



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113720510 B

(45) 授权公告日 2022.07.19

(21) 申请号 202110974217.2

CN 210464787 U, 2020.05.05

(22) 申请日 2021.08.24

CN 111914373 A, 2020.11.10

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 110146209 A, 2019.08.20

申请公布号 CN 113720510 A

CN 212030788 U, 2020.11.27

CN 206862755 U, 2018.01.09

(43) 申请公布日 2021.11.30

US 2020182718 A1, 2020.06.11

(73) 专利权人 中国地质大学(武汉)

审查员 杨彬

地址 430000 湖北省武汉市洪山区鲁磨路
388号

(72) 发明人 张云龙 张鹏 马保松 曾聪
冯鑫

(51) Int. Cl.

G01L 5/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 110006569 A, 2019.07.12

CN 109084921 A, 2018.12.25

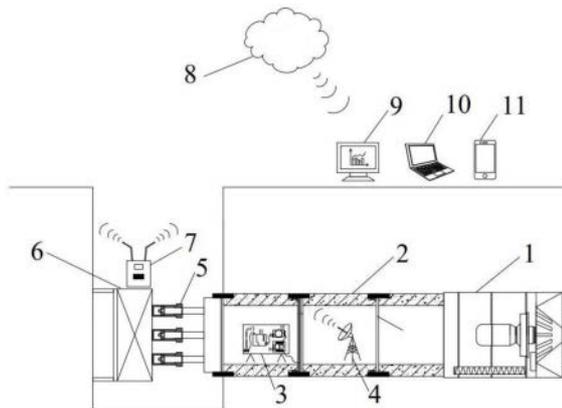
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于薄膜压力传感器的顶管管周摩阻力智能测量方法

(57) 摘要

本发明公开一种基于薄膜压力传感器的顶管管周摩阻力智能测量方法,包括如下步骤:对多个薄膜压力传感器进行标定试验,获得每一薄膜压力传感器的电压-压力标定函数文件;选取监测管节,将每一标定后的薄膜压力传感器分别贴附设置在监测管节的承口端的木垫板上;每一监测管节下放并完全顶进后,将薄膜传感器与数据采集箱通过导线相连;云平台服务器返回数字信号至云平台监控软件上,调用每一薄膜压力传感器的电压-压力标定函数文件实时拟合并呈现压力数据;两薄膜压力传感器所在监测管节之间区域管节的管周摩阻力为两薄膜压力传感器所测压力值之差。该方法能够实现顶管工程中全段地埋管节管周摩阻力的智能测量,更为直接且更为准确。



1.一种基于薄膜压力传感器的顶管管周摩阻力智能测量方法,其特征在于:包括如下步骤:

S1、对多个薄膜压力传感器进行标定试验,获得每一薄膜压力传感器的电压-压力标定函数文件;

S2、使用标定后的薄膜压力传感器进行顶管管周摩阻力测量,顶管管周摩阻力测量基于数据采集箱、信号接收器、云平台服务器和工业控制机进行,数据采集箱内设有通过导线依次相连的电阻转电压模块、电压数据采集卡、信号采集模块和信号发射天线,工业控制机内配置云平台监控软件,顶管管周摩阻力测量包括如下步骤:

S2.1、选取监测管节,每一监测管节下放至工作始发井之前,将步骤 S1 标定后的薄膜压力传感器贴附设置在该管节的承口端的木垫板上,使薄膜压力传感器覆盖整个承口端面;

S2.2、在顶管施工过程中,将数据采集箱和信号接收器设置在地埋管节中,将数据采集箱、信号接收器、云平台服务器和工业控制机依次无线连接,每一监测管节下放并完全顶进后,将该监测管节的承口端之中的薄膜压力传感器与数据采集箱通过导线相连,并通电工作;薄膜压力传感器输出的电阻信号经过电阻转电压模块输出为电压信号并由电压数据采集卡整合处理,最后由信号采集模块将电压数据转换为无线数字信号并由信号发射天线向外发射,经信号接收器传输至云平台服务器;

S2.3、在工业控制机中启动云平台监控软件,云平台服务器返回数字信号至监控软件上,调用薄膜压力传感器的电压-压力标定函数文件实时拟合并呈现压力数据在工业控制机的界面上;

S2.4、不同位置管节的管周摩阻力计算:两薄膜压力传感器所在监测管节之间区域管节的管周摩阻力为两薄膜压力传感器所测压力值之差。

2.根据权利要求1所述的一种基于薄膜压力传感器的顶管管周摩阻力智能测量方法,其特征在于:所述标定试验基于竖向加载仪、设置在竖向加载仪上的张拉压力传感器以及通过导线依次相连的电阻转电压模块、电压数据采集卡和工业控制机进行,标定试验包括如下步骤:

S1.1、制作两块混凝土底板,制作混凝土底板的水泥与制作顶管工程所用管节的水泥相同,混凝土底板的面积与需要标定的薄膜压力传感器一致,混凝土底板的厚度大于10cm;

S1.2、选取顶管工程所用木垫板一块,木垫板的面积与需要标定的薄膜压力传感器一致;

S1.3、选取橡胶垫板两块,橡胶垫板的面积与需要标定的薄膜压力传感器一致,橡胶垫板的厚度为1-2mm;

S1.4、放置一块混凝土板底板在平整的桌面上,然后依次将一块橡胶垫、薄膜压力传感器、另一块橡胶垫、木垫板放置在该混凝土底板上,最后放置另一块混凝土底板,混凝土底板、橡胶垫、薄膜压力传感器、木垫板均平齐,并将需要标定的薄膜压力传感器通过导线与电阻转电压模块相连;

S1.5、采用竖向加载仪向混凝土底板正上方施加额定荷载,通过竖向加载仪上的张拉压力传感器控制荷载大小,初始荷载为薄膜压力传感器最大量程对应的压力值;

S1.6、施加额定荷载后观察工业控制机的输出值,基本稳定时读取对应的电压值,得到

混凝土底板夹持下薄膜压力传感器在该额定荷载的电压值；

S1.7、分级减载至下一额定荷载,并重复步骤S1.6；

S1.8、减载至0N后,保存并拟合标定数据,存储为电压-压力标定函数文件。

3.根据权利要求2所述的一种基于薄膜压力传感器的顶管管周摩阻力智能测量方法,其特征在于:步骤S1.7中,减载幅度应小于0.2倍初始荷载以得到更多拟合点。

4.根据权利要求2或3一种基于薄膜压力传感器的顶管管周摩阻力智能测量方法,其特征在于:标定试验完成后,将两块橡胶垫板平齐贴附固定至薄膜压力传感器前后两面。

5.根据权利要求1所述的一种基于薄膜压力传感器的顶管管周摩阻力智能测量方法,其特征在于:在始发工作井的后背墙上设置信号强度增益器,将信号强度增益器与信号接收器和云平台服务器均无线连接,从而将信号接收器的信号远程传输至云平台服务器。

6.根据权利要求1述的一种基于薄膜压力传感器的顶管管周摩阻力智能测量方法,其特征在于:选用的每一薄膜压力传感器均为阵列多点式。

7.根据权利要求6的一种基于薄膜压力传感器的顶管管周摩阻力智能测量方法,其特征在于:选用的每一薄膜压力传感器的量程大于始发工作井内液压油缸所提供的最大应力。

一种基于薄膜压力传感器的顶管管周摩阻力智能测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及顶管非开挖工程技术领域,尤其涉及一种基于薄膜压力传感器的顶管管周摩阻力智能测量方法,适用于实时监测圆形和矩形顶管施工中管周摩阻力。

背景技术

[0002] 相比明挖和盾构施工,顶管非开挖技术因其环境扰动小、施工效率高、成本低、施工场地小、整洁卫生等优势,避免了地下管网、行车通道、综合管廊及地铁隧道等地下工程施工过程中对城市已有建(构)筑物和道路交通的破坏,在地下空间开发工程中运用越来越广泛。

[0003] 顶管非开挖技术是通过顶管掘进机切削前方土体,并在始发工作井采用液压油缸对管节施加顶力,将掘进机和管节按设计线路顶进土层。顶进力过大将造成开挖面欠挖、地表隆起、管节受损和油缸成本增加,顶进力过小将造成开挖面超挖、地表塌陷、管节无法前进,因此合理设定液压油缸的顶进力参数是顶管顺利施工最关键的因素。

[0004] 顶进力主要用以克服掘进机头的迎面阻力和管节外壁与土体的摩擦阻力,其中,迎面阻力通过太沙基土压力及开挖面支护力的相关理论模型可较为准确的预估,且占总顶力比例很小,因此准确预测顶进力的关键在于管周摩阻力的计算。

[0005] 由于管周摩阻力无法直接测量,目前国内外学者基于数值模拟、现场监测和室内试验等手段对注浆前后的管周土压力和摩擦系数变化规律分别开展研究,以此间接的计算管周摩阻力。然而,顶管施工时管周会注入润滑泥浆,整个顶程内不同位置的管节受力情况和润滑效果也不尽相同,管周摩阻力实际是管节-土-泥浆相互作用下极其复杂的接触界面力学问题。以往的研究方法无法区别不同位置和工况下管节之间摩阻力的差异性,求得的是整个顶程的平均摩阻力,诸多案例表明这种间接计算的摩阻力与实际情况偏差极大,导致目前相关规范标准和研究理论无法准确的预测顶进力。

[0006] 近几年顶管工程呈现出断面尺寸更大、顶进距离更长的趋势,这造成管周摩阻力在顶进力的占比更大,因此准确且直接的测量管周摩阻力对行业发展和科学研究具有极其重要的意义。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于针对已有的技术现状,提供一种基于薄膜压力传感器的顶管管周摩阻力智能测量方法,该方法能够实现顶管工程中全段地埋管节管周摩阻力的智能测量,更为直接且更为准确

[0008] 为达到上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0009] 一种基于薄膜压力传感器的顶管管周摩阻力智能测量方法,包括如下步骤:

[0010] S1、对多个薄膜压力传感器进行标定试验,获得每一薄膜压力传感器的电压-压力标定函数文件;

[0011] S2、使用标定后的薄膜压力传感器进行顶管管周摩阻力测量,顶管管周摩阻力测

量基于数据采集箱、信号接收器、云平台服务器和工业控制机进行,数据采集箱内设有通过导线依次相连的电阻转电压模块、电压数据采集卡、信号采集模块和信号发射天线,工业控制机内配置云平台监控软件,顶管管周摩阻力测量包括如下步骤:

[0012] S2.1、选取监测管节,每一监测管节下放至工作始发井之前,将其一标定后的薄膜压力传感器贴附设置在该管节的承口端的木垫板上,使薄膜压力传感器覆盖整个承口端面;

[0013] S2.2、在顶管施工过程中,将数据采集箱和信号接收器设置在地埋管节中,将数据采集箱、信号接收器、云平台服务器和工业控制机依次无线连接,每一监测管节下放并完全顶进后,将该监测管节的承口端之中的薄膜传感器与数据采集箱通过导线相连,并通电工作;薄膜压力传感器输出的电阻信号经过电阻转电压模块输出为电压信号并由电压数据采集卡整合处理,最后由信号采集模块将电压数据转换为无线数字信号并由信号发射天线向外发射,经信号接收器传输至云平台服务器;

[0014] S2.3、在工业控制机中启动云平台监控软件,云平台服务器返回数字信号至监控软件上,调用薄膜压力传感器的电压-压力标定函数文件实时拟合并呈现压力数据在工业控制机的界面上;

[0015] S2.4、置管节的管周摩阻力计算:两薄膜压力传感器所在监测管节之间区域管节的管周摩阻力为两薄膜压力传感器所测压力值之差。

[0016] 进一步的,验基于竖向加载仪、设置在竖向加载仪上的张拉压力传感器以及通过导线依次相连的电阻转电压模块、电压数据采集卡和工业控制机进行,标定试验包括如下步骤:

[0017] S1.1、制作两块混凝土底板,制作混凝土底板的水泥与制作顶管工程所用管节的水泥相同,混凝土底板的面积与需要标定的薄膜压力传感器一致,混凝土底板的厚度大于10cm;

[0018] S1.2、选取顶管工程所用木垫板一块,木垫板的面积与需要标定的薄膜压力传感器一致;

[0019] S1.3、选取橡胶垫板两块,橡胶垫板的面积与需要标定的薄膜压力传感器一致,橡胶垫板的厚度为1-2mm;

[0020] S1.4、放置一块混凝土板底板在平整的桌面上,然后依次将一块橡胶垫、薄膜压力传感器、另一块橡胶垫、木垫板放置在该混凝土底板上,最后放置另一块混凝土底板,混凝土板底板、橡胶垫、薄膜压力传感器、木垫板均平齐,并将需要标定的薄膜压力传感器通过导线与电阻转电压模块相连;

[0021] S1.5、采用竖向加载仪向混凝土底板正上方施加额定荷载,通过竖向加载仪上的张拉压力传感器控制荷载大小,初始荷载为薄膜压力传感器最大量程对应的压力值;

[0022] S1.6、施加额定荷载后观察工业控制机的输出值,基本稳定时读取对应的电压值,得到混凝土底板夹持下薄膜压力传感器在该额定荷载的电压值;

[0023] S1.7、分级减载至下一额定荷载,并重复步骤S1.6;

[0024] S1.8、减载至0N后,保存并拟合标定数据,存储为电压-压力标定函数文件。

[0025] 进一步的,步骤S1.7中,减载幅度应小于0.2倍初始荷载以得到更多拟合点。

[0026] 进一步的,标定试验完成后,将两块橡胶垫板平齐贴附固定至薄膜压力传感器前

后两面。

[0027] 进一步的,在始发工作井的后背墙上设置信号强度增益器,将信号强度增益器与信号接收器和云平台服务器均无线连接,从而将信号接收器的信号远程传输至云平台服务器。

[0028] 进一步的,选用的每一薄膜压力传感器均为阵列多点式。

[0029] 进一步的,选用的每一薄膜压力传感器的量程大于始发工作井内液压油缸所提供的最大应力。

[0030] 本发明的有益效果为:

[0031] 1、薄膜压力传感器安装于管节接口端面处不会干扰管节之间的顶力传递,同时薄膜压力传感器感应点密度大,合理布置后可监测到管节全截面的压力变化,有利于更全面揭示管节受力特征;

[0032] 2、通过两监测管节接口端面顶力之差直接获得不同位置管节的摩阻力,突破以往通过分别测量管周压力和摩擦系数间接求取平均摩阻力的研究思路,避免了选取计算参数带来的误差,实现了顶程内局部区域管周摩阻力的监测;

[0033] 3、考虑到所有管节都是通过前后承插口传递液压油缸顶力的,本发明在承压端面布置压力传感器,直接反映顶进压力,排除了其余变量(弹性模量、仪器安装偏差、传力路径等)的干扰;

[0034] 4、本发明采用物联网云平台技术,将数字信号直接发送至地面工业控制机或PC端或手机端,顶进过程中操作人员无需进入管内即可实时监控摩阻力变化,方便及时采取注浆措施,提高施工监测效率,同时保证安全。

附图说明

[0035] 图1为本发明智能测量系统的连接结构示意图;

[0036] 图2为本发明薄膜压力传感器安装至管节中的拆分结构示意图;

[0037] 图3为本发明数据采集箱的连接结构示意图;

[0038] 图4为本发明标定试验所用仪器和元件的连接结构示意图。

[0039] 标注说明:1、顶管掘进机,2、监测管节,3、数据采集箱,4、信号接收器,5、液压油缸,6、后背墙,7、信号强度增益器,8、云平台服务器,9、工业控制机,10、PC端,11、手机端,12、承口端,13、插口端,14、木垫板,15、橡胶垫片,16、薄膜压力传感器,17、电阻转电压模块,18、电压数据采集卡,19、信号采集模块,20、信号发射天线,21、竖向加载仪,22、张拉压力传感器,23、混凝土底板。

具体实施方式

[0040] 下面结合附图对本发明作进一步说明。

[0041] 请参阅图1-4所示,一种基于薄膜压力传感器的顶管管周摩阻力智能测量方法,包括如下步骤:

[0042] S1、对多个薄膜压力传感器16进行标定试验,获得每一薄膜压力传感器16的电压-压力标定函数文件;

[0043] 其中,选用的每一薄膜压力传感器16均为阵列多点式,即一定面积的薄膜内包含

多个压力感应点；

[0044] 所述标定试验基于竖向加载仪21、设置在竖向加载仪21上的张拉压力传感器22以及通过导线依次相连的电阻转电压模块17、电压数据采集卡18和工业控制机9进行，标定试验包括如下步骤：

[0045] S1.1、制作两块混凝土底板23，制作混凝土底板23的水泥与制作顶管工程所用管节的水泥相同，混凝土底板23的面积与需要标定的薄膜压力传感器16一致，混凝土底板23的厚度大于10cm；一般的，浇注成型的混凝土管节的强度为C50；

[0046] S1.2、选取顶管工程所用木垫板14一块，木垫板14的面积与需要标定的薄膜压力传感器16一致；一般的，顶管施工现场所用木垫板14为三合板；

[0047] S1.3、选取橡胶垫板15两块，橡胶垫板15的面积与需要标定的薄膜压力传感器16一致，橡胶垫板15的厚度为1-2mm；

[0048] S1.4、放置一块混凝土板底板23在平整的桌面上，然后依次将一块橡胶垫15、薄膜压力传感器16、另一块橡胶垫15、木垫板14放置在该混凝土底板23上，最后放置另一块混凝土底板23，混凝土板底板23、橡胶垫15、薄膜压力传感器16、木垫板14均平齐，并将需要标定的薄膜压力传感器16通过导线与电阻转电压模块17相连；

[0049] S1.5、采用竖向加载仪21向混凝土底板23正上方施加额定荷载，通过竖向加载仪21上的张拉压力传感器22控制荷载大小，初始荷载为薄膜压力传感器16最大量程对应的压力值；

[0050] S1.6、施加额定荷载后观察工业控制机9的输出值，施加基本稳定时读取对应的电压值，得到混凝土底板23夹持下薄膜压力传感器16在该额定荷载的电压值；一般的，施加额定荷载30S后再读取电压值；

[0051] S1.7、分级减载至下一额定荷载，减载幅度应小于0.2倍初始荷载以得到更多拟合点，并重复步骤S1.6；

[0052] S1.8、减载至0N后，保存并拟合标定数据，存储为电压-压力标定函数文件。

[0053] 标定试验完成后，将两块橡胶垫板15平齐贴附固定至薄膜压力传感器16前后两面；

[0054] S2、使用标定后的薄膜压力传感器16进行顶管管周摩阻力测量，顶管管周摩阻力测量基于数据采集箱3、信号接收器4、云平台服务器8和工业控制机9进行，数据采集箱3内设有通过导线依次相连的电阻转电压模块17、电压数据采集卡18、信号采集模块19和信号发射天线20，工业控制机9内配置云平台监控软件，顶管管周摩阻力测量包括如下步骤：

[0055] S2.1、选取监测管节2，监测管节2根据顶管工程实际情况所选取，理想状况下，顶管工程使用的全部管节都可以作为监测管节2，每一监测管节2下放至工作始发井之前，将其一标定后的薄膜压力传感器16贴附设置在该管节的承口端12的木垫板14上，使薄膜压力传感器覆16盖整个承口端12端面；

[0056] S2.2、在顶管施工过程中，将数据采集箱3和信号接收器4设置在地埋管节中，将数据采集箱3、信号接收器4、云平台服务器8和工业控制机9依次无线连接，每一监测管节2下放并完全顶进后（在液压油缸5与顶管掘进机1的配合作用下），将该监测管节2的承口端12之中的薄膜传感器16与数据采集箱3通过导线相连，并通电工作；薄膜压力传感器16输出的电阻信号经过电阻转电压模块17输出为电压信号并由电压数据采集卡18整合处理，最后由

信号采集模块19将电压数据转换为无线数字信号并由信号发射天线20向外发射,经信号接收器4传输至云台服务器8(信号采集模块19和云平台服务器8在测量系统中的作用是搭建物联网以实现信号无线传输);

[0057] 其中,薄膜压力传感器16前后两面均设有与其等面积的橡胶垫片15,每一监测管节2下放并完全顶进后,橡胶垫片15可以保证所有传感器感应点能同时与监测管节2的承口端12和后一管节的插口端13接触,防止因承插接口局部出现空隙或局部不平整而接触不良,导致无法采集整个端面传递的顶力;

[0058] 其中,选用的每一薄膜压力传感器16的量程大于始发工作井内液压油缸5所提供的最大应力,因不同顶管工程的管节尺寸存在差异,选取量程时应按实际情况确定;

[0059] S2.3、在工业控制机9中启动云平台监控软件,云平台服务器8返回数字信号至监控软件上,调用薄膜压力传感器16的电压-压力标定函数文件实时拟合并呈现压力数据在工业控制机9的界面上

[0060] 其中,工业控制机9可实时连续工作,考虑了顶管长时间施工且中途不间断的特点,云平台服务器8还可连接PC端10和手机端11,用于远程观测;

[0061] S2.4不同位置管节的管周摩阻力计算:两薄膜压力传感器16所在监测管节2之间区域管节的管周摩阻力为两薄膜压力传感器16所测压力值之差。

[0062] 上述技术方案,在始发工作井的后背墙6上设置信号强度增益器7,将信号强度增益器7与信号接收器4和云平台服务器8均无线连接,从而将信号接收器4的信号远程传输至云平台服务器8。

[0063] 数据采集箱3设置在埋地管节中会随顶进施工而向前移动,信号接收器4接收到信号发射天线20发射的数字信号后将信号放大增强并再次发射,但信号接收器4的发射距离有限,地面很难直接接收信号,因此在距离数据采集箱3一定距离处设置信号接收器4,在始发工作井的后背墙6上设置信号强度增益器7,三者通过无线连接,无需接线,信号强度增益器7收到信号接收器4的信号后将其远程传输至云平台服务器8。

[0064] 管周摩阻力是随注浆节点、泥浆消散、顶进距离等持续变化的,需记录好各节点时间,以助于分析管节整个顶进过程的摩阻力变化规律。

[0065] 为了测得不同位置管节的管周摩阻力,应尽量布置多个监测管节2,监测管节2越多,区域管节的管周摩阻力测量越精准。

[0066] 薄膜压力传感器16、数据采集箱3、信号强度增益器7、信号接收器4均采用充电锂电池供电,以保证停机断电时继续监测,同时,锂电池外接三级配电箱进行充电。

[0067] 综上所述,本发明的优点如下:

[0068] 1、传统压力传感器最小厚度达10mm,且仅能反映极小面积范围的压力变化,而薄膜压力传感器16厚度仅0.2mm,安装于管节接口端面处不会干扰管节之间的顶力传递,同时薄膜压力传感器16感应点密度大,合理布置后可监测到管节全截面的压力变化,有利于更全面揭示管节受力特征;

[0069] 2、通过两监测管节2接口端面顶力之差直接获得不同位置管节的摩阻力,突破以往通过分别测量管周压力和摩擦系数间接求取平均摩阻力的研究思路,避免了选取计算参数带来的误差,实现了顶程内局部区域管周摩阻力的监测;

[0070] 3、通过浇筑管节时在钢筋笼内安装钢筋应变计,或者在管节内壁轴向安装光纤应

变传感器,是可以想到的两种测量差异顶进力进而得到管周摩阻力的方法,但前一种预置在管内的方法测得的是管节内部结构变形和内力,后一种测得的是管节内壁表面的结构应变。两种办法都面临两个问题,首先传感器受力路径与顶力实际传递路径不一致,其次无法得知钢筋混凝土管节的弹性模量,并且压力作用下不同变形阶段的弹性模量是持续变化的,从而无法换算为应力,可以认为这两种依然是间接测量摩阻力的办法。考虑到所有管节都是通过前后承插口传递液压油缸5顶力的,本发明在承压端面布置压力传感器,直接反映顶进压力,排除了其余变量(弹性模量、仪器安装偏差、传力路径等)的干扰;

[0071] 4、以往岩土工程监测手段都需待数据全部采集完后再导出至PC端10进行后处理,本发明采用物联网云平台技术,将数字信号直接发送至地面工业控制机9或PC端10或手机端11,顶进过程中操作人员无需进入管内即可实时监控摩阻力变化,方便及时采取注浆措施,提高施工监测效率,同时保证安全。

[0072] 本发明通过实时监测圆形和矩形顶管施工中的管周摩阻力,可以在现场施工中提供摩阻力评判指标,为分段注浆、设定油缸参数等工艺做出科学指导,同时适用于顶进力计算、管节结构评估、管节界面力学等课题研究。

[0073] 当然,以上仅为本发明较佳实施方式,并非以此限定本发明的使用范围,故,凡是在本发明原理上做等效改变均应包含在本发明的保护范围内。

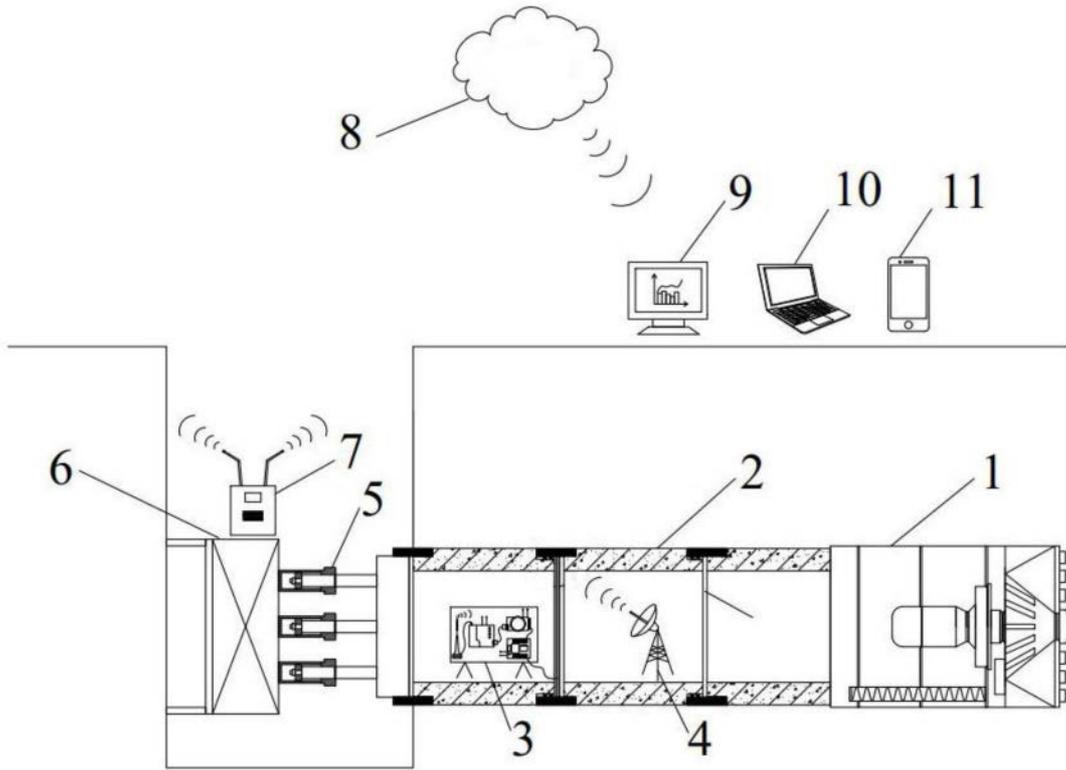


图1

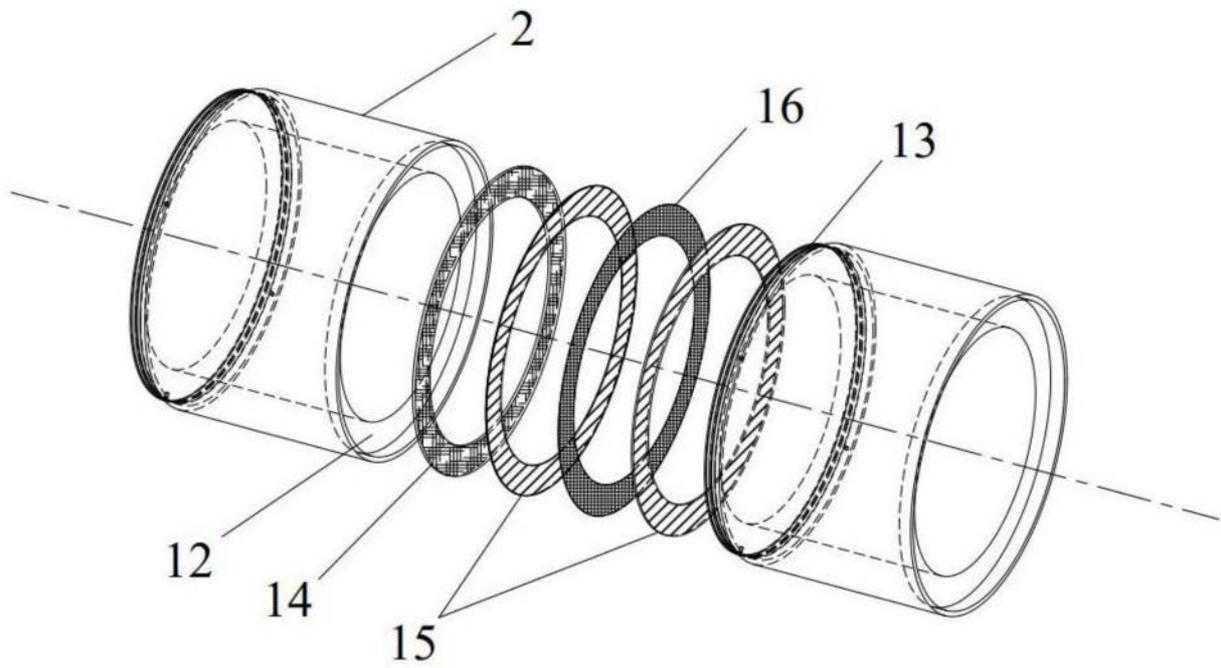


图2

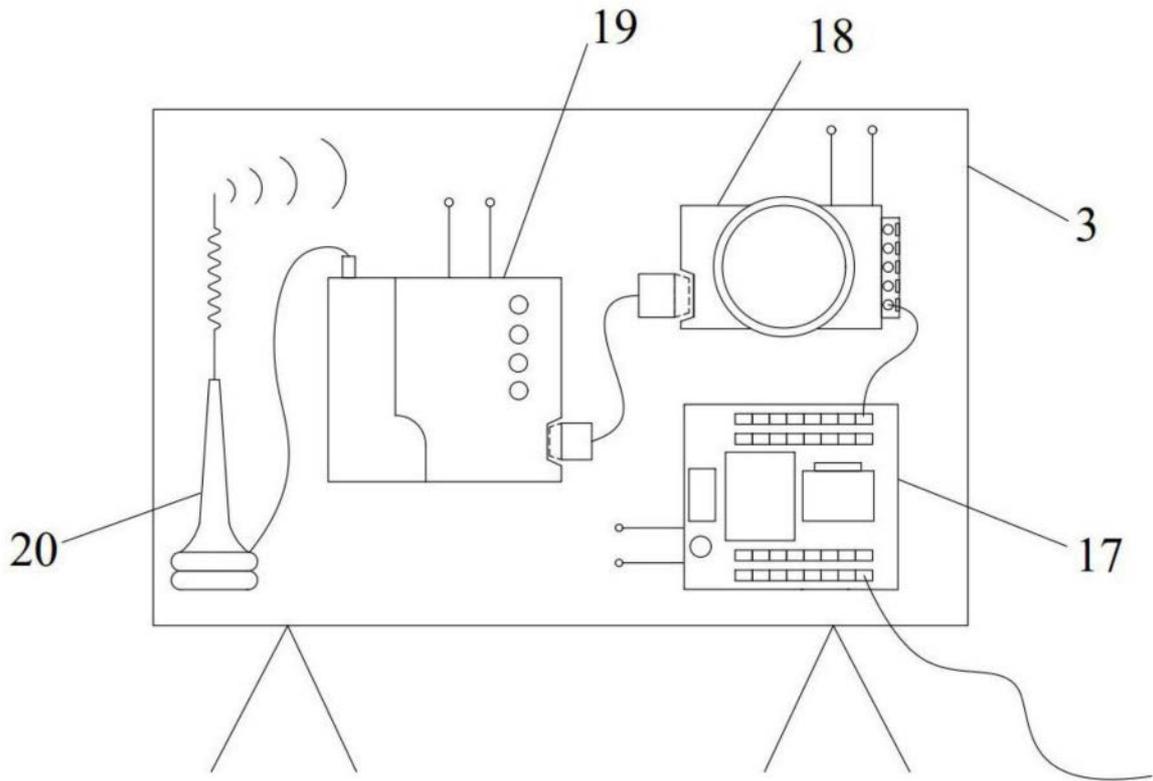


图3

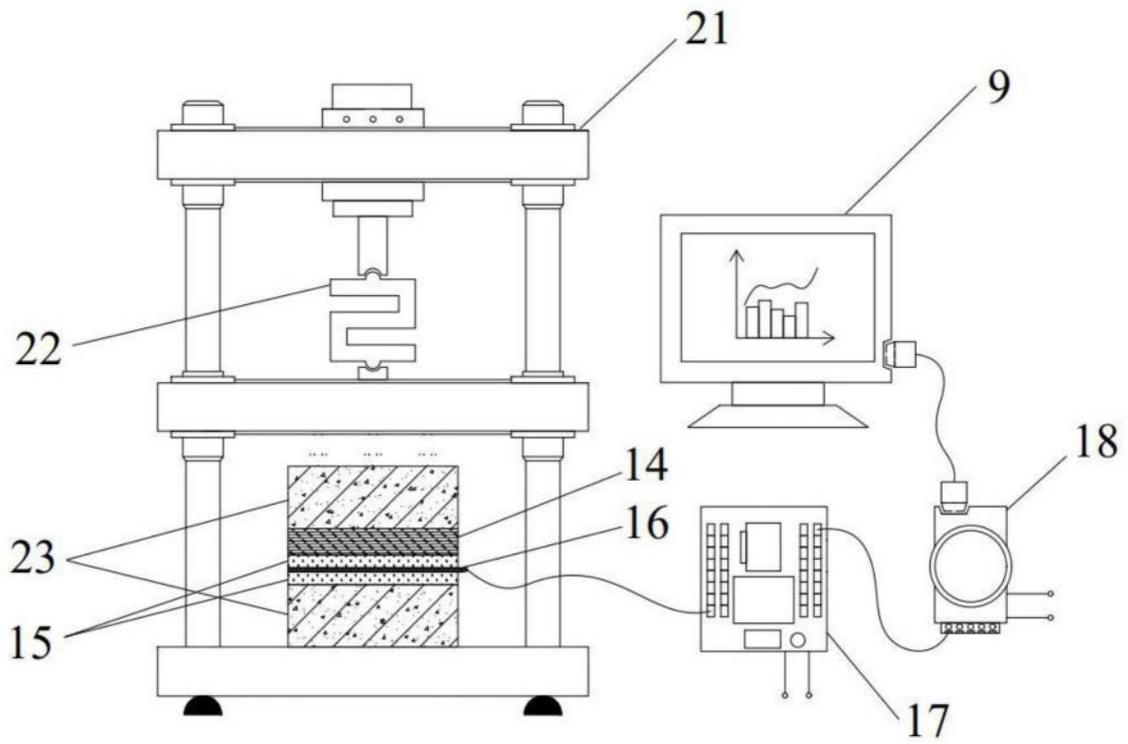


图4