(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 119374556 B
(45)授权公告日 2025.03.07

(21)申请号 202510002226.3
(22)申请日 2025.01.02
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 119374556 A
(43)申请公布日 2025.01.28
(73)专利权人 中国科学院力学研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号
(72)发明人 刘晓宇
(74)专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责任公司 11251
专利代理师 李薇
(51)Int.Cl.
G01C 9/00(2006.01)
G01C 9/02(2006.01)
G01B 21/32(2006.01)

(56)对比文件
CN 105937898 A,2016.09.14
CN 109883395 A,2019.06.14

审查员 陈喜杰

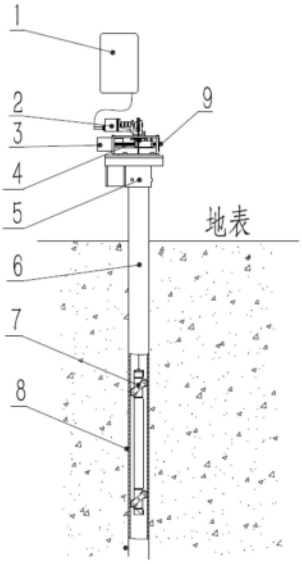
权利要求书4页 说明书10页 附图9页

(54)发明名称

一种岩土体内部倾斜变形自动观测装置

(57)摘要

本发明提供一种岩土体内部倾斜变形自动观测装置,涉及岩土工程监测技术领域,包括设置在监测孔孔口上方的主机控制终端、升降动力机构、升降定位机构、升降保护机构、姿态旋转机构和限位自锁机构,设置在监测孔测斜管内的升降测斜探头。主机控制终端驱动升降动力机构、升降定位机构、升降保护机构、姿态旋转机构和限位自锁机构,操控升降测斜探头以0°和180°两种姿态在测斜管内自由升降,并实现零点限位自锁。升降测斜探头内置三轴MEMS倾角传感器,连续采集巡航沿线地层倾斜数据,自主完成观测数据的无线传输与非接触感应充电。本发明利用单个探头实现整孔倾斜变形测量,支持重复使用,低成本、全自动、高精度观测岩土体内部倾斜变形。



CN 119374556 B

1.一种岩土体内部倾斜变形自动观测装置,其特征在于,包括地上装置和地下装置;所述地上装置设置在深入岩土体内部的监测孔的孔口上方,包括主机控制终端、升降动力机构、升降定位机构、升降保护机构、姿态旋转机构和限位自锁机构;升降定位机构安装在升降保护机构之上,升降保护机构安装在升降动力机构之上,升降动力机构与限位自锁机构共同安置在姿态旋转机构之上,升降动力机构、升降定位机构、升降保护机构、姿态旋转机构和限位自锁机构形成一体化结构组件;主机控制终端通过电缆分别与升降动力机构、升降定位机构、升降保护机构、姿态旋转机构以及限位自锁机构电连接;

所述地下装置包括预埋在监测孔内的测斜管以及设置在测斜管内部、可沿测斜管的导槽上下滑动的升降测斜探头;所述升降测斜探头内置三轴MEMS倾角传感器,在测斜管内的滑动过程中连续采集巡航沿线的地层倾斜数据;

所述一体化结构组件固定安装于探出监测孔的测斜管的顶端,并通过测绳与升降测斜探头连接,牵引升降测斜探头在测斜管内上下滑动;姿态旋转机构内置定位筒与换位管,定位筒与换位管位于探出监测孔的测斜管内,确保升降测斜探头从测斜管平滑过渡至换位管内;换位管安装在探出监测孔的测斜管内,与测斜管同轴对齐,且换位管的导槽的尺寸与测斜管的导槽一致;换位管的下端连接定位筒,当升降倾斜探头完全滑入换位管的导槽后,在姿态旋转机构的旋转电机的驱动下,通过换位管的旋转带动升降倾斜探头同步进行0度和180度的姿态切换;

所述升降测斜探头与地上装置之间采用近场无线通讯及电磁感应技术实现无接触式数据传输与电量补充。

2.根据权利要求1所述的岩土体内部倾斜变形自动观测装置,其特征在于,所述升降动力机构包括导轨组件、丝杠、导轨滑块、绕线轮、绕线电机、排线电机、测绳;

导轨组件由底部的直线导轨以及位于其两端的侧板组合而成;

丝杠平行地配置于直线导轨上方,丝杠的一端穿过导轨组件的一侧侧板并与排线电机相连,丝杠的另一端与导轨组件的另一侧侧板相连;

导轨滑块设置在直线导轨之上,并与丝杠连接;在排线电机的驱动下,导轨滑块通过与丝杠的配合,沿着丝杠双向移动;导轨滑块上设置过线孔,便于测绳穿过;

绕线轮与绕线电机均固定在导轨滑块之上;绕线轮呈圆筒状,其轴线与丝杠平行设置,用于绕线;绕线电机与绕线轮同轴连接,带动绕线轮正反转动;

测绳采用高强度且具备优异抗拉伸变形能力的柔性材质,测绳的一端与升降测斜探头的端部连接,测绳的另一端向上穿过升降动力机构的导轨滑块的过线孔、升降保护机构的应力传感器连接板和应力传感器的过线孔,绕过升降定位机构的V型轮,缠绕于绕线轮上;

排线电机驱动丝杠,使得导轨滑块随之移动,将测绳有序排列在绕线轮上;绕线电机带动绕线轮顺时针或逆时针旋转,通过测绳的牵引,实现升降测斜探头升降运动。

3.根据权利要求1所述的岩土体内部倾斜变形自动观测装置,其特征在于,所述升降定位机构包括角度编码器、联轴器、V型轮、转轴、编码器支架及编码器螺钉;

角度编码器通过联轴器与V型轮、转轴相连接,做同轴转动;

测绳缠绕于V型轮之上,测绳与V型轮间的摩擦力驱动V型轮转动,进而带动角度编码器同步旋转;

依据角度编码器的旋转周数以及V型轮的具体直径,计算升降测斜探头的当前位置及

升降速度。

4.根据权利要求1所述的岩土体内部倾斜变形自动观测装置,其特征在于,所述升降保护机构包括应力传感器连接板、应力传感器、传感器螺钉、连接板螺钉;

应力传感器连接板通过连接板螺钉与升降动力机构导轨组件的两端侧板紧密相连,应力传感器通过传感器螺钉固定于应力传感器连接板上,应力传感器连接板与应力传感器上均设置过线孔,用于穿过测绳;

升降定位机构的编码器支架通过升降定位机构的编码器螺钉与应力传感器实现连接;当升降定位机构的测绳对V型轮施加压力时,通过升降定位机构的编码器支架传递至应力传感器;

应力传感器通过实时感知测绳所承受的载荷大小,自动侦测升降测斜探头在上升或下降过程中的异常状况。

5.根据权利要求1所述的岩土体内部倾斜变形自动观测装置,其特征在于,所述姿态旋转机构包括适配底座、旋转电机、法兰盖、连接螺钉、感应发射线圈、小齿轮、大齿轮、卡簧、轴承、换位管及定位筒;

适配底座安放于探出监测孔外的测斜管的顶端,适配底座的中部设有与测斜管匹配的凸台套筒,并通过径向螺丝与测斜管紧固连接;凸台套筒上方设置齿轮箱体,用以安置小齿轮、大齿轮;旋转电机固定于适配底座之上,并与旋转电机上方的小齿轮连接,通过小齿轮至大齿轮的传动,驱动换位管旋转;法兰盖安装在适配底座的顶部,法兰盖的中心部位设置感应发射线圈,为感应接收线圈提供电磁信号,感应发射线圈的中部设置过线孔,供测绳穿行;小齿轮、大齿轮构成减速机构,大齿轮固定在换位管上,驱动换位管转动;换位管安装在探出监测孔的测斜管内,与测斜管同轴对齐,且换位管的导槽的尺寸与测斜管的导槽一致;换位管的下端连接定位筒,换位管的上端与大齿轮相接;当升降倾斜探头完全滑入换位管的导槽后,通过换位管的旋转带动升降倾斜探头同步进行0度和180度的姿态切换;

卡簧和轴承套设在换位管的外壁上,轴承用于减少换位管转动时的摩擦,卡簧用于防止换位管的轴向运动;

定位筒卡设在测斜管内,位于换位管的底部,保持固定不随换位管旋转;定位筒上设有四个带有楔形面的凸筋。

6.根据权利要求1所述的岩土体内部倾斜变形自动观测装置,其特征在于,所述限位自锁机构包括自锁解锁装置、霍尔传感器、升降零点开关、旋转零点开关;

自锁解锁装置安装在绕线轮的旋转轴和升降动力机构的导轨滑块上面;自锁时,自锁解锁装置抱死绕线轮的旋转轴,防止测绳拉动绕线轮转动;解锁后,绕线轮在驱动力的作用下自由转动;

霍尔传感器设置在升降动力机构的导轨组件上面,用于监测绕线轮左右移动的范围;

升降零点开关设置在姿态旋转机构的法兰盖的上部,用于监测升降测斜探头是否处于升降操作的始发状态,即处于0位移的零点位置;

旋转零点开关设置在姿态旋转机构尼龙法兰的上面,用于监测换位管是否处于旋转操作的始发状态,即处于0度姿态的零点位置。

7.根据权利要求1所述的岩土体内部倾斜变形自动观测装置,其特征在于,所述升降测斜探头包括导向单元组件、通讯充电单元、测量控制单元;

导向单元组件由上导向单元和下导向单元组成,分别设置在升降测斜探头的顶部与底部,实现升降测斜探头在测斜管的导槽内的升降滑动;每个上导向单元和下导向单元均包括导轮架、滚轮以及导向杆;导向杆为圆柱型中空结构,内部用于电缆走线,一端设置吊线螺纹孔;

通讯充电单元设置在上导向单元的顶端,由圆柱型塑料外壳、位于圆柱型塑料外壳顶部的吊线螺母、位于圆柱型塑料外壳内部的无线通讯模块和感应充电模块构成;无线通讯模块采用近场无线通讯技术,用于主机控制终端与测量控制单元之间的无线数据传输;感应充电模块包括感应接收线圈和充电管理器,用于向测量控制单元补充电量;通讯充电单元中心通过吊线螺母实现通讯充电单元与上导向单元的紧固连接;通讯充电单元的内部使用第一灌封胶密封;

测量控制单元由双牙连接套、薄螺母、不锈钢连接杆、锂电池组、电路板支架、倾角测量控制集成电路构成;双牙连接套与薄螺母设置在测量控制单元两端头位置,与导向单元组件的细牙螺母配合组装;不锈钢连接杆设置在测量控制单元的中部,为圆柱型中空结构,内置锂电池组、电路板支架;倾角测量控制集成电路通过螺钉固定在电路板支架上,电路板支架与不锈钢连接杆之间则采用过盈配合工艺进行固定连接;不锈钢连接杆的两端使用第二灌封胶密封;

倾角测量控制集成电路包括探头微处理器,以及与探头微处理器均电连接的倾角采集模块、通讯管理模块、供电管理模块、存储模块;倾角采集模块由三轴MEMS倾角传感器及其前置电路构成;通讯管理模块与通讯充电单元的无线通讯模块电连接;

锂电池组的一端与通讯充电单元的感应充电模块的充电管理电路电连接,由感应充电模块为其充电,锂电池组的另一端与倾角测量控制集成电路的供电管理模块电连接,为倾角测量控制集成电路供电;无线通讯模块与倾角测量控制集成电路的通讯管理模块电连接。

8.根据权利要求1所述的岩土体内部倾斜变形自动观测装置,其特征在于,所述主机控制终端与升降测斜探头均设置近场无线通讯模块,采用无线通讯方式完成两者之间的指令交互与数据传输。

9.根据权利要求1所述的岩土体内部倾斜变形自动观测装置,其特征在于,所述升降测斜探头采用非接触感应充电技术,借助近场电感耦合实现无线电量补充;充电时,位于姿态旋转机构法兰盖中部的感应发射线圈与外部供电设备电连接,产生电磁信号;升降测斜探头内置的感应接收线圈利用电磁感应效应,接收电磁信号,将电磁信号转换为电流,再通过电连接方式,由充电管理器为升降测斜探头的锂电池组进行充电。

10.根据权利要求1所述的岩土体内部倾斜变形自动观测装置,其特征在于,所述主机控制终端包括主机集成电路,所述主机集成电路包括主机微处理器及其功能模块;所述功能模块包括控制面板、存储模块、与外部通讯设备连接的通讯管理模块、与外部供电设备连接的供电管理模块、控制升降动力机构的绕线电机控制模块、排线电机控制模块、控制升降定位机构的角度编码器采集模块、控制升降保护机构的压力传感器采集模块、控制旋转姿态机构的旋转电机控制模块、控制限位自锁机构的自锁解锁控制模块、霍尔传感器采集模块、升降零点开关采集模块、旋转零点开关采集模块、控制升降测斜探头的近场无线通讯模块、充电开关控制模块;

岩土体内部倾斜变形自动观测装置采用分级处理架构,划分动作控制与数据采集;

在动作控制中,升降测斜探头的所有关键动作均由主机控制终端通过绕线电机控制模块、排线电机控制模块、旋转电机控制模块、充电开关控制模块、零点开关控制模块、自锁开关控制模块、角度编码器采集模块、压力传感器采集模块、霍尔传感器采集模块,自主驱动升降动力机构、升降定位机构、升降保护机构、姿态旋转机构、限位自锁机构完成,所述关键动作包括升降滑动、空间定位、姿态调整、异常侦测、零点自锁及电量补充;

在数据采集中,升降测斜探头在升降巡航过程中独立承担整个监测孔内的地层倾斜数据的采集任务;

当升降测斜探头返回零点位置后,主机控制终端通过近场无线通讯模块与升降测斜探头建立联系,主机控制终端下发控制指令并接收升降测斜探头传回的观测数据。

一种岩土体内部倾斜变形自动观测装置

技术领域

[0001] 本发明属于岩土工程监测技术领域,特别涉及一种岩土体内部倾斜变形自动观测装置。

背景技术

[0002] 岩土体是高层建筑、桥梁、隧道、矿山、堤坝等重大基础设施的基础。在基础设施服役期间,这些工程结构易遭受各种外力的作用,引发岩土体及工程结构发生变形。并且,诸如滑坡、泥石流、地陷等地质灾害往往也与岩土体的变形密切相关。开展岩土体内部变形监测,及时获得岩土体变形情况,不仅能够有效预防结构失效、坍塌等灾难性事故的发生,还能为地质灾害的预警和防治提供科学依据,对于确保工程安全、评估工程性能、预防地质灾害、指导工程设计与施工以及促进岩土力学研究等方面都具有重要意义。

[0003] 当前,用于岩土体内部倾斜变形的监测设备主要有滑动式测斜仪、固定式测斜仪以及近期兴起的基于MEMS倾角传感器阵列的柔性测斜仪。

[0004] 滑动式测斜仪由测斜探头、电缆及主机三大组件构成。它通过在钻孔中安装带导槽的测斜管,通过人工操作测斜探头沿导槽滑动,测量并记录各深度段的倾斜角度变化,进而计算出水平位移。该仪器操作简便,测量精度高,空间分辨率高,适应性强且可重复利用,广泛应用于土石坝、面板坝、岩土边坡、路堤、基坑等岩土体或构筑物的内部倾斜变形监测中。然而,其不足之处在于需人工现场采集数据,无法实现自动化远程监测,缺乏实时性和长期连续观测能力,难以顺应现代监测技术向自动化、远程化、实时化、智能化及标准化发展的潮流。

[0005] 固定式测斜仪与柔性测斜仪均通过在监测孔的不同高程位置固定安装倾角传感器,依据各传感器测得的倾斜角度以及传感器之间的间距长度,累加计算出被测区域倾斜位移随深度的变化曲线。这两种仪器均具备自动化数据采集功能,能够全天候实时监测岩土体内部变形。然而,它们的局限性在于需根据监测孔的深度定制传感器数量,而受限于传感器的购置成本,同一监测孔内安装的倾角传感器数量往往有限。这导致或者传感器之间的间距过大,或者只能在特定部位(例如潜在的滑动面)集中部署,从而影响了对岩土体内部倾斜变形的全面监测效果。此外,为确保传感器稳固安装,常采用水泥浆液填充传感器与监测孔间的缝隙,这使得监测设备在单次使用后难以重复利用,增加了监测成本。

[0006] 为此,中国专利CN109883395B公开了一种自动测斜装置,其在继承传统滑动式测斜仪测量精度高、空间分辨率高、可重复利用等优势的同时,突破了该类仪器在自动化、远程化及实时数据获取方面的技术瓶颈。

[0007] 然而,上述自动测斜装置在实际应用中面临诸多挑战:1)小滑车集成驱动步进电机、定位编码器和障碍物感知模块,致使体积大、重量增加,维修难度提升;2)电池模块不具备充电功能,需定期人工更换,增加运维成本;3)I/O连接件间数据传输依赖物理接触,在潮湿环境下,长期运行可靠性差;4)感知模块通过下端物理探头接触识别障碍物,难以有效检测钻孔侧向挤压变形等异常工况。

发明内容

[0008] 为解决上述技术问题,本发明提供一种岩土体内部倾斜变形自动观测装置,不仅继承传统滑动式测斜仪的高精度测量、高空间分辨率及循环利用等优势,具备全自动测量、实时数据采集与无线传输等先进功能,而且结构设计精巧、功能完备可靠、具有感应充电能力,能够更好地适应野外复杂恶劣环境,实现无人值守情况下的长期稳定运行。

[0009] 为达到上述目的,本发明采用如下的技术方案:

[0010] 一种岩土体内部倾斜变形自动观测装置,包括地上装置和地下装置;所述地上装置设置在深入岩土体内部的监测孔的孔口上方,包括主机控制终端、升降动力机构、升降定位机构、升降保护机构、姿态旋转机构和限位自锁机构;升降定位机构安装在升降保护机构之上,升降保护机构安装在升降动力机构之上,升降动力机构与限位自锁机构共同安置在姿态旋转机构之上,升降动力机构、升降定位机构、升降保护机构、姿态旋转机构和限位自锁机构形成一体化结构组件;主机控制终端通过电缆分别与升降动力机构、升降定位机构、升降保护机构、姿态旋转机构以及限位自锁机构电连接;

[0011] 所述地下装置包括预埋在监测孔内的测斜管以及设置在测斜管内部、可沿测斜管的导槽上下滑动的升降测斜探头;所述升降测斜探头内置三轴MEMS倾角传感器,在测斜管内的滑动过程中连续采集巡航沿线的地层倾斜数据;

[0012] 所述一体化结构组件固定安装于探出监测孔的测斜管的顶端,并通过测绳与升降测斜探头连接,牵引升降测斜探头在测斜管内上下滑动;姿态旋转机构内置定位筒与换位管,定位筒与换位管位于探出监测孔的测斜管内,确保升降测斜探头从测斜管平滑过渡至换位管内;在姿态旋转机构的旋转电机的驱动下,位于换位管内的升降测斜探头随换位管同步旋转,实现0度和180度两种姿态的自由切换;

[0013] 所述升降测斜探头与地上装置之间采用近场无线通讯及电磁感应技术实现无接触式数据传输与电量补充。

[0014] 进一步地,所述升降动力机构包括导轨组件、丝杠、导轨滑块、绕线轮、绕线电机、排线电机、测绳;

[0015] 导轨组件由底部的直线导轨以及位于其两端的侧板组合而成;

[0016] 丝杠平行地配置于直线导轨上方,丝杠的一端穿过导轨组件的一侧侧板并与排线电机相连,丝杠的另一端则与导轨组件的另一侧侧板相接;

[0017] 导轨滑块设置在直线导轨之上,并与丝杠连接;在排线电机的驱动下,导轨滑块通过与丝杠的配合,沿着丝杠双向移动;导轨滑块上设置过线孔,便于测绳穿过;

[0018] 绕线轮与绕线电机均固定在导轨滑块之上;绕线轮呈圆筒状,其轴线与丝杠平行设置,用于绕线。绕线电机与绕线轮同轴连接,带动绕线轮正反转动;

[0019] 测绳采用高强度且具备优异抗拉伸变形能力的柔性材质,测绳的一端与升降测斜探头的端部连接,测绳的另一端向上穿过升降动力机构的导轨滑块的过线孔、升降保护机构的应力传感器连接板和应力传感器的过线孔,绕过升降定位机构的V型轮,缠绕于绕线轮上;

[0020] 排线电机驱动丝杠,使得导轨滑块随之移动,将测绳有序排列在绕线轮上;绕线电机带动绕线轮顺时针或逆时针旋转,通过测绳的牵引,实现升降测斜探头升降运动。

[0021] 进一步地,所述升降定位机构包括角度编码器、联轴器、V型轮、转轴、编码器支架

及编码器螺钉；

[0022] 角度编码器通过联轴器与V型轮、转轴相连接，做同轴转动；

[0023] 测绳缠绕于V型轮之上，通过测绳与V型轮间的摩擦力驱动其转动，进而带动角度编码器同步旋转；

[0024] 依据角度编码器的旋转周数以及V型轮的具体直径，计算升降测斜探头当前位置及其升降速度。

[0025] 进一步地，所述升降保护机构包括应力传感器连接板、应力传感器、传感器螺钉、连接板螺钉；

[0026] 应力传感器连接板通过连接板螺钉与升降动力机构导轨组件的两端侧板紧密相连，应力传感器通过传感器螺钉固定于应力传感器连接板上，应力传感器连接板与应力传感器上均设置过线孔，用于穿过测绳；

[0027] 升降定位机构的编码器支架通过升降定位机构的编码器螺钉与应力传感器实现可靠连接；当升降定位机构的测绳对V型轮施加压力时，通过升降定位机构的编码器支架传递至应力传感器；

[0028] 应力传感器通过实时感知测绳所承受的载荷大小，自动侦测升降测斜探头在上升或下降过程中的异常状况。

[0029] 进一步地，所述姿态旋转机构包括适配底座、旋转电机、法兰盖、连接螺钉、感应发射线圈、小齿轮、大齿轮、卡簧、轴承、换位管及定位筒；

[0030] 适配底座安放于探出监测孔外的测斜管的顶端，适配底座的中部设有与测斜管匹配的凸台套筒，并通过径向螺丝与测斜管紧固连接；凸台套筒上方设置齿轮箱体，用以安置小齿轮、大齿轮；旋转电机固定于适配底座之上，并与旋转电机上方的小齿轮连接，通过小齿轮至大齿轮的传动，驱动换位管旋转，为机构提供动力；法兰盖安装在适配底座的顶部，法兰盖的中心部位设置感应发射线圈，为感应接收线圈提供电磁信号，感应发射线圈中部设置过线孔，供测绳穿行；小齿轮、大齿轮构成减速机构，大齿轮固定在换位管上，驱动换位管转动；换位管安装在探出监测孔的测斜管内，与测斜管同轴对齐，且换位管内部导槽的尺寸与测斜管的导槽保持一致；换位管下端连接定位筒，上端与大齿轮相接；当升降倾斜探头完全滑入换位管的导槽后，通过换位管的旋转带动升降倾斜探头同步进行0度和180度的姿态切换；

[0031] 卡簧和轴承套设在换位管的外壁上，轴承用于减少换位管转动时的摩擦，卡簧用于防止换位管轴向串动；

[0032] 定位筒卡设在测斜管内，位于换位管的底部，保持固定不随换位管旋转；定位筒上设有四个带有楔形面的凸筋；换位管的导槽尺寸与定位筒的导槽保持一致。

[0033] 进一步地，所述限位自锁机构包括自锁解锁装置、霍尔传感器、升降零点开关、旋转零点开关；

[0034] 自锁解锁装置安装在绕线轮的旋转轴和导轨滑块上面；自锁时，自锁解锁装置抱死绕线轮的旋转轴，防止测绳拉动绕线轮转动；解锁后，绕线轮在驱动力的作用下自由转动；

[0035] 霍尔传感器设置在升降动力机构导轨组件上面，用于监测绕线轮左右移动的范围；

[0036] 升降零点开关设置在姿态旋转机构法兰盖的上部,用于监测升降测斜探头是否处于升降操作的始发状态,即处于0位移的零点位置;

[0037] 旋转零点开关设置在姿态旋转机构尼龙法兰的上面,用于监测换位管是否处于旋转操作的始发状态,即处于0度姿态的零点位置。

[0038] 进一步地,所述升降测斜探头包括导向单元组件、通讯充电单元、测量控制单元;

[0039] 导向单元组件由上导向单元和下导向单元组成,分别设置在升降测斜探头的顶部与底部,实现升降测斜探头在测斜管的导槽内的升降滑动;每个上导向单元和下导向单元均包括导轮架、滚轮以及导向杆;导向杆为圆柱型中空结构,内部用于电缆走线,一端设置吊线螺纹孔;

[0040] 通讯充电单元设置在上导向单元顶端,由圆柱型塑料外壳、位于圆柱型塑料外壳顶部的吊线螺母、位于圆柱型塑料外壳内部的无线通讯模块和感应充电模块构成;无线通讯模块采用近场无线通讯技术,用于主机控制终端与测量控制单元之间的无线数据传输;感应充电模块包括感应接收线圈和充电管理器,用于向测量控制单元提供电量补充;通讯充电单元中心通过吊线螺母实现通讯充电单元与上导向单元的紧固连接;通讯充电单元的内部使用第一灌封胶密封;

[0041] 测量控制单元由双牙连接套、薄螺母、不锈钢连接杆、锂电池组、电路板支架、倾角测量控制集成电路构成;双牙连接套与薄螺母设置在测量控制单元两端头位置,与导向单元组件的细牙螺母配合组装;不锈钢连接杆设置在测量控制单元的中部,为圆柱型中空结构,内置锂电池组、电路板支架;倾角测量控制集成电路通过螺钉固定在电路板支架上,电路板支架与不锈钢连接杆之间则采用过盈配合工艺进行固定连接;不锈钢连接杆两端使用第二灌封胶密封;

[0042] 倾角测量控制集成电路包括探头微处理器,以及与探头微处理器均电连接的倾角采集模块、通讯管理模块、供电管理模块、存储模块;倾角采集模块由三轴MEMS倾角传感器及其前置电路构成;通讯管理模块与通讯充电单元的无线通讯模块电连接;

[0043] 锂电池组的一端与通讯充电单元的感应充电模块的充电管理电路电连接,由感应充电模块为其充电,锂电池组的另一端与倾角测量控制集成电路的供电管理模块电连接,为倾角测量控制集成电路供电;无线通讯模块与倾角测量控制集成电路的通讯管理模块电连接。

[0044] 进一步地,所述主机控制终端与升降测斜探头均设置近场无线通讯模块,采用无线通讯方式完成两者之间的指令交互与数据传输。

[0045] 进一步地,所述升降测斜探头采用非接触感应充电技术,借助近场电感耦合实现无线电量补充;充电时,位于姿态旋转机构法兰盖中部的感应发射线圈与外部供电设备电连接,产生电磁信号;升降测斜探头内置的感应接收线圈利用电磁感应效应,接收电磁信号,将电磁信号转换为电流,再通过电连接方式,由充电管理器为升降测斜探头的锂电池组进行充电。

[0046] 进一步地,所述主机控制终端包括主机集成电路,所述主机集成电路包括主机微处理器及其功能模块;所述功能模块包括:控制面板,存储模块,与外部通讯设备连接的通讯管理模块,与外部供电设备连接的供电管理模块,控制升降动力机构的绕线电机控制模块、排线电机控制模块,控制升降定位机构的角度编码器采集模块,控制升降保护机构的压

力传感器采集模块,控制旋转姿态机构的旋转电机控制模块,控制限位自锁机构的自锁解锁控制模块、霍尔传感器采集模块、升降零点开关采集模块、旋转零点开关采集模块,控制升降测斜探头的近场无线通讯模块、充电开关控制模块;

[0047] 岩土体内部倾斜变形自动观测装置采用分级处理架构,划分动作控制与数据采集;

[0048] 在动作控制中,升降测斜探头的所有关键动作均由主机控制终端通过绕线电机控制模块、排线电机控制模块、旋转电机控制模块、充电开关控制模块、零点开关控制模块、自锁开关控制模块、角度编码器采集模块、压力传感器采集模块、霍尔传感器采集模块,自主驱动升降动力机构、升降定位机构、升降保护机构、姿态旋转机构、限位自锁机构完成,所述关键动作包括升降滑动、空间定位、姿态调整、异常侦测、零点自锁及电量补充;

[0049] 在数据采集中,升降测斜探头在升降巡航过程中独立承担整个监测孔内的地层倾斜数据的采集任务;

[0050] 当升降测斜探头返回零点位置后,主机控制终端通过近场无线通讯模块与升降测斜探头建立联系,主机控制终端下发控制指令并接收升降测斜探头传回的观测数据。

[0051] 有益效果:

[0052] 1.本发明在保留传统滑动式测斜仪高精度测量、高空间分辨率及循环利用等技术特点的基础上,借助主机控制终端、升降动力机构、升降定位机构、升降保护机构、姿态旋转机构、限位自锁机构和升降测斜探头等机电装置,解决了传统滑动式测斜仪需要人工现场采集数据的技术局限,实现了岩土体内部变形的全自动、全天候观测。

[0053] 2.本发明仅利用单只升降测斜探头,即可精确测量整孔倾斜变形,且支持重复使用,有效克服了现有固定式测斜仪与柔性测斜仪需要根据监测孔孔深定制传感器数量,无法兼顾购置成本与传感器布设密度、安装稳固性与重复利用性等方面的技术问题。

[0054] 3.本发明对升降动力机构、升降定位机构、升降保护机构、姿态旋转机构、限位自锁机构进行了小型化和一体化设计,且均设置于地面。此外,地上装置与地下装置升降测斜探头之间的数据通讯与电量补充均采用无线模式。上述设计不仅实现对升降测斜探头升降、定位、姿态、异常侦测、零点自锁及电量补充的自动感知与控制,还降低了生产安装成本,显著提升了整套设备在野外恶劣环境下的长期运行的稳定性和可靠性。

附图说明

[0055] 图1为本发明的岩土体内部倾斜变形自动观测装置的整体结构示意图;

[0056] 图2为升降动力机构的结构示意图;

[0057] 图3为升降定位机构的结构示意图;

[0058] 图4为升降保护机构的结构示意图;

[0059] 图5a,图5b,图5c,图5d为姿态旋转机构的结构示意图;其中,图5a为剖面图,图5b为测斜管示意图,图5c为姿态旋转机构的局部图,图5d为图5b中的部分局部放大图;

[0060] 图6为限位自锁机构的结构示意图;

[0061] 图7a,图7b为升降测斜探头的结构示意图;其中,图7a为主视图,图7b为分解图;

[0062] 图8a,图8b为升降测斜探头导向单元组件的结构示意图;其中,图8a为侧视图,图8b为主视图;

[0063] 图9a,图9b为升降测斜探头通讯充电单元的结构示意图;其中,图9a为剖视图,图9b为主视图;

[0064] 图10a,图10b为升降测斜探头测量控制单元的结构示意图;其中,图10a为剖视图,图10b为主视图;

[0065] 图11为升降测斜探头测量控制单元倾角测量控制集成电路的模块图;

[0066] 图12为无接触感应充电流程结构示意图;

[0067] 图13为主机集成电路的模块图。

[0068] 其中,附图标记为:1.主机控制终端、2.升降定位机构、3.升降动力机构、4.升降保护机构、5.姿态旋转机构、6.测斜管、7.升降倾斜探头、8.监测孔、9.限位自锁机构、21.角度编码器、22.联轴器、23.V型轮、24.转轴、25.编码器支架、26.编码器螺钉、31.绕线电机、32.排线电机、33.导轨组件、34.导轨滑块、35.丝杠、36.绕线轮、37.测绳、41.应力传感器连接板、42.应力传感器、43.传感器螺钉、44.连接板螺钉、51.旋转电机、52.适配底座、53.法兰盖、54.小齿轮、55.大齿轮、56.感应发射线圈、57.连接螺钉、58.卡簧、59.轴承、60.换位管、61.定位筒、71.通讯充电单元、72.导向单元组件、73.测量控制单元、711.第一灌封胶、712.圆柱型塑料外壳、713.感应接收线圈、714.电缆、715.无线通讯模块、721.导轮架、722.滚轮、723.导向杆、724.细牙螺母、725.吊线螺纹孔、730.双牙连接套、731.薄螺母、732.第二灌封胶、733.不锈钢连接杆、734.倾角测量控制集成电路、735.螺钉、736.电路板支架、737.锂电池组、91.自锁解锁装置、92.升降零点开关、93.霍尔传感器、94.旋转零点开关。

具体实施方式

[0069] 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用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0070] 如图1所示,本发明实施例的一种岩土体内部倾斜变形自动观测装置包括地上装置和地下装置。

[0071] 所述地上装置设置在深入岩土体内部的监测孔8的孔口上方,由主机控制终端1、升降动力机构3、升降定位机构2、升降保护机构4、姿态旋转机构5和限位自锁机构9组成。升降定位机构2安装在升降保护机构4之上,升降保护机构4安装在升降动力机构3之上,升降动力机构3与限位自锁机构9共同安置在姿态旋转机构5之上,形成一体化结构组件。主机控制终端1通过电缆分别与升降动力机构3、升降定位机构2、升降保护机构4、姿态旋转机构5以及限位自锁机构9电连接。

[0072] 所述地下装置由预埋在监测孔8内的测斜管6以及设置在测斜管6内部、可沿测斜管6的导槽上下滑动的升降测斜探头7构成。升降测斜探头7内置三轴MEMS倾角传感器,能够在测斜管6内的滑动过程中连续采集巡航沿线的地层倾斜数据。

[0073] 所述升降动力机构3、升降定位机构2、升降保护机构4、姿态旋转机构5和限位自锁机构9形成的一体化结构组件,固定安装于探出监测孔8的测斜管6的顶端,并通过测绳37与升降测斜探头7连接,牵引升降测斜探头7在测斜管6内上下滑动。姿态旋转机构5内置定位筒61与换位管60,定位筒61与换位管60位于探出监测孔8的测斜管6的管段内,确保升降测

斜探头7从测斜管6平滑过渡至换位管60内。在姿态旋转机构5的旋转电机51的驱动下,位于换位管60内的升降测斜探头7随换位管60同步旋转,实现0度和180度两种姿态的自由切换;

[0074] 所述升降测斜探头7与地上装置之间采用近场无线通讯及电磁感应技术,实现无接触式数据传输与电量补充。

[0075] 优选的,如图2所示,升降动力机构3包括导轨组件33、丝杠35、导轨滑块34、绕线轮36、绕线电机31、排线电机32、测绳37;导轨组件33由底部的直线导轨以及位于直线导轨两端的侧板组合而成;丝杠35平行地配置于直线导轨上方,其一端穿过导轨组件33的一侧侧板并与排线电机32相连,而另一端则与导轨组件33的另一侧侧板相接;导轨滑块34设置在直线导轨之上,并与丝杠35连接。在排线电机32的驱动下,导轨滑块34通过与丝杠35的配合,可沿着丝杠35双向移动。导轨滑块34上设置过线孔,便于测绳37穿过;绕线轮36与绕线电机31均固定在导轨滑块34之上。绕线轮36呈圆筒状,其轴线与丝杠35平行设置,用于绕线。绕线电机31与绕线轮36同轴连接,带动绕线轮36正反转动;测绳37采用高强度且具备优异抗拉伸变形能力的柔性材质,优选迪尼玛(Dyneema)高强度聚乙烯纤维。测绳37的一端与升降测斜探头7的端部连接,另一端向上穿过升降动力机构3的导轨滑块34的过线孔、升降保护机构4的应力传感器连接板41和应力传感器42的过线孔,绕过升降定位机构2的V型轮23,缠绕于绕线轮36上;排线电机32驱动丝杠35,使得导轨滑块34随之移动,将测绳37有序排列在绕线轮36上。绕线电机31带动绕线轮36顺时针或逆时针旋转,通过测绳37的牵引,实现升降测斜探头7升降运动。

[0076] 绕线排线操作采用方法为:测绳37在绕线轮36上缠绕一圈,沿丝杠35的轴向方向移动一个测绳37的线径。

[0077] 优选的,所述如图3所示,升降定位机构2包括角度编码器21、联轴器22、V型轮23、转轴24、编码器支架25及编码器螺钉26;角度编码器21通过联轴器22与V型轮23、转轴24相连接,做同轴转动;测绳37缠绕于V型轮23之上,通过测绳37与V型轮23间的摩擦力驱动V型轮23转动,进而带动角度编码器21同步旋转;依据角度编码器21的旋转周数以及V型轮23的具体直径,可以精确计算出升降测斜探头7当前位置及其升降速度。

[0078] 编码器支架25经由编码器螺钉26稳固连接到底部的升降保护机构4。角度编码器21和V型轮23分别安装于编码器支架25的两侧,并与转轴24相连接。联轴器22套设在转轴24上,位于角度编码器21和V型轮23之间。转轴24转动连接于编码器支架25的一侧。

[0079] 优选的,如图4所示,所述升降保护机构4包括应力传感器连接板41、应力传感器42、传感器螺钉43、连接板螺钉44;应力传感器连接板41通过连接板螺钉44与升降动力机构3的导轨组件33的两端侧板紧密相连,为应力传感器42提供稳固支撑。应力传感器42通过传感器螺钉43固定于应力传感器连接板41上。应力传感器连接板41与应力传感器42上均设置过线孔,用于测绳37穿过。

[0080] 升降定位机构2的编码器支架25,通过升降定位机构2的编码器螺钉26与应力传感器42实现可靠连接。当升降定位机构2的测绳37对V型轮23施加压力时,该压力能够通过升降定位机构2的编码器支架25有效传递至应力传感器42;应力传感器42通过实时感知测绳37所承受的压力载荷大小,可自动侦测升降测斜探头7在上升或下降过程中的异常状况。例如,岩土体内部若发生显著位移,测斜管6可能会因挤压变形而卡堵升降测斜探头7,致使其无法正常下放或提升,甚至“丢失”。

[0081] 优选的,如图5a,图5b,图5c,图5d所示,所述姿态旋转机构5包括适配底座52、旋转电机51、法兰盖53、连接螺钉57、感应发射线圈56、小齿轮54、大齿轮55、卡簧58、轴承59、换位管60及定位筒61等组件。适配底座52安放于探出监测孔8外少许长度(通常为60cm)的测斜管6的顶端,适配底座52中部设计有与测斜管6匹配的凸台套筒,便于测斜管6插入固定,并通过径向螺丝与测斜管6紧固连接。凸台套筒上方设置齿轮箱体,用以安置小齿轮54、大齿轮55。

[0082] 旋转电机51与适配底座52固定连接,与其上方的小齿轮54连接,通过小齿轮54至大齿轮55的传动,驱动换位管60旋转,为姿态旋转机构5提供动力。法兰盖53通过连接螺钉57稳固安装在适配底座52的顶部。法兰盖53的中心部位设置感应发射线圈56,为感应接收线圈713提供电磁信号。法兰盖53为尼龙材质,便于电磁信号穿透。感应发射线圈56的中部设置过线孔,供测绳37穿行。小齿轮54、大齿轮55构成减速机构,降低电机转速,增大扭矩。大齿轮55固定在换位管60上,驱动换位管60转动。换位管60安装在探出监测孔8的测斜管6内,与测斜管6同轴对齐,且换位管60内部导槽的尺寸与测斜管6的导槽保持一致。换位管60的下端连接定位筒61,上端与大齿轮55相接。当升降倾斜探头7完全滑入换位管60的导槽后,通过换位管60的旋转,能够带动升降倾斜探头7同步进行0度和180度的姿态切换。卡簧58和轴承59套设在换位管60的外壁上,轴承59用于减少换位管60转动时的摩擦,卡簧58用于防止换位管60的轴向串动。定位筒61卡设在测斜管6内,位于换位管60的底部,保持固定不随换位管60旋转。定位筒61在升降测斜探头7从测斜管6过渡到换位管60时起到定位作用,确保升降测斜探头7在测斜管6与定位筒61间滑动时能平滑过渡。定位筒61上设有四个带有楔形面的凸筋,楔形面实现测斜管6的导槽与定位筒61的导槽的顺畅对接。换位管6的导槽尺寸与定位筒61的导槽保持一致。

[0083] 优选的,如图6所示,所述限位自锁机构9包括自锁解锁装置91、霍尔传感器93、升降零点开关92、旋转零点开关94;自锁解锁装置91安装在绕线轮36的旋转轴和导轨滑块34上面。自锁时,限位自锁机构9抱死绕线轮36的旋转轴,防止测绳37拉动绕线轮36转动。解锁后,绕线轮36可在驱动力的作用下自由转动。霍尔传感器93设置在升降动力机构3的导轨组件33上面,用于监测绕线轮36左右移动的范围。升降零点开关92设置在姿态旋转机构5的法兰盖53的上部,用于监测升降测斜探头7是否处于升降操作的始发状态,即处于0位移的零点位置。旋转零点开关94设置在姿态旋转机构5的尼龙法兰的上面,用于监测换位管60是否处于旋转操作的始发状态,即处于0度姿态的零点位置。

[0084] 优选的,如图7a,图7b所示,所述升降测斜探头7包括通讯充电单元71、导向单元组件72、测量控制单元73。其中,通讯充电单元71位于升降测斜探头7的顶部,测量控制单元73位于升降测斜探头7的中部,通讯充电单元71与测量控制单元73之间通过导向单元组件72连接。

[0085] 如图8a,图8b所示,导向单元组件72由上导向单元和下导向单元组成,分别设置在升降测斜探头7的顶部与底部,实现升降测斜探头7在测斜管6的导槽内的升降滑动。上导向单元和下导向单元均包括导轮架721、滚轮722以及导向杆723。导向杆723为圆柱型中空结构,内部用于电缆714走线,一端设置吊线螺纹孔725;每对滚轮722分别固定于导轮架721的两端,用于在测斜管6的导槽内滚动。导轮架借助转轴与弹簧装置与导向杆723相连,通过转轴及弹簧配合,灵活调整导轮架721与导向杆723间的夹角,确保升降测斜探头7能在各种管

径的测斜管6内平稳升降滑动。如图9a,图9b所示,通讯充电单元71设置在上导向单元的顶端,由圆柱型塑料外壳712、位于圆柱型塑料外壳712顶部的吊线螺母、位于圆柱型塑料外壳712内部的无线通讯模块715和感应充电模块构成。

[0086] 优选的,无线通讯模块715采用近场无线通讯技术,优选LoRa模块,用于主机控制终端1与测量控制单元73之间的无线数据传输。感应充电模块包括感应接收线圈713和充电管理器,用于向测量控制单元73提供电量补充。通讯充电单元71的中心设有吊线螺纹孔725,通过吊线螺母,实现通讯充电单元71与上导向单元的紧固连接。同时,吊线螺母还用于固定测绳37,实现测绳37与升降测斜探头7之间的牢固连接。整个通讯充电单元71内部使用第一灌封胶711密封,以提高其耐用性和防水性能。无线通讯模块715通过电缆714与测量控制单元73电连接。

[0087] 优选的,如图10a,图10b所示,测量控制单元73由双牙连接套730、薄螺母731、不锈钢连接杆733、锂电池组737、电路板支架736、倾角测量控制集成电路734构成。双牙连接套730与薄螺母731设置在测量控制单元73的两端头位置,与导向单元组件72的细牙螺母724配合组装。不锈钢连接杆733设置在测量控制单元73的中部,为圆柱型中空结构,内置锂电池组737、电路板支架736。倾角测量控制集成电路734通过螺钉735固定在电路板支架736上,电路板支架736与不锈钢连接杆733之间则采用过盈配合工艺进行固定连接。不锈钢连接杆733 两端使用第二灌封胶732密封,以提高测量控制单元73的耐用性和防水性能。

[0088] 优选的,如图11所示,倾角测量控制集成电路734包括探头微处理器,以及与探头微处理器均电连接的倾角采集模块、通讯管理模块、供电管理模块、存储模块。其中,倾角采集模块由三轴MEMS倾角传感器及其前置电路构成。通讯管理模块与通讯充电单元71的无线通讯模块715电连接。

[0089] 优选的,如图12所示,锂电池组737的一端与通讯充电单元71的感应充电模块的充电管理电路通过电缆714进行电连接,由感应充电模块为其充电。锂电池组737的另一端与倾角测量控制集成电路734的供电管理模块电连接,为倾角测量控制集成电路734供电。无线通讯模块715与倾角测量控制集成电路734的通讯管理模块通过电缆714进行电连接。主机控制终端1与升降测斜探头7均设置近场无线通讯模块,采用无线通讯方式完成两者之间的指令交互与数据传输;升降测斜探头7采用非接触感应充电技术,借助近场电感耦合实现无线电量补充,无需电线连接,且充放电设备均无导电接点暴露。充电时,位于姿态旋转机构5法兰盖53中部的感应发射线圈56与外部供电设备电连接,产生电磁信号。升降测斜探头7内置的感应接收线圈713利用电磁感应效应,接收这些电磁信号,将其转换为电流,再通过电连接方式,由充电管理器为升降测斜探头7的锂电池组737充电。

[0090] 如图13所示,主机控制终端1包括主机集成电路,所述主机集成电路包括主机微处理器及其功能模块。其中,功能模块包括:控制面板,存储模块,与外部通讯设备连接的通讯管理模块,与外部供电设备连接的供电管理模块,控制升降动力机构3的绕线电机控制模块、排线电机控制模块,控制升降定位机构2的角度编码器采集模块,控制升降保护机构4的压力传感器采集模块,控制旋转姿态机构5的旋转电机控制模块,控制限位自锁机构9的自锁解锁控制模块、霍尔传感器采集模块、升降零点开关采集模块、旋转零点开关采集模块,控制升降测斜探头7的近场无线通讯模块、充电开关控制模块;

[0091] 本发明的一种岩土体内部倾斜变形自动观测装置采用分级处理架构,明确划分为

动作控制与数据采集,包括:

[0092] 在动作控制中,升降测斜探头7的所有关键动作,包括升降滑动、空间定位、姿态调整、异常侦测、零点自锁及电量补充等,均由主机控制终端1通过与其连接的绕线电机控制模块、排线电机控制模块、角度编码器采集模块、压力传感器采集模块、旋转电机控制模块、自锁解锁控制模块、霍尔传感器采集模块、升降零点开关采集模块、旋转零点开关采集模块、近场无线通讯模块、充电开关控制模块等功能模块,自主驱动升降动力机构3、升降定位机构2、升降保护机构4、姿态旋转机构5、限位自锁机构9完成。升降测斜探头7本身不介入其动作控制。

[0093] 在数据采集中,升降测斜探头7在升降巡航过程中独立承担起整个监测孔8内的地层倾斜数据的采集任务。在此期间,主机控制终端1既不参与数据采集,也不与升降测斜探头7建立任何通讯。

[0094] 当升降测斜探头7返回零点位置后,主机控制终端1才通过近场无线通讯模块与升降测斜探头7建立联系,此时,主机控制终端1将下发控制指令并接收升降测斜探头7传回的观测数据。

[0095] 本领域的技术人员容易理解,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。

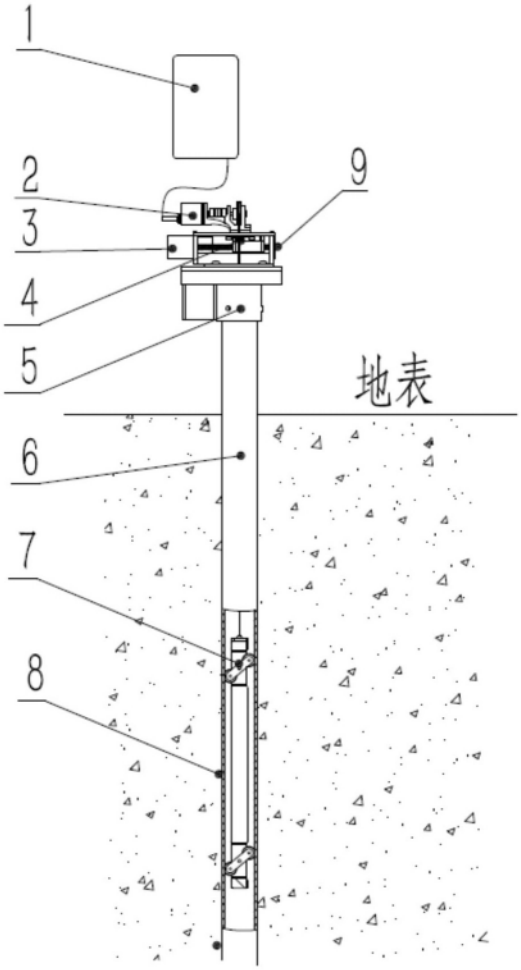


图1

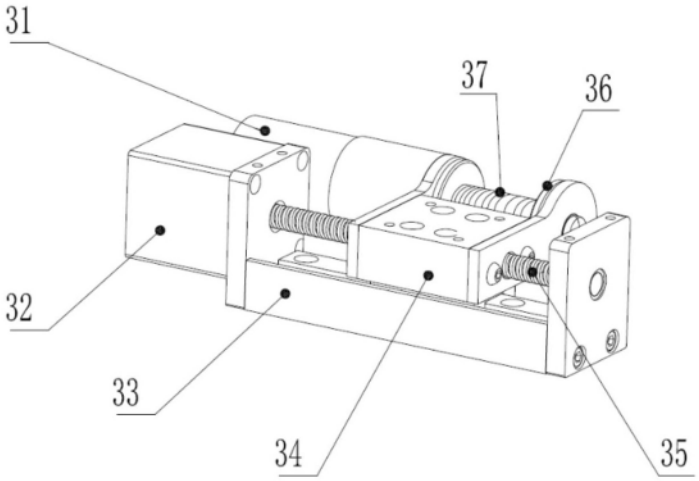


图2

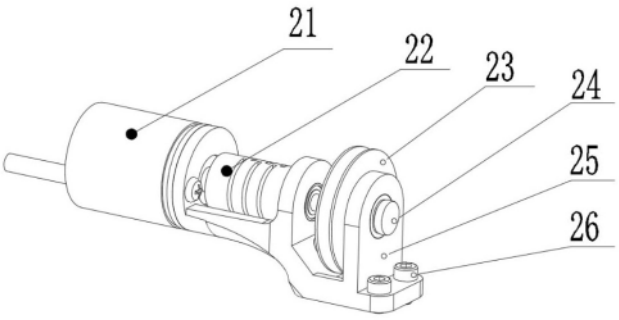


图3

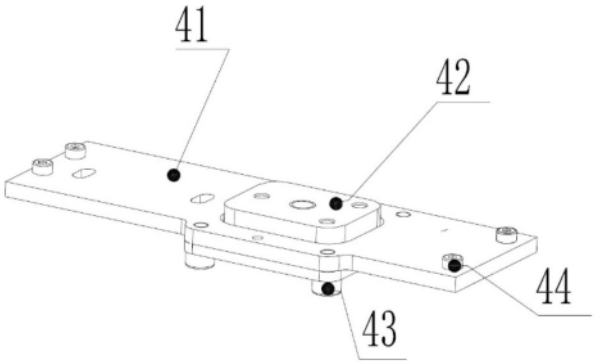


图4

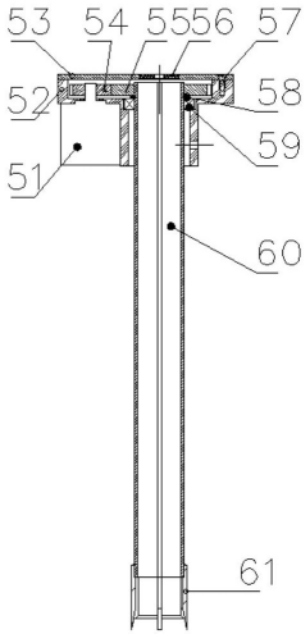


图5a

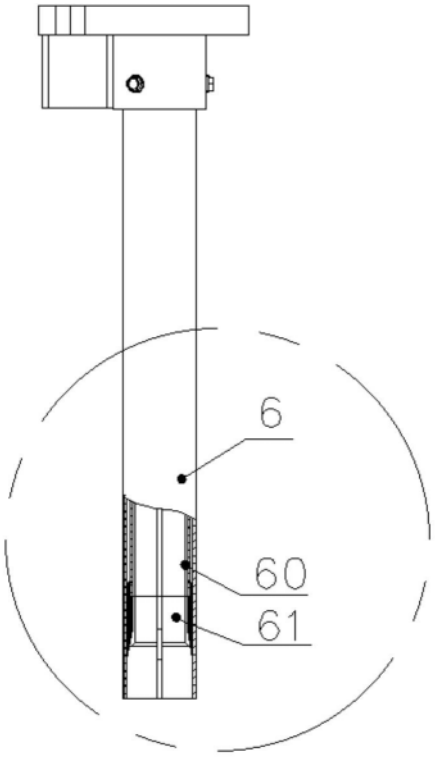


图5b

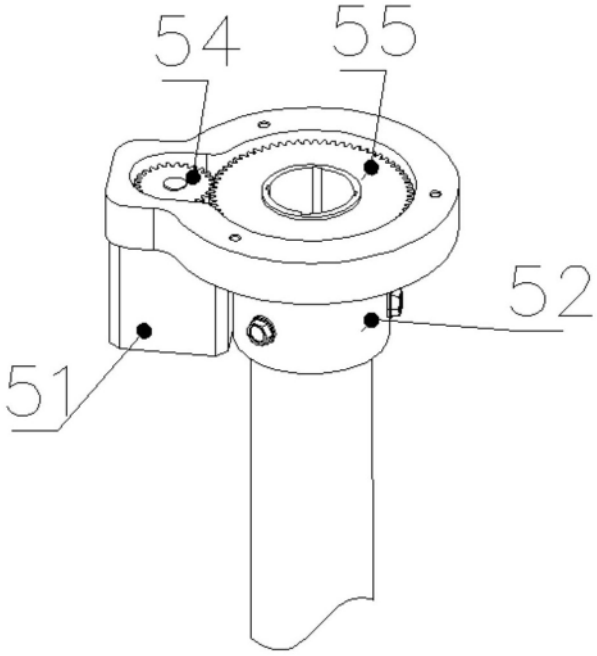


图5c

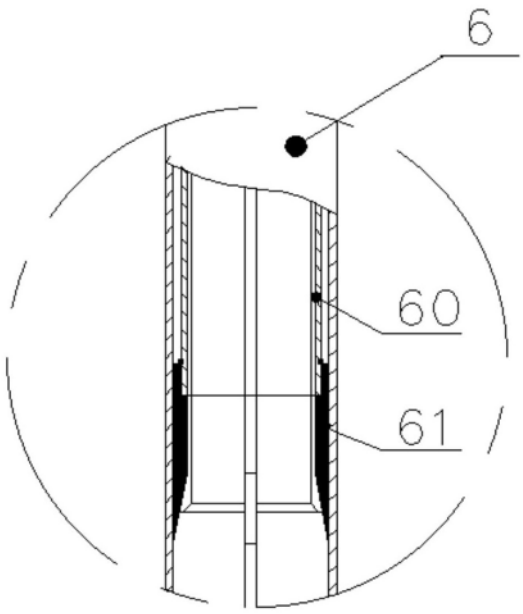


图5d

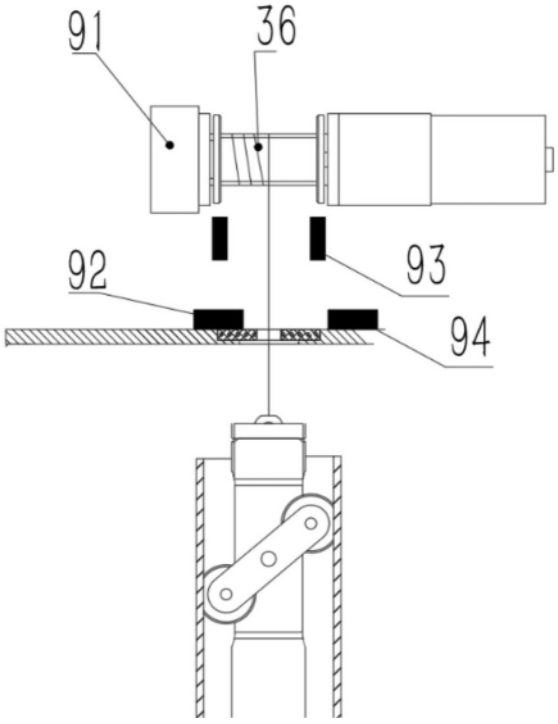


图6

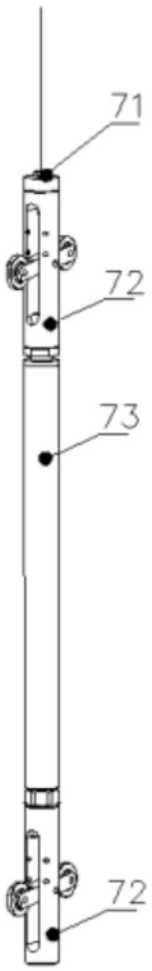


图7a

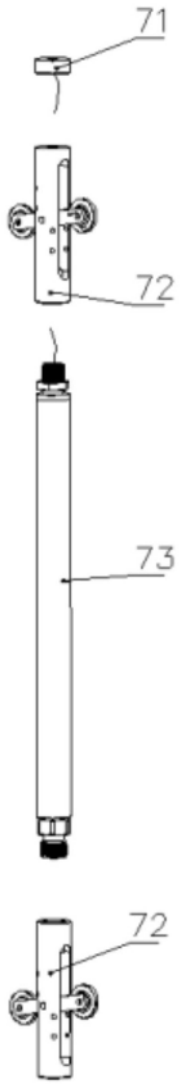


图7b

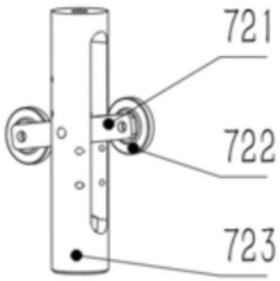


图8a

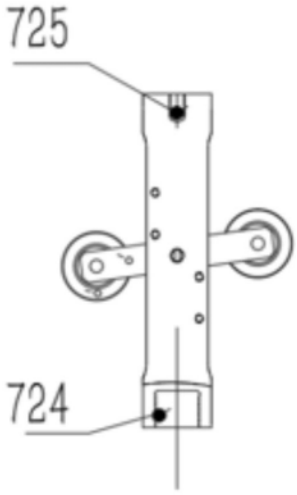


图8b

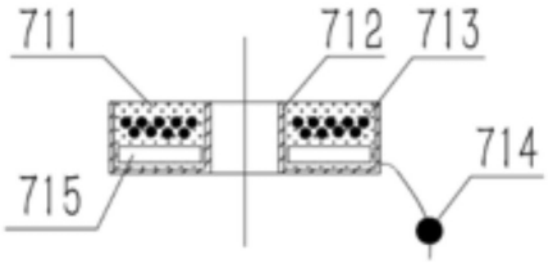


图9a

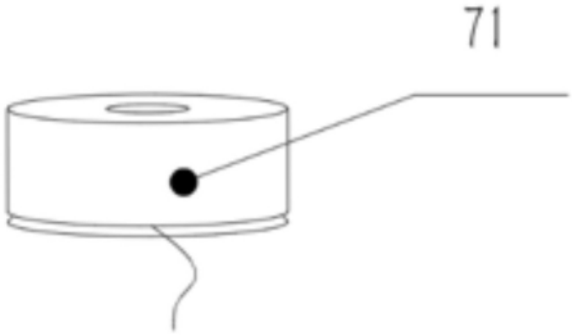


图9b

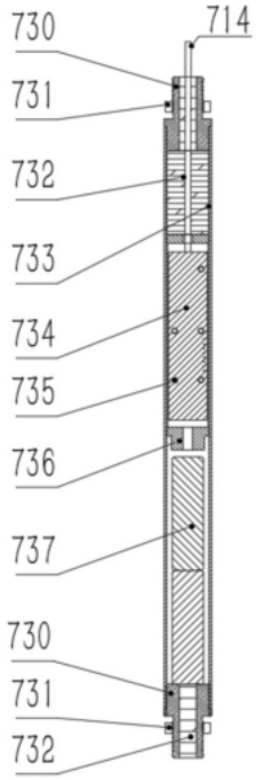


图10a

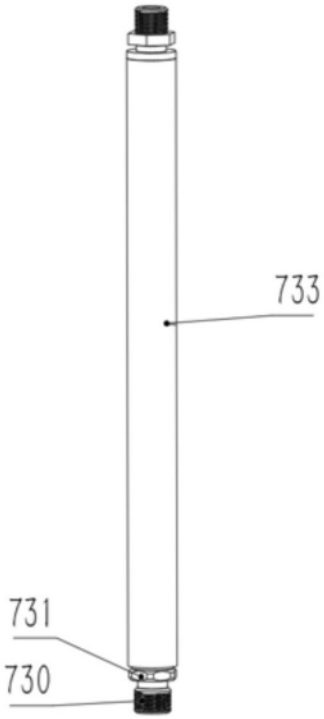


图10b

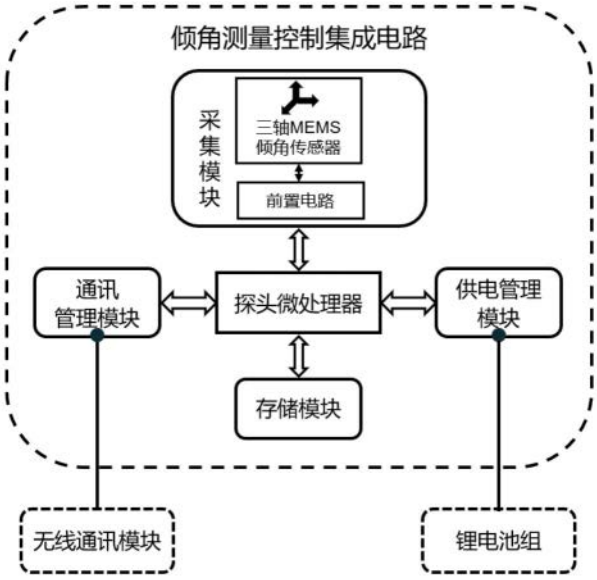

倾角测量控制集成电路
采集模块
三轴MEMS倾角传感器
前置电路
通讯管理模块
探头微处理器
供电管理模块
存储模块
无线通讯模块
锂电池组

图11


电磁感应
外部供电设备
电缆
感应发射线圈
感应接收线圈
电缆
充电管理器
电缆
电池组

图12

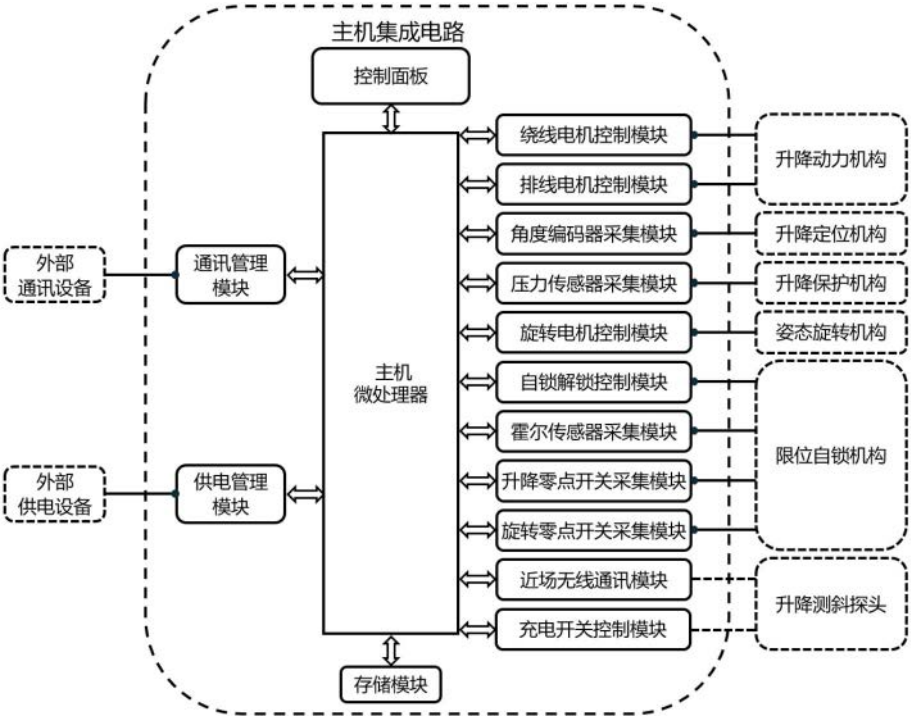

主机集成电路
控制面板
绕线电机控制模块
排线电机控制模块
角度编码器采集模块
压力传感器采集模块
旋转电机控制模块
自锁解锁控制模块
霍尔传感器采集模块
升降零点开关采集模块
旋转零点开关采集模块
近场无线通讯模块
充电开关控制模块
升降动力机构
升降定位机构
升降保护机构
姿态旋转机构
限位自锁机构
升降测斜探头
外部通讯设备
通讯管理模块
外部供电设备
供电管理模块
主机微处理器
存储模块

图13