

[0065] 具体的，控制平台30是整个探测系统的中心，控制着自动化激发装置10、数据采集模块40、便携式检波器50和数据处理主机70工作状态和时间。

[0066] 控制平台30置于司机操作室内或者位于台车两侧，须确保操作人员的安全。

[0067] 通讯模块60是控制平台30与自动化激发装置10、数据采集模块40、便携式检波器50和数据处理主机70交流的媒介,采用无线通讯系统。

[0068] 具体的,数据采集模块40负责采集二维光纤检波器20检测到的波形信息,数据采集模块40将数据传至控制平台30,由控制平台30将数据传至数据处理主机70,进行解译,并将结果传至控制平台30,从而得出盾构施工前方的地质情况,例如地层岩性分界,孤石、溶(土)洞、断层、裂隙密集带、破碎带等的分布、规模、破碎程度、结构特征等。

[0069] 二维光纤检波器20置于管片外侧、波形信号采用有线的方式传出至数据采集模块40。参见附图5。

[0070] 根据盾构管片的长短,管片内侧布置一到两个二维光纤检波器20的预留端口,以便数据采集模块40相连。

[0071] 在超前地质预报完成后,二维光纤检波器中的光纤可发挥余热,管片的变形与光纤的变形同步,此时光纤的变形情况可利用既有的有线线路传出,被盾构区间运维后期设备所接收,从而监测管片变形。

[0072] 具体的,参见图2以及图3、图4,沿着盾构区间的掘进方向,在盾构管片上布置五环二维光纤检波器,按照3个、2个、3个、2个的方式呈梅花形布置,通过该接收台网布置方法,可确定前方不良地质体的具体位置,为施工提供定量的预报结果。

[0073] 具体的,便携式检波器50,包括若干普通检波器、耦合剂,以及小型伸缩杆,伸缩杆杆端设置有普通检波器,伸缩杆用于将普通检波器送入注浆孔;普通检波器通过耦合剂与管片后的岩体紧密接触,使用完毕后,收回普通检波器。在检测到盾构管片外侧的二维光纤检波器失效或失灵时,采用该设备。

[0074] 小型伸缩杆分为多节、长度可调。前端第一节和第二节中间采用可自由转动的球较连接,角度可调,以便进入盾构管片的注浆孔之中。端部安装有普通检波器,尾部安装有三角固定装置。

[0075] 在另一实施例子中,一种基于上述地质超前预报系统的操作方法,包括以下步骤:

[0076] 步骤1做好盾构机中盾处的自动化激发装置和特定盾构管片的安装工作。

[0077] 步骤2在盾构机掘进一环距离后,盾构机开始安装管片,我们利用这个间隙开始进行地质探测。打开控制平台,控制自动化激发装置、数据采集模块、数据处理主机的启动,同时将二维光纤检波器预留的端口与数据采集模块相连。开始启动自动化激发装置,进行试锤击,观察锤击后的波形。

[0078] 步骤3若效果良好,各个锤击点依次敲击三次,利用数据采集模块接收二维光纤检波器传出的波形数据,关闭自动化激发装置、关闭控制平台,进行地质情况反演,出具该段的地质预报报告,预报完成。

[0079] 步骤4若无法接收到波形或波形较小,可尝试加重锤击力度,排查是否是因为地层变化,使得锤击力度不足,从而无法接收到合理数据,加大力度后若能解决,则进行步骤3,若不能解决,则考虑更换自动化激发装置,更换后,继续进行试锤击,观察波形,若效果满足反演要求,重复步骤3,否则进行步骤5。

[0080] 步骤5若锤击力度加至最大后仍无法接收到数据,则考虑二维检波器是否损坏。若损坏,在无法更换的情况下,采用便携式检波器作为备用检波器,利用小型伸缩杆将涂有耦合剂的检波器送入吊装孔中,并固定小型伸缩杆,再次进行试锤击,效果良好后,重复步骤

3。

[0081] 数据采集模块40与二维光纤检波器20相连,用于采集二维光纤检波器20的信号。通讯模块60将数据采集模块40采集的数据信号传送到数据处理主机70,考虑到盾构的内部构造,通讯模块60采用无线通讯模块。数据处理主机70根据接收到的探测信号,根据探测得到的信号进行地球物理反演,从而确定掌子面前方的地质构造(地层岩性分界,孤石、溶(土)洞、断层、裂隙密集带、破碎带等的分布、规模、破碎程度、结构特征),并且确定其位置。

[0082] 本发明实施例的搭载于盾构机的盾壳机械震源-特定管片接收式不良地质探测系统及方法。管片应该在管片厂预制时提前预埋好二维光纤检波器,并保证施工质量。在管片安装前以及工作前进行测试,若发现二维光纤检波器损坏,则选用便携式检波器来替代,保证接收数据的完整性。

[0083] 本系统操作时间为盾构机拼装管片的时候;

[0084] 当自动化激发装置无法正常工作后可直接拆除,换用一整套自动化激发装置。

[0085] 本系统采用预埋式二维光纤检波器与便携式检波器双保险,保证数据接收的完整性。

[0086] 本系统与方法解决了盾构施工隧道前方不良地质体一直以来难以预报的难题,主要包括地层岩性分界,孤石、溶(土)洞、断层、裂隙密集带、破碎带等的分布、规模、破碎程度、结构特征的判定难题。具有快速较精确获取盾构施工前方的不良地质信息,基本不受外界环境的影响优点;同时利用盾构管片拼装的间歇,既可以进行地质超前预报又可以进行设备的检修的优势;能够做到不耽误盾构施工的情况下,进行大量的地质超前预报,得出海量的反演结果,相互印证,为盾构施工提供依据,遇到不良地质时可预报,避免出现一些危险的情况,从而保证施工进度和施工安全。

[0087] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,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。

[0088] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述,但并非对本发明保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本发明的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

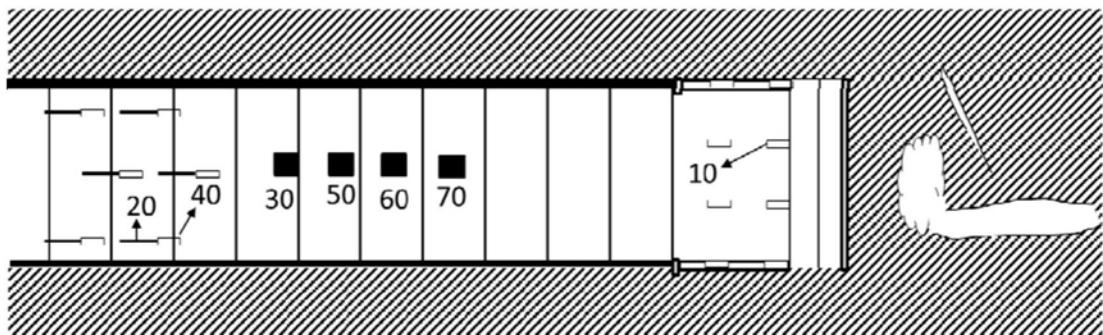


图1

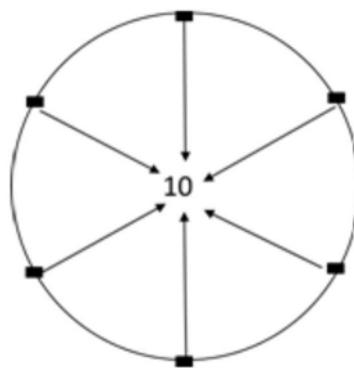


图2

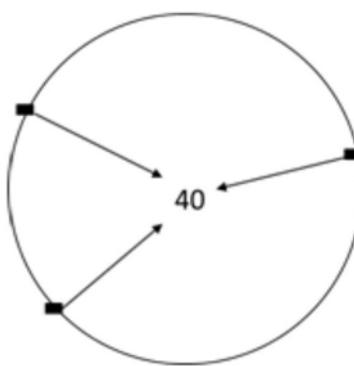


图3

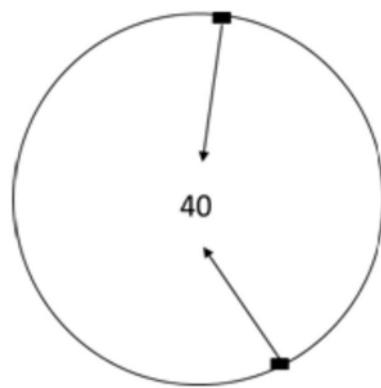


图4

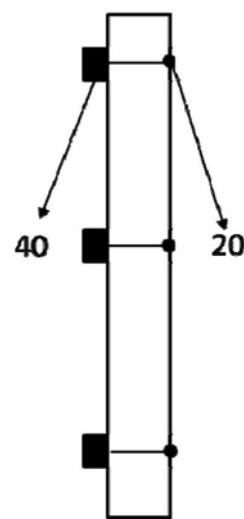


图5

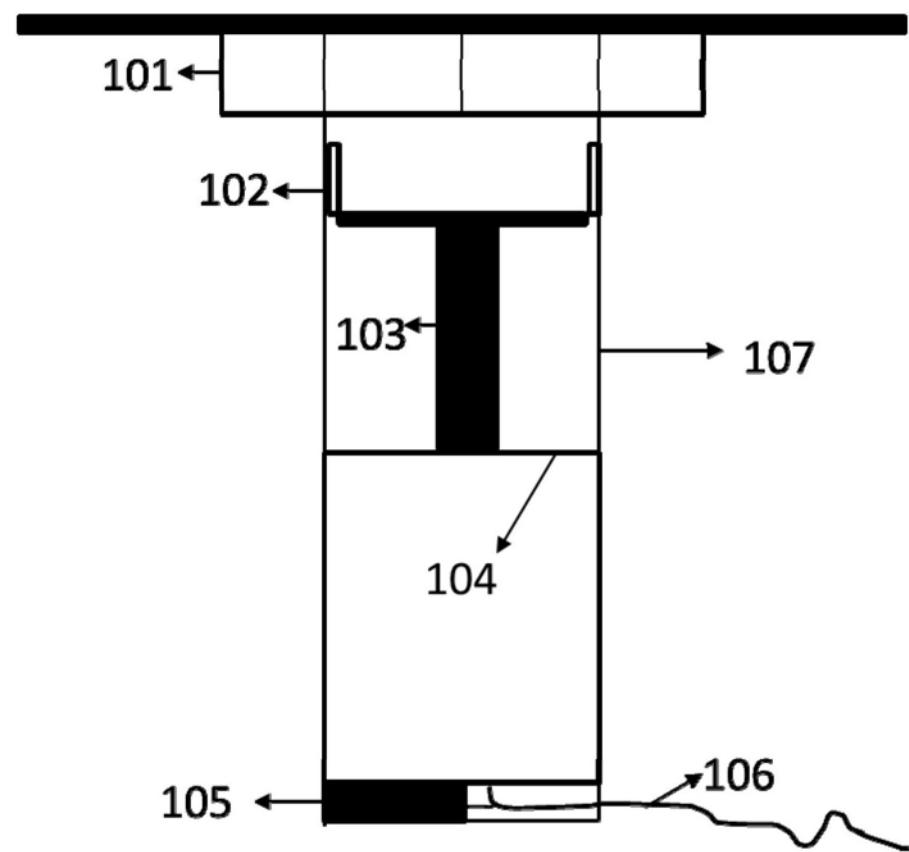


图6