



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106802132 B

(45)授权公告日 2018.01.12

(21)申请号 201710036786.6

G01N 27/04(2006.01)

(22)申请日 2017.01.18

G01L 5/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

G01L 1/24(2006.01)

申请公布号 CN 106802132 A

G01L 11/02(2006.01)

G01L 11/00(2006.01)

(43)申请公布日 2017.06.06

审查员 支辛辛

(73)专利权人 青岛海洋地质研究所

地址 266000 山东省青岛市市南区福州南路62号

(72)发明人 郭磊 叶思源 赵广明 裴绍峰
袁红明 丁喜桂

(74)专利代理机构 青岛中天汇智知识产权代理有限公司 37241

代理人 赵翠 万桂斌

(51)Int.Cl.

G01B 11/16(2006.01)

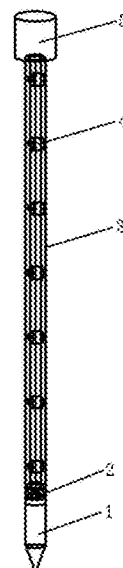
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种贯入式多功能海底沉积物原位观测探杆

(57)摘要

本发明涉及一种贯入式多功能海底沉积物原位观测探杆,包括自下向上依次连接的静力触探探头、电阻率测量模块、变形测量管以及控制舱。电阻率测量模块包括电阻率测量模块主体,电阻率测量模块主体的外周面上等间距分布点电极。变形测量管为管状结构,变形橡胶管及内部的嵌入式孔隙水压力传感器,变形橡胶管的外壁沿轴向等间距分布有八条应力应变测量光纤,沿轴向分布有一排透水孔,每个透水孔连接一个嵌入式孔隙水压力传感器。本发明既可实现CPTU探测又可进行长期原位观测,增加了不同深度的孔隙水压力与沉积物形变的动态变化过程观测;有效地将变形观测与孔压观测相结合,并参考静力触探数据,从不同的角度解读海床沉积物的动态变化过程机制。



1. 一种贯入式多功能海底沉积物原位观测探杆, 包括管状变形测量管 (3) 和测量光纤 (15), 其特征在于, 还包括自下向上依次连接的静力触探探头 (1)、电阻率测量模块 (2)、变形测量管 (3) 以及控制舱 (5);

所述静力触探探头 (1) 包括自下向上依次连接的底部锥尖 (6)、静力触探主体 (7) 以及水密接头 I (8);

所述电阻率测量模块 (2) 自下向上包括依次连接的水密接头 II (9)、电阻率测量模块主体 (10) 以及水密接头 III (12), 电阻率测量模块主体 (10) 的外周面上等间距分布点电极 (11);

所述变形测量管 (3) 包括自下向上依次连接的水密接头 IV (16)、变形橡胶管 (13) 与光电复合水密接头 V (17); 变形橡胶管 (13) 的外壁沿轴向等间距分布有八条应力应变测量光纤 (15), 其中两条测量光纤 (15) 之间, 沿轴向等间距分布有一排透水孔 (14), 每个透水孔 (14) 连接一个嵌入式孔隙水压力传感器 (4), 嵌入式孔隙水压力传感器 (4) 位于变形测量管 (3) 内部, 嵌入式孔隙水压力传感器 (4) 上设置压力测量孔 (18), 压力测量孔 (18) 与透水孔 (14) 对接;

所述的控制舱 (5) 内部设有控制采集系统, 底部有光电复合水密接头 VI (19);

将静力触探探头 (1)、电阻率测量模块 (2)、变形测量管 (3) 以及控制舱 (5) 依次通过水密接头连接组装, 具体为: 水密接头 I (8) 与水密接头 II (9) 电连接, 水密接头 III (12) 与水密接头 IV (16) 电连接, 光电复合水密接头 V (17) 与光电复合水密接头 VI (19) 进行连接。

2. 根据权利要求 1 所述的贯入式多功能海底沉积物原位观测探杆, 其特征在于, 所述点电极 (11) 在电阻率测量模块主体 (10) 的外周面上呈两周排布, 每周十个点电极 (11)。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的贯入式多功能海底沉积物原位观测探杆, 其特征在于, 所述每个点电极 (11) 均可作为发射和接收电极, 采用二极法、偶极法、三极法或温纳法中的任一种探测方法。

4. 根据权利要求 1 所述的贯入式多功能海底沉积物原位观测探杆, 其特征在于, 所述探杆在沉积物中进行原位长期观测时, 观测数据采用以水声传输结合卫星传输的实时在线工作模式, 或者采用自容存储的工作模式。

5. 根据权利要求 1 所述的贯入式多功能海底沉积物原位观测探杆, 其特征在于, 在控制舱 (5) 顶部搭载自容式波浪、潮汐、海流、浊度传感器。

一种贯入式多功能海底沉积物原位观测探杆

技术领域

[0001] 本发明涉及一种贯入式多功能海底沉积物原位观测探杆,属于海洋观测技术领域、海洋工程地质领域。

背景技术

[0002] 在海岸带地区,泥沙经过河流的远距离输运快速沉降并堆积,在海洋水动力(波浪、海流、潮汐等)、土体自重及生物扰动下发生一系列的动态变化过程,包括沉积物固结压密过程、液化流变过程、侵蚀再悬浮运移过程,在这些过程中伴随着沉积物的成分、结构、物理力学性质和工程地质性质发生动态变化,进而引发海岸带侵蚀、港口淤积、海底滑坡、浊流等海洋地质灾害,从而对海上平台、海底管线、海底电缆等海洋工程设施造成巨大破坏。

[0003] 目前,基于声学、光学、磁力、重力、电阻率等原理的地球物理调查方法,更侧重于探测,获取静态数据,被迫忽视海底边界层附近沉积物随时间的动态变化、能量转化、物质交换过程。此外,物探手段探测速度快、范围广、深度大,但往往存在一定的探测盲区,且对于自然事件的过程,特别是细节的捕捉,其精度也远远无法满足要求。

[0004] 相对于非接触式的物探手段,贯入式探杆具有更好的探测效果,且更容易实现长期原位观测。主流的贯入式探杆,其工作方式与测量原理也截然不同。常见的贯入式探杆包括:光电侵蚀杆、沉积测量杆、电阻率探杆、孔压探杆。此外,还有如拉曼探针(探杆)、地热探针(探杆)等一系列贯入式探针。

[0005] Lawler设计了一套光电感应探杆(Photo-Electronic Erosion Pin,简称PEEP),当部分插入海床界面的光电感应探杆,因沉积物的侵蚀或者淤积造成暴露在太阳光下的光电感应传感器数量变化时,其电压值也随之变化,从而获取不同位置的海水和沉积物感应电压。

[0006] Erlingsson研制出一套沉积测量仪(SEDIMETER),该仪器是由红外线传感器及数据采集装置构成,其工作原理基本与PEEP类似。德国ARGUS公司研制了一款边界层悬浮物剖面测量仪(简称ASM)。该仪器可用于观察水底以上1~2米的空间的沉积物、悬浮物的动态变化。

[0007] Rosenberger设计开发了一种自由落体的贯入式电阻率探头,后来这套电阻率探头被用来连续测量了海底面以下4米深度范围沉积物电阻率。Won设计了一种在垂向布设4个环形电极的探杆,利用Wenner方式测试海底沉积物的视电阻率,后来这种方法被进一步改进应用于海床侵蚀和淤积监测。贾永刚研发出了能够同步自动观测记录海床沉积物状态-海床面位置-海水泥沙含量的电阻率探杆,能够实现垂向方向上沉积物状态、海床面位置 and 海水泥沙浓度的观测。

[0008] 孔压探杆是当前最受关注的贯入式探杆之一。美国Sandia国家实验室、法国海洋开发研究院(Ifremer)、法国NKE公司、中国海洋大学等单位相继研发了一系列海底沉积物孔隙压力测量探杆,分别在海底滑坡、海底地震、高压气液喷出等科学问题的研究中起到重要作用。

[0009] 然而,目前国内外海底沉积物观测探杆的应用,大都为单一指标观测,而真正针对于沉积物的观测指标,基本仅限于孔隙水压力或电阻率。

[0010] 在一般的长期观测时间范围内(一般为几周到几个月),海床的土体类型、垂向分层特性等可视为静态参数;沉积物孔隙水压力、沉积物横向应力、沉积物横向应变可视为从微观到宏观的动态参数;而沉积物土体强度、海床基承载力、沉积物孔隙度等可视为以静态参数为基础,并受动态参数严重影响的复合参数。

[0011] 显然,对于复杂、多样的海底沉积物,掌握任何的单一指标都无法对其性质、变化、机理、过程进行有效的研究。如何直接获取同步、长期、动态、多参量的沉积物指标,是目前亟待解决的问题。

发明内容

[0012] 本发明目的是提供一种贯入式多功能海底沉积物原位观测探杆(以下简称“探杆”),能够测量沉积物的锥尖阻力、侧摩擦阻力、电阻率随深度变化情况,并能够实时测量多点沉积物孔隙水压力(或超孔压)、沉积物横向滑移形变的动态变化过程。基于上述观测数据,可以分析获得观测点的海床土体类型、垂向分层特性、土体强度、海床基承载力、沉积物孔隙度等参数,实时监测沉积物孔隙水压力、沉积物横向应变与应力的动态变化过程。进而为海上建设、工程安全、灾害预警以及科学研究提供服务。

[0013] 一种贯入式多功能海底沉积物原位观测探杆,包括自下向上依次连接的静力触探探头、电阻率测量模块、变形测量管以及控制舱。

[0014] 所述的静力触探探头为标准孔压静力触探(CPTU)探头,包括自下向上依次连接的底部锥尖、静力触探主体以及水密接头I。底部锥尖能够在匀速贯入过程中测量沉积物对锥尖的阻力;静力触探主体能够在匀速贯入过程中测量沉积物对圆柱体的侧摩擦阻力和孔隙水压力;顶部水密接头I能够为静力触探探头供电、提供观测参数,并传输观测数据。

[0015] 所述的电阻率测量模块自下向上包括依次连接的水密接头II、电阻率测量模块主体以及水密接头III,电阻率测量模块主体的外周面上等间距分布点电极;水密接头II与水密接头I通过内圈连接讯号通道,通过外圈的螺纹与密封圈连接以保证密封及刚体强度。其中每个点电极均可作为发射和接收电极。

[0016] 所述的变形测量管为管状结构,包括自下向上依次连接的水密接头IV、变形橡胶管与光电复合水密接头V。水密接头IV与水密接头III采用螺纹连接,所连接的电缆用于传输、控制与供电;变形橡胶管的外壁沿轴向等间距分布有八条应力应变测量光纤(回路),分别测量八个方向的应力与应变,最终通过顶部的光电复合水密接头V,接入到变形测量管顶部的控制舱中,进行光纤信号的解调、采集与存储;当海床发生横向滑动时,变形测量管随之产生大变形,各个方向的光纤会将形变后的光信号发送到控制舱,解调后即可得到各个方向的应力应变数据;在变形橡胶管外壁的两条测量光纤之间,沿轴向等间距分布有一排透水孔,每个透水孔连接一个嵌入式孔隙水压力传感器,所述嵌入式孔隙水压力传感器位于变形测量管内部;通过嵌入式孔隙水压力传感器的压力测量孔,对不同深度的孔隙水压力进行测量;光电复合水密接头V用于与控制舱底部的光电复合水密接头VI相连。

[0017] 所述的控制舱内部设有控制采集系统,底部有光电复合水密接头VI,与变形测量管顶部的光电复合水密接头V进行光电复合连接。通过从控制舱发出的控制信号,通过由水

密接头构成的总线,将供电、控制等信号分配到变形测量管、电阻率测量模块以及静力触探探头,并通过总线将数据结果传送到控制舱进行存储。

[0018] 进一步地,所述点电极在电阻率测量模块主体的外周面上呈两周排布,每周十个点电极。

[0019] 进一步地,所述点电极可根据被测沉积物的电学特征,灵活采用二极法、偶极法、三极法、温纳法等不同探测方法,以获取最为准确的沉积物电阻率。

[0020] 进一步地,所述探杆在沉积物中进行原位长期观测时,观测数据可以采用以水声传输结合卫星传输的实时在线工作模式,也可以采用自容存储的工作模式。

[0021] 进一步地,如有需要对海洋动力条件进行观测,可在控制舱顶部搭载自容式波浪、潮汐、海流、浊度传感器。

[0022] 本发明用于海底沉积物的静力触探以及长期原位观测,不仅能够贯入过程中测量沉积物的锥尖阻力、侧摩擦阻力、孔隙水压力、电阻率随深度的变化情况,还能够长期观测不同深度的沉积物孔隙水压力、沉积物横向滑移形变的动态变化过程,进而分析获得观测点的海床土体类型、垂向分层特性、土体强度、海床基承载力、沉积物孔隙度等参数,实时监测沉积物孔隙水压力、沉积物横向应变与应力的动态变化过程。

[0023] 本发明的优势在于:

[0024] 1.将传统的CPTU探测有效地转化为包括CPTU探测在内的长期原位观测,增加了不同深度的孔隙水压力与沉积物形变的动态变化过程观测;

[0025] 2.对比传统的单一指标长期观测探杆(比如大量不同类型的孔隙水压力探杆),本发明有效地将变形观测与孔压观测相结合,并参考静力触探提供的背景资料,从不同的角度解读海床沉积物的动态变化过程机制,为科学研究与工程建设提供服务。

附图说明

[0026] 图1本发明的多功能海底沉积物原位观测探杆结构示意图;

[0027] 图2本发明的多功能海底沉积物原位观测探杆各部分示意图;

[0028] 图3本发明的多功能海底沉积物原位观测探杆各部分内部结构示意图。

[0029] 图1-3中:1-静力触探探头;2-电阻率测量模块;3-变形测量管;4-嵌入式孔隙水压力传感器;5-控制舱;6-底部锥尖;7-静力触探主体;8-水密接头I;9-水密接头II;10-电阻率测量模块主体;11-点电极;12-水密接头III;13-变形橡胶管;14-透水孔;15-测量光纤;16-水密接头IV;17-光电复合水密接头V;18-压力测量孔;19-光电复合水密接头VI。

具体实施方式

[0030] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图,对本发明进行进一步详细说明。

[0031] 1、贯入式多功能海底沉积物原位观测探杆的结构及组装

[0032] 如图1-3所示的贯入式多功能海底沉积物原位观测探杆,包括自下向上依次连接的静力触探探头1、电阻率测量模块2、变形测量管3以及控制舱5。

[0033] 静力触探探头1为标准孔压静力触探(CPTU)探头,包括自下向上依次连接的底部锥尖6、静力触探主体7以及水密接头I 8。

[0034] 电阻率测量模块2自下向上包括依次连接的水密接头II 9、电阻率测量模块主体10以及水密接头III 12,电阻率测量模块主体10的外周面上排布两周点电极11,每周等间距分布十个点电极11。

[0035] 变形测量管3为管状结构,包括自下向上依次连接的水密接头IV16、变形橡胶管13与光电复合水密接头V17。变形橡胶管13的外壁沿轴向等间距分布有八条应力应变测量光纤(回路)15,其中两条测量光纤15之间,沿轴向等间距分布有一排透水孔14,每个透水孔14连接一个嵌入式孔隙水压力传感器4,嵌入式孔隙水压力传感器4位于变形测量管3内部,嵌入式孔隙水压力传感器4上设置压力测量孔18,压力测量孔18与透水孔14对接。

[0036] 所述的控制舱5内部设有控制采集系统,底部有光电复合水密接头VI19。

[0037] 将静力触探探头1、电阻率测量模块2、变形测量管3以及控制舱5依次通过水密接头连接组装,具体为:水密接头I 8与水密接头II 9电连接,传输电信号;水密接头III12与水密接头IV16电连接,传输电信号;光电复合水密接头V17与光电复合水密接头VI19进行连接,传输光电信号。

[0038] 2、贯入式多功能海底沉积物原位观测探杆的布放及回收

[0039] 将上述组装好的贯入式多功能海底沉积物原位观测探杆应用于某处海床观测工作,配备静力贯入设备(如静力触探平台等),船载出海,完成布放准备。布放的方式如下:通过操作甲板控制单元进行贯入过程中的静力触探实验,将该探杆布放到海底沉积物内部(使控制舱5位于海床面以上)。在探杆贯入过程中,严格按照静力触探的工作要求,以 $2\text{cm/s} \pm 10\%$ 的匀速,将 10cm^2 的静力触探探头贯入沉积物。在贯入过程中探杆可以获取该点站位沉积物不同深度的锥尖阻力、侧摩擦阻力、孔隙水压力、电阻率以及姿态。

[0040] 在贯入完成后,回收静力贯入平台,将探杆留在沉积物中进行原位长期观测,该过程可以采用以水声传输结合卫星传输的实时在线工作模式,也可以采用自容存储的工作模式。

[0041] 在原位长期观测结束以后,可以通过水声释放器将回收缆释放至海面,或通过潜水员定位挂缆,由船载吊机对设备进行回收。回收完成后,读取数据,分析海底沉积物动态变化过程。

[0042] 3、贯入式多功能海底沉积物原位观测探杆的观测过程及原理

[0043] 上述探杆对海底沉淀物的观测包括贯入阶段的观测及原位长期观测。该探杆通过从控制舱5发出的控制信号,通过由水密接头构成的总线,将供电、控制等信号分配到变形测量管3、电阻率测量模块2以及静力触探探头1,并通过总线将观测的数据结果传送到控制舱5进行存储。

[0044] 在贯入过程中探杆的工作过程及原理为:底部锥尖6在匀速贯入过程中测量沉积物对锥尖的阻力,静力触探主体7在匀速贯入过程中测量沉积物对圆柱体的侧摩擦阻力和孔隙水压力,电阻率测量模块主体10在匀速贯入过程中测量电阻率。因此,探杆贯入过程中可以获取该点站位沉积物不同深度的锥尖阻力、侧摩擦阻力、孔隙水压力、电阻率以及姿态(姿态通过X、Y两个水平方向的倾斜角度获得)。

[0045] 原位长期观测工作过程及原理为:变形橡胶管13外壁上的八条应力应变测量光纤15分别测量八个方向的应力与应变,并通过顶部的光电复合水密接头V17接入到变形测量管3顶部的控制舱5中,进行光纤信号的解调、采集与存储。当海床发生横向滑动时,变形测

量管3随之产生大变形,各个方向的应力应变测量光纤15会将形变后的光信号发送到控制舱5,解调后即可得到各个方向的应力应变数据。位于变形测量管3内部的嵌入式孔隙水压力传感器4,通过其上设置的压力测量孔18,对不同深度的孔隙水压力进行测量。因此,在探杆的长期观测中,能够获取探杆观测范围内不同深度位置的沉积物孔隙水压力、应力、横向位移等参量的动态变化过程。

[0046] 应当理解的是,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,而所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

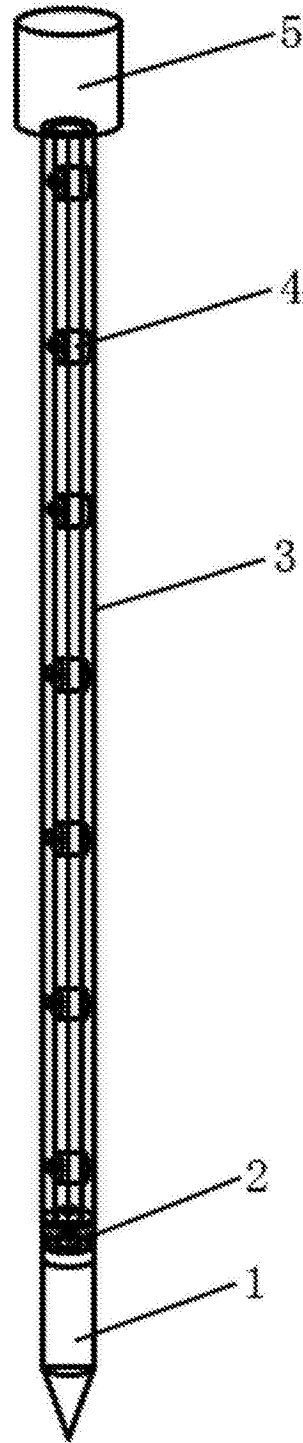


图1

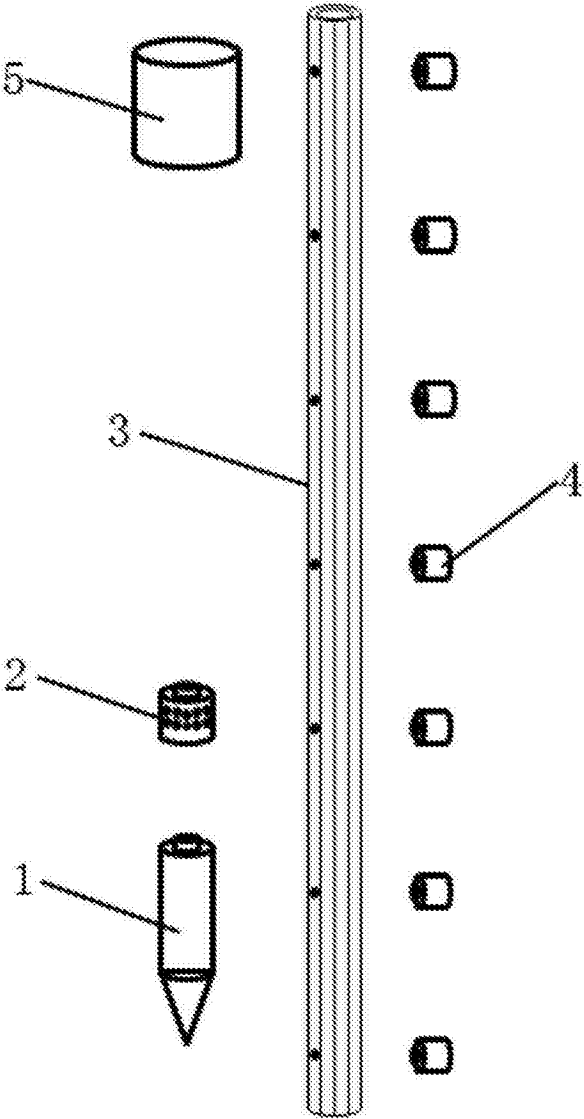


图2

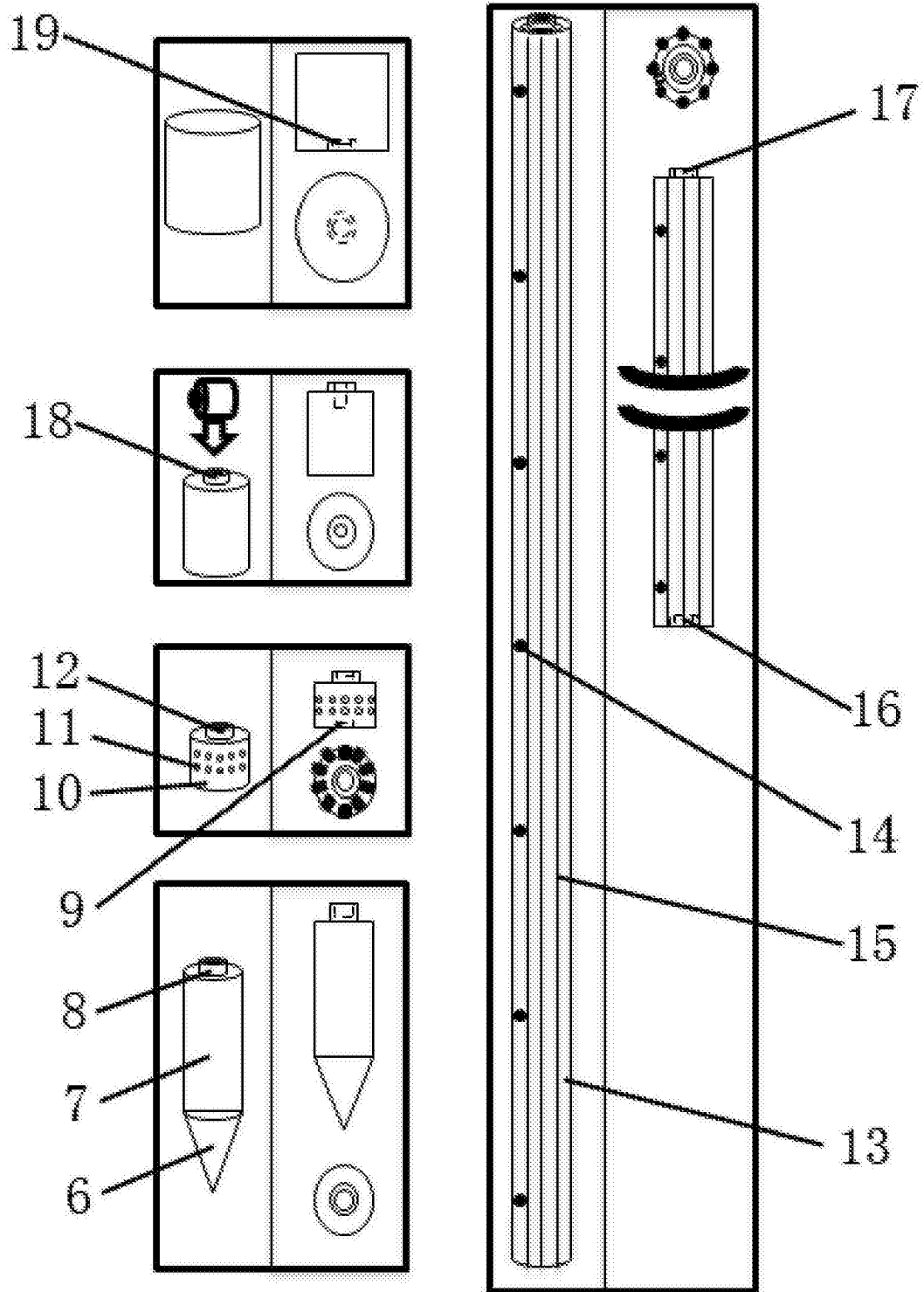


图3