

(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利说明书

(10) 申请公布号 CN 104296721 A

(43) 申请公布日 2015.01.21

---

(21) 申请号 CN201410609115.0

(22) 申请日 2014.11.01

(71) 申请人 机械工业勘察设计研究院

地址 710043 陕西省西安市咸宁中路 51 号

(72) 发明人 于永堂 张继文 郑建国 刘争宏 张炜 杜伟飞 李攀 刘智 羊群芳 戚长军

(74) 专利代理机构 西安创知专利事务所

代理人 刘崇义

(51) Int. CI

G01C5/04

权利要求说明书 说明书 幅图

---

(54) 发明名称

基于卫星定位与静力水准测量的分层沉降监测系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于卫星定位与静力水准测量的分层沉降监测系统及方法，该系统包括基准站、布设在沉降监测区的监测站和与监测站进行通信的监测中心，基准站与监测站进行通信；监测站包括观测墩、安装在观测墩上的第二北斗卫星信号接收机、数据传输单元、多个分层

沉降标和静力水准系统，静力水准系统包括多个静力水准仪，每个分层沉降标上均安装有一个静力水准仪，多个静力水准仪中包括一个布设在观测墩上的静力水准仪；该方法包括步骤：一、监测系统设置；二、数据采集与传输；三、数据处理与分析。本发明能有效解决静力水准测量时非稳定工作基点的校测与修正问题，实现了对地质体分层沉降变形的长期、远程和实时监测。

法律状态

法律状态公告日

法律状态信息

法律状态

# 权利要求说明书

1.一种基于卫星定位与静力水准测量的分层沉降监测系统,其特征在于:包括布设在地面上的基准站、布设在沉降监测区的监测站和以无线通信方式与所述监测站进行通信的监测中心,所述基准站与所述监测站之间以无线通信方式进行通信;

所述基准站为北斗卫星地面基站,且其包括第一北斗卫星信号接收机(1-1)和与第一北斗卫星信号接收机(1-1)相接的第一无线通信设备(1-2);

所述监测站包括第二北斗卫星信号接收机(2-1)、数据传输单元(2-4)、第二无线通信设备(2-6)、多个分别埋设在所述沉降监测区内的分层沉降标(2-2)和对所述沉降监测区进行分层沉降监测的静力水准系统,所述静力水准系统包括多个静力水准仪(2-3),每个所述分层沉降标(2-2)上均安装有一个静力水准仪(2-3)多个所述静力水准仪(2-3)均与数据采集单元(2-5)相接,所述第二北斗卫星信号接收机(2-1)和数据采集单元(2-5)均与数据传输单元(2-4)相接,所述监测站通过第二无线通信设备(2-6)和第一无线通信设备(1-2)与所述基准站进行通信;多个所述分层沉降标(2-2)的结构均相同且其埋设深度均不相同,多个所述分层沉降标(2-2)均呈竖直向布设,所述沉降监测区内设置有多个分别供多个所述分层沉降标(2-2)安装的钻孔(5)所述分层沉降标(2-2)包括将监测地层处的沉降量引至地面上测量的引测标杆(2-21)和多个安装在引测标杆(2-21)上的标杆扶正器(2-22)多个所述标杆扶正器(2-22)由上至下安装在引测标杆(2-21)上;

所述监测站还包括布设在所述沉降监测区内的观测墩(2-7)所述观测墩(2-7)呈竖直向布设;所述分层沉降标(2-2)的数量为M个,其中M为正整数且 $M \geq 2$ ;所述静力水准仪(2-3)的数量为M+1个,M+1个所述静力水准仪(2-3)包括一个布设在观测墩(2-7)上的静力水准仪(2-3)和M个分别布设在M个所述分层沉降标(2-2)上的静力水准仪(2-3)所述第二北斗卫星信号接收机(2-1)安装在观测墩(2-7)上;所述观测墩(2-7)所处位置为所述静力水准系统的基准点,M个所述分层沉降标(2-2)所处位置分别为所述静力水准系统的M个监测点;

所述监测中心包括对所述监测站所传送数据进行接收、存储与处理的服务器(3-1),所述第二北斗卫星信号接收机(2-1)和数据采集单元(2-5)均通过数据传输单元(2-4)与服务器(3-1)进行通信。

2.按照权利要求 1 所述的基于卫星定位与静力水准测量的分层沉降监测系统,其特征  
在于:所述监测站的数量为一个或多个;所述第一北斗卫星信号接收机(1-1) 第二北  
斗卫星信号接收机(2-1和所述监测中心组成北斗卫星定位系统,所述第一北斗卫星  
信号接收机(1-1和第二北斗卫星信号接收机(2-1均为双频接收机;所述基准墩(1-3)  
呈竖直向布设,所述基准墩(1-3)固定在支撑基础(1-6)上,所述支撑基础(1-6)上安装有  
第一避雷针(1-4)所述基准墩(1-3)和观测墩(2-7)均为混凝土现浇墩;所述第一无线通  
信设备(1-2)为无线信号发射设备,所述第二无线通信设备(2-6)为无线信号接收设备,  
所述数据传输单元(2-4)为 GPRS 无线通信模块,所述服务器(3-1)为带有固定 IP 地址  
的服务器。

3.按照权利要求 1 或 2 所述的基于卫星定位与静力水准测量的分层沉降监测系统 ,其  
特征在于:M+1 个所述静力水准仪(2-3)的结构均相同;所述静力水准仪(2-3)包括储液  
罐(2-31) 对储液罐(2-31)内液位高度进行实时检测的液位检测单元、安装在储液罐  
(2-31)上部的气体连通管(2-32)和安装在储液罐(2-31)底部的液体连通管(2-33)所述  
液体连通管(2-33)和气体连通管(2-32)均与储液罐(2-31)内部连通;M+1 个所述静力水  
准仪(2-3)的储液罐(2-31)均通过液体连通管(2-33)和气体连通管(2-32)相互连通,布设  
在 M 个所述监测点上的静力水准仪(2-3)为监测点静力水准仪。

4.按照权利要求 3 所述的基于卫星定位与静力水准测量的分层沉降监测系统,其特征  
在于:所述分层沉降标(2-2)还包括安装在引测标杆(2-21)正下方的标底(2-23)所述引  
测标杆(2-21)呈竖直向布设,所述标底(2-23)呈水平向布设;所述监测点静力水准仪的  
储液罐(2-31)水平安装在引测标杆(2-21)的正上方;M 个所述分层沉降标(2-2)的标底  
(2-23)分别位于所述沉降监测区内 M 个不同深度的待监测土层(4)上;  
所述分层沉降标(2-2)还包括套装在引测标杆(2-21)外侧的保护套管(2-24)所述保护  
套管(2-24)与引测标杆(2-21)呈同轴布设;多个所述标杆扶正器(2-22)均套装于引测标  
杆(2-21)与保护套管(2-24)之间;安装在引测标杆(2-21)正上方的储液罐(2-31)与保护  
套管(2-24)呈同轴布设。

5.按照权利要求 4 所述的基于卫星定位与静力水准测量的分层沉降监测系统,其特征  
在于:所述监测点静力水准仪的储液罐(2-31)外侧还同轴套装有扶正套筒(2-37)所述  
储液罐(2-31)与扶正套筒(2-37)之间由上至下设置有多个储液罐扶正器(2-36)所述储

液罐(2-31)能在扶正套筒(2-37)内进行上下移动;所述扶正套筒(2-37)位于保护套管(2-24)的正上方,所述扶正套筒(2-37)为圆柱状套筒,所述扶正套筒(2-37)的直径大于保护套管(2-24)的直径且二者之间通过变径接头(9)连接。

6.按照权利要求4所述的基于卫星定位与静力水准测量的分层沉降监测系统,其特征在于:所述标底(2-23)由水平安装在引测标杆(2-21)底端的托盘(2-231)和安装在托盘(2-231)底部的插钎(2-232)组成;所述保护套管(2-24)的底端高度高于引测标杆(2-21)的底端高度,所述保护套管(2-24)底端与引测标杆(2-21)之间设置环形密封圈(2-9);所述引测标杆(2-21)为无缝钢管;所述引测标杆(2-21)埋入地面以下的节段为引测段,当所述引测段的高度 $h \leq 50\text{m}$ 时,所述引测标杆(2-21)为等直径标杆;当所述引测段的高度 $h > 50\text{m}$ 时,所述引测标杆(2-21)由多根标杆节段由下至上拼接而成,多根所述标杆节段的直径由下至上逐渐缩小;多个所述标杆节段中位于底部的标杆节段为底部节段,所述底部节段的直径不小于 $20\text{mm}$ ;

所述保护套管(2-24)与钻孔(5)的孔壁之间设置有填充层,所述填充层包括细砂填充层(6)和位于细砂填充层(6)上方且由膨润土水泥浆灌注形成的上部填充层(7)所述上部填充层(7)的顶面与钻孔(5)的孔口相平齐且其高度为 $2\text{m} \sim 3\text{m}$ 。

7.按照权利要求5所述的基于卫星定位与静力水准测量的分层沉降监测系统,其特征在于:所述标杆扶正器(2-22)固定安装在引测标杆(2-21)上,所述储液罐扶正器(2-36)固定安装在储液罐(2-31)上;所述储液罐扶正器(2-36)和标杆扶正器(2-22)的结构相同且二者均为滚轮式扶正器,所述滚轮式扶正器包括呈水平布设的套环(6-1)和多个沿圆周方向安装在套环(6-1)外侧的滚轮(6-2)多个所述滚轮(6-2)呈均匀布设且其均呈竖直向布设,所述套环(6-1)和多个所述滚轮(6-2)均布设在同一水平面上;所述标杆扶正器(2-22)的套环(6-1)同轴固定套装在引测标杆(2-21)上,所述标杆扶正器(2-22)与保护套管(2-24)之间的间隙为 $1.5\text{mm} \sim 2.0\text{mm}$ ,上下相邻两个所述标杆扶正器(2-22)之间的间距为 $3\text{m} \sim 5\text{m}$ ;所述储液罐扶正器(2-36)的套环(6-1)同轴固定套装在储液罐(2-31)上,所述储液罐扶正器(2-36)与扶正套筒(2-37)之间的间隙为 $1.5\text{mm} \sim 2.0\text{mm}$ 。

8.一种利用如权利要求1所述系统进行分层沉降监测的方法,其特征在于该方法包括以下步骤:

步骤一、监测系统设置:对所述基准站进行布设,并在所述沉降监测区域内设置所述

监测站;

步骤二、数据采集与传输:步骤一中所述基准站的第一无线通信设备(1-2)将所述基准站所布设位置处的坐标信息和第一北斗卫星信号接收机(1-1)实时接收的北斗卫星信号同步传送至所述监测站的第二无线通信设备(2-6)与此同时,所述监测站的静力水准系统对所述沉降监测区域内基准点和各监测点的沉降监测数据进行实时监测,且所述监测站的数据传输单元(2-4)将第二无线通信设备(2-6)所接收的所述基准站所传送数据、第二北斗卫星信号接收机(2-1)实时接收的北斗卫星信号和所述静力水准系统实时监测到的沉降监测数据同步传输至所述监测中心的服务器(3-1);

步骤三、数据处理与分析:所述服务器(3-1)接收到所述监测站所传送数据后,对所接收数据同步进行处理与分析,过程如下:

步骤 301、差分定位:根据第一北斗卫星信号接收机(1-1)和第二北斗卫星信号接收机(2-1)所接收的北斗卫星信号,对各测试时刻所述沉降监测区域内的基准点的位置进行差分定位;

步骤 302、时间同步处理:对各测试时刻所接收数据进行时间同步处理;

步骤 303、M 个监测点各测试时刻的沉降量数据获取:先根据所述基准点的差分定位结果,得出各测试时刻所述基准点的沉降量数据;之后,根据步骤 302 中时间同步处理后的所述静力水准系统监测到的沉降监测数据,并结合各测试时刻所述基准点的沉降量数据,得出各测试时刻所述沉降监测区域内 M 个所述监测点的沉降量数据。

9.按照权利要求 8 所述的方法,其特征在于:步骤 302 中进行时间同步处理时,所述服务器(3-1)连接卫星授时服务器且其以北斗授时设备作为时间基准,通过内插法对第一北斗卫星信号接收机(1-1)和第二北斗卫星信号接收机(2-1)的北斗卫星信号接收时间与所述静力水准系统的沉降监测时间进行同步处理;其中,所采用的内插法为最小二乘法;

所述监测中心还包括与服务器(3-1)相接的数据分析终端(3-3)步骤 303 中获取 M 个监测点各测试时刻的沉降量数据后,所述数据分析终端(3-3)根据所获取的 M 个监测点各测试时刻的沉降量数据,绘制出各监测点的累计沉降历时曲线和沉降速率曲线,并根据绘制出的累计沉降历时曲线和沉降速率曲线进行沉降趋势预测和稳定性分析。

10.按照权利要求 8 或 9 所述的方法,其特征在于:步骤二中所述静力水准系统对所述

沉降监测区域内基准点和各监测点的沉降监测数据,为数据采集单元(2-5)所采集的M+1个所述静力水准仪(2-3)的液位高度数据;

步骤三中所述服务器(3-1)接收到的初始时刻所述监测站所传送数据为初始监测数据;

步骤303中进行沉降监测区域内各监测点的沉降量数据获取之前,服务器(3-1)先根据时间同步处理后的所述初始监测数据,获得初始时刻M个监测点上所安装静力水准仪(2-3)的液位高度数据;

步骤303中进行沉降监测区域内各监测点的沉降量数据获取时,各测试时刻M个监测点的沉降量数据获取过程均相同;对任一个测试时刻M个监测点的沉降量数据进行获取时,过程如下:

步骤3031、基准点绝对沉降量获取:根据步骤301中所述基准点的差分定位结果中的高程测量数据,得出所述基准点在此测试时刻的绝对沉降量 $H_i$

$i$

;

步骤3032、各监测点绝对沉降量获取:根据步骤302中时间同步处理后的所述静力水准系统监测到的沉降监测数据,并结合步骤3031中所述基准点的绝对沉降量 $H_i$

$i$

,计算得出所述沉降监测区内M个监测点在此测试时刻的绝对沉降量;M个所述监测点在此测试时刻的绝对沉降量计算过程均相同;

对M个监测点中第i个监测点在此测试时刻的绝对沉降量进行计算时,先根据公式

$H$

$i g$

$= (h$

$i 0$

$- h$

$i g$

$) - (h$

$f 0$

$- h$

$f g$

) (1) 计算得出此测试时刻第  $i$  个监测点相对基准点的相对沉降量  $H_{ig}$

$H_{ig}$

; 再根据公式  $H_{ic}$

$H_{ic}$

$= H_{ig}$

$+ H_{ig}$

$+ H_{ig}$

$+ H_{ig}$

(2) 计算得出第  $i$  监测点在此测试时刻的绝对沉降量  $H_{ic}$

$H_{ic}$

; 公式 (1) 中  $h_{i0}$

$h_{i0}$

为初始时刻第  $i$  个监测点上所安装静力水准仪 (2-3) 的液位高度数据,  $h_{ig}$

$h_{ig}$

为此测试时刻第  $i$  监测点上所安装静力水准仪 (2-3) 的液位高度数据,  $h_{f0}$

$h_{f0}$

为初始时刻所述基准点上所安装静力水准仪 (2-3) 的液位高度数据,  $h_{fg}$

$h_{fg}$

为此测试时刻所述基准点上所安装静力水准仪 (2-3) 的液位高度数据。

# 说明书

## <p>技术领域

本发明属于岩土工程监测技术领域,尤其是涉及一种基于卫星定位与静力水准测量的分层沉降监测系统及方法。

## 背景技术

在公路、铁路、机场、码头、堤坝等工程中,为掌握地基土的有效压缩层厚度及压缩层范围内各层土的变形特性,研究地基变形发展规律和稳定性,以及开展工程安全预警等,经常需要对土体的分层沉降进行监测。

目前,工程上对土体分层沉降常用的监测方法主要有以下两种:第一、电磁式沉降仪法:在监测场地地层中的监测位置垂直埋设套管,沿深度方向在套管外壁按照一定间距布设若干个沉降感应磁环,在管口处采用沉降探头感应并确定每个磁环的位置,并采用水准测量方法测定管口高程,计算得到磁环高程、土层沉降量和总沉降量数据;第二、分层沉降标水准观测法:在监测地层不同深度设置沉降板,沉降板与标杆连接,标杆外套护管,逐节引至地面,将钢尺架设在沉降标杆顶部,利用水准仪测量标杆高程变化,从而得到沉降板处地层沉降。其中,第一种电磁式沉降仪法,存在测量速度慢、观测误差大等问题,并且需要采用水准测量方法对管口高程进行定期校测,增加工作量;第二种分层沉降标水准观测法,需要对工作基点做闭合水准引测,且需满足监测点与工作基点的通视条件,劳动强度大、工作效率低。上述两种监测方法均无法实现远程、自动化和实时监测,在天气恶劣、工况复杂等不利条件下,无法开展现场监测工作。

北斗卫星导航系统(也称北斗卫星定位系统)是我国自主研发的一种新型、全天候、全球性卫星定位系统,并具有短报文通讯功能。北斗高精度定位技术与无线通信技术、网络通信技术以及高精度数据处理算法相结合,可应用于地质体的平面及高程

位移变形监测,实现连续、远程、自动化无线数据传递和实时数据处理。当采用动态测量方法,其观测精度最高可达厘米级;当采用静态测量方法,观测精度可提高到毫米级。目前,北斗高精度定位技术已成功应用于山体滑坡灾害、机场、堤坝和建筑地基等工程的地面沉降监测。常规的水准仪、经纬仪、测距仪、全站仪等观测方法的外业工作量大,测量工作受通视条件影响大,而北斗实时变形监测系统测站间无需通视条件,可同时快速测定监测点的三维位移变化情况,并可实现全天候自动化监测,最高可达毫米级精度,但其也存在不足之处,需要保证基准点和监测点周围无较大的遮挡物,点位选择的自由度相对较低,目前单位监测站的设备成本仍较高,限制了其在工程中的大量应用。

静力水准测量方法是利用自由流动的静止液面上各个点液面是等高的原理进行高程测量。静力水准测量系统由工作基点和监测点组成,在工作基点和各监测点处分别设置一台静力水准仪。各静力水准仪的贮液容器间用通液管连通,储液容器内注入液体,储液容器中的液体将在管道中自由流动,当液体平衡或者静止时各个容器中的液体表面将保持相同高度。当监测点处土体发生沉降时,将引起容器中液面高度发生变化,采用位移传感器测量容器内液面变化,再通过计算可求得各点相对于工作基点的相对位移量。静力水准测量系统可直接获得各监测点的差异沉降,若需要获得各测点的绝对沉降量,则需要建立一个稳定的工作基点,但实际工程常会遇到无稳定基准点的情况,如大面积填方场地、大范围滑坡体、地下采空区等,很难将工作基点建在稳定区域,此时若想获得监测点的绝对沉降量,需要在整个监测过程中通过光学水准测量方法观测工作基点的高程变化,无疑将增加工作量,降低效率,也无法实现自动化和实时监测。

## 发明内容

本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术中的不足,提供一种基于卫星定位与静力水准测量的分层沉降监测系统及方法,其方法步骤简单、实现方便且使用效果好,能有效解决静力水准测量时非稳定工作基点的校测与修正问题,实现了对地

质体分层沉降变形的长期、远程和实时监测。

为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:一种基于卫星定位与静力水准测量的分层沉降监测系统,其特征在于:包括布设在地面上的基准站、布设在沉降监测区的监测站和以无线通信方式与所述监测站进行通信的监测中心,所述基准站与所述监测站之间以无线通信方式进行通信;

所述基准站为北斗卫星地面基站,且其包括第一北斗卫星信号接收机和与第一北斗卫星信号接收机相接的第一无线通信设备;

所述监测站包括第二北斗卫星信号接收机、数据传输单元、第二无线通信设备、多个分别埋设在所述沉降监测区内的分层沉降标和对所述沉降监测区进行分层沉降监测的静力水准系统,所述静力水准系统包括多个静力水准仪,每个所述分层沉降标上均安装有一个静力水准仪,多个所述静力水准仪均与数据采集单元相接,所述第二北斗卫星信号接收机和数据采集单元均与数据传输单元相接,所述监测站通过第二无线通信设备和第一无线通信设备与所述基准站进行通信;多个所述分层沉降标的结构均相同且其埋设深度均不相同,多个所述分层沉降标均呈竖直向布设,所述沉降监测区内设置有多个分别供多个所述分层沉降标安装的钻孔;所述分层沉降标包括将监测地层处的沉降量引至地面上测量的引测标杆和多个安装在引测标杆上的标杆扶正器,多个所述标杆扶正器由上至下安装在引测标杆上;所述监测站还包括布设在所述沉降监测区内的观测墩,所述观测墩呈竖直向布设;所述分层沉降标的数量为  $M$  个,其中  $M$  为正整数且  $M \geq 2$ ;所述静力水准仪的数量为  $M+1$  个,  $M+1$  个所述静力水准仪包括一个布设在观测墩上的静力水准仪和  $M$  个分别布设在  $M$  个所述分层沉降标上的静力水准仪;所述第二北斗卫星信号接收机安装在观测墩上;所述观测墩所处位置为所述静力水准系统的基准点,  $M$  个所述分层沉降标所处位置分别为所述静力水准系统的  $M$  个监测点;

所述监测中心包括对所述监测站所传送数据进行接收、存储与处理的服务器,所述

第二北斗卫星信号接收机、第二无线通信设备和数据采集单元均通过数据传输单元与服务器进行通信。

上述基于卫星定位与静力水准测量的分层沉降监测系统,其特征是:所述监测站的数量为一个或多个;所述第一北斗卫星信号接收机、第二北斗卫星信号接收机和所述监测中心组成北斗卫星定位系统,所述第一北斗卫星信号接收机和第二北斗卫星信号接收机均为双频接收机;所述基准墩呈竖直向布设,所述基准墩固定在支撑基础上,所述支撑基础上安装有第一避雷针;所述基准墩和观测墩均为混凝土现浇墩;所述第一无线通信设备为无线信号发射设备,所述第二无线通信设备为无线信号接收设备,所述数据传输单元为 GPRS 无线通信模块,所述服务器为带有固定 IP 地址的服务器。

上述基于卫星定位与静力水准测量的分层沉降监测系统,其特征是:M+1 个所述静力水准仪的结构均相同;所述静力水准仪包括储液罐、对储液罐内液位高度进行实时检测的液位检测单元、安装在储液罐上部的气体连通管和安装在储液罐底部的液体连通管,所述液体连通管和气体连通管均与储液罐内部连通;M+1 个所述静力水准仪的储液罐均通过液体连通管和气体连通管相互连通,布设在 M 个所述监测点上的静力水准仪为监测点静力水准仪。

上述基于卫星定位与静力水准测量的分层沉降监测系统,其特征是:所述分层沉降标还包括安装在引测标杆正下方的标底,所述引测标杆呈竖直向布设,所述标底呈水平向布设;所述监测点静力水准仪的储液罐水平安装在引测标杆的正上方;M 个所述分层沉降标的标底分别位于所述沉降监测区内 M 个不同深度的待监测土层上;

所述分层沉降标还包括套装在引测标杆外侧的保护套管,所述保护套管与引测标杆呈同轴布设;多个所述标杆扶正器均套装于引测标杆与保护套管之间;安装在引测标杆正上方的储液罐与保护套管呈同轴布设。

上述基于卫星定位与静力水准测量的分层沉降监测系统,其特征是:所述监测点静力

水准仪的储液罐外侧还同轴套装有扶正套筒,所述储液罐与扶正套筒之间由上至下设置多个储液罐扶正器,所述储液罐能在扶正套筒内进行上下移动;所述扶正套筒位于保护套管的正上方,所述扶正套筒为圆柱状套筒,所述扶正套筒的直径大于保护套管的直径且二者之间通过变径接头连接。

上述基于卫星定位与静力水准测量的分层沉降监测系统,其特征是:所述标底由水平安装在引测标杆底端的托盘和安装在托盘底部的插钎组成;所述保护套管的底端高度高于引测标杆的底端高度,所述保护套管底端与引测标杆之间设置环形密封圈;

所述引测标杆为无缝钢管;所述引测标杆埋入地面以下的节段为引测段,当所述引测段的高度  $h \leq 50\text{m}$  时,所述引测标杆为等直径标杆;当所述引测段的高度  $h > 50\text{m}$  时,所述引测标杆由多根标杆节段由下至上拼接而成,多根所述标杆节段的直径由下至上逐渐缩小;多个所述标杆节段中位于底部的标杆节段为底部节段,所述底部节段的直径不小于  $20\text{mm}$ ;

所述保护套管与钻孔的孔壁之间设置有填充层,所述填充层包括细砂填充层和位于细砂填充层上方且由膨润土水泥浆灌注形成的上部填充层,所述上部填充层的顶面与钻孔的孔口相平齐且其高度为  $2\text{m} \sim 3\text{m}$ 。

上述基于卫星定位与静力水准测量的分层沉降监测系统,其特征是:所述标杆扶正器固定安装在引测标杆上,所述储液罐扶正器固定安装在储液罐上;所述储液罐扶正器和标杆扶正器的结构相同且二者均为滚轮式扶正器,所述滚轮式扶正器包括呈水平布置的套环和多个沿圆周方向安装在套环外侧的滚轮,多个所述滚轮呈均匀布置且其均呈竖直向布置,所述套环和多个所述滚轮均布置在同一水平面上;所述标杆扶正器的套环同轴固定套装在引测标杆上,所述标杆扶正器与保护套管之间的间隙为  $1.5\text{mm} \sim 2.0\text{mm}$ , 上下相邻两个所述标杆扶正器之间的间距为  $3\text{m} \sim 5\text{m}$ ; 所述储液罐扶正器的套环同轴固定套装在储液罐上,所述储液罐扶正器与扶正套筒之间的间隙为  $1.5\text{mm} \sim 2.0\text{mm}$ 。

同时,本发明还公开了一种方法步骤简单、设计合理且实现方便、监测效果好的基于卫星定位与静力水准测量的分层沉降监测方法,其特征在于该方法包括以下步骤:

步骤一、监测系统设置:对所述基准站进行布设,并在所述沉降监测区域内设置所述监测站;

步骤二、数据采集与传输:步骤一中所述基准站的第一无线通信设备,将所述基准站所布设位置处的坐标信息和第一北斗卫星信号接收机实时接收的北斗卫星信号同步传送至所述监测站的第二无线通信设备;与此同时,所述监测站的静力水准系统对所述沉降监测区域内基准点和各监测点的沉降监测数据进行实时监测,且所述监测站的数据传输单元将第二无线通信设备所接收的所述基准站所传送数据、第二北斗卫星信号接收机实时接收的北斗卫星信号和所述静力水准系统实时监测到的沉降监测数据同步传输至所述监测中心的服务器;

步骤三、数据处理与分析:所述服务器接收到所述监测站所传送数据后,对所接收数据同步进行处理与分析,过程如下:

步骤 301、差分定位:根据第一北斗卫星信号接收机和第二北斗卫星信号接收机所接收的北斗卫星信号,对各测试时刻所述沉降监测区域内的基准点的位置进行差分定位;

步骤 302、时间同步处理:对各测试时刻所接收数据进行时间同步处理;

步骤 303、M 个监测点各测试时刻的沉降量数据获取:先根据所述基准点的差分定位结果,得出各测试时刻所述基准点的沉降量数据;之后,根据步骤 302 中时间同步处理后的所述静力水准系统监测到的沉降监测数据,并结合各测试时刻所述基准点的沉降量数据,得出各测试时刻所述沉降监测区域内 M 个所述监测点的沉降量数据。

上述方法,其特征是:步骤 302 中进行时间同步处理时,所述服务器连接卫星授时服务器且其以北斗授时设备作为时间基准,通过内插法对第一北斗卫星信号接收机和第二北斗卫星信号接收机的北斗卫星信号接收时间与所述静力水准系统的沉降监测时间进行同步处理;其中,所采用的内插法为最小二乘法;

所述监测中心还包括与服务器相接的数据分析终端;步骤 303 中获取 M 个监测点各测试时刻的沉降量数据后,所述数据分析终端根据所获取的 M 个监测点各测试时刻的沉降量数据,绘制出各监测点的累计沉降历时曲线和沉降速率曲线,并根据绘制出的累计沉降历时曲线和沉降速率曲线进行沉降趋势预测和稳定性分析。

上述方法,其特征是:步骤二中所述静力水准系统对所述沉降监测区域内基准点和各监测点的沉降监测数据,为数据采集单元所采集的 M+1 个所述静力水准仪的液位高度数据;

步骤三中所述服务器接收到的初始时刻所述监测站所传送数据为初始监测数据;

步骤 303 中进行沉降监测区域内各监测点的沉降量数据获取之前,服务器先根据时间同步处理后的所述初始监测数据,获得初始时刻 M 个监测点上所安装静力水准仪的液位高度数据;

步骤 303 中进行沉降监测区域内各监测点的沉降量数据获取时,各测试时刻 M 个监测点的沉降量数据获取过程均相同;对任一个测试时刻 M 个监测点的沉降量数据进行获取时,过程如下:

步骤 3031、基准点绝对沉降量获取:根据步骤 301 中所述基准点的差分定位结果中的高程测量数据,得出所述基准点在此测试时刻的绝对沉降量 H

;

步骤 3032、各监测点绝对沉降量获取:根据步骤 302 中时间同步处理后的所述静力水准系统监测到的沉降监测数据,并结合步骤 3031 中所述基准点的绝对沉降量  $H$

$i$

,计算得出所述沉降监测区内  $M$  个监测点在此测试时刻的绝对沉降量; $M$  个所述监测点在此测试时刻的绝对沉降量计算过程均相同;

对  $M$  个监测点中第  $i$  个监测点在此测试时刻的绝对沉降量进行计算时,先根据公式  $H$

$i_g$

$= (h$

$i_0$

$-h$

$i_g$

$) - (h$

$f_0$

$-h$

$f_g$

) (1) 计算得出此测试时刻第  $i$  个监测点相对基准点的相对沉降量  $H$

$i_g$

; 再根据公式  $H$

$i_c$

$=H$

$i$

$+H$

$i_g$

(2) 计算得出第  $i$  监测点在此测试时刻的绝对沉降量  $H$

$i_c$

; 公式 (1) 中  $h$

$i_0$

为初始时刻第  $i$  个监测点上所安装静力水准仪的液位高度数据,  $h$

$i_g$

为此测试时刻第  $i$  监测点上所安装静力水准仪的液位高度数据,  $h$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/878026115033007004>