



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113484933 B

(45) 授权公告日 2023. 08. 25

(21) 申请号 202110825617.7

(22) 申请日 2021.07.21

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113484933 A

(43) 申请公布日 2021.10.08

(73) 专利权人 中煤科工集团西安研究院有限公司

地址 710077 陕西省西安市高新区锦业一路82号

(72) 发明人 樊依林 代晨昱 燕斌 赵朋朋
陈坤 刘耀波 徐晶

(74) 专利代理机构 西安恒泰知识产权代理事务所 61216
专利代理师 赵中霞

(51) Int.Cl.

G01V 13/00 (2006.01)

G01V 3/40 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2018058192 A1, 2018.03.01

CN 105804722 A, 2016.07.27

CN 107313766 A, 2017.11.03

CN 105443112 A, 2016.03.30

CN 101089574 A, 2007.12.19

CN 108593684 A, 2018.09.28

CN 110648007 A, 2020.01.03

US 2017038495 A1, 2017.02.09

审查员 贾荣峰

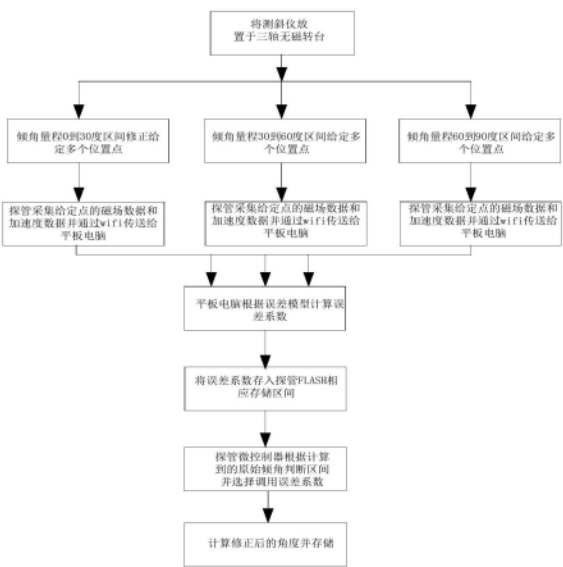
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种矿用手持式测斜仪误差动态修正方法

(57) 摘要

本发明公开一种矿用手持式测斜仪误差动态修正方法,首先将手持式测斜仪放置在三轴无磁转台上,分三个区间通过转台分别给定多个位置点;记录手持式测斜仪加速度传感器和磁传感器的输出;根据传感器测得值和理论值分别计算三个区间的误差系数;将三个区间的误差系数存入手持式测斜仪微控制器FLASH中;手持式测斜仪内部微控制器根据其内部加速度值判断待测位置点所处区间,从而调用FLASH内相应区间的误差系数,实现误差动态修正,并计算修正后的姿态角度。本发明能动态调整误差修正系数,使得在倾角和方位角整个测量量程内保持较高的测量精度。



1. 一种矿用手持式测斜仪误差动态修正方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一,将手持式测斜仪放置于三轴无磁转台,以通过三轴无磁转台给定多个位置点;手持式测斜仪内设有加速度传感器和磁传感器以测量各位置点的传感器值;

步骤二,将三轴无磁转台倾角量程划分为三个区间,并在每个区间给定多个位置点,采集每个位置点的加速度传感器的实际测量值和磁性传感器的实际测量值;

步骤三,将每个区间内的每个位置点对应的加速度传感器的实际测量值和加速度传感器理论值代入加速度传感器误差修正模型分别计算每个区间的加速度传感器误差修正系数;将每个区间内的每个位置点对应的磁传感器的实际测量值和磁传感器理论值代入磁传感器误差修正模型分别计算每个区间的磁传感器误差修正系数;

步骤四,通过手持式测斜仪采集到的待测位置点的加速度传感器测量值,计算该待测位置点的未修正倾角;根据未修正倾角所属区间选择其加速度传感器误差修正系数和磁传感器误差修正系数;

步骤五,将选取的加速度传感器误差修正系数和采集到的待测位置点的加速度传感器测量值代入加速度传感器误差修正模型计算得到修正后的加速度传感器值;将选取的磁传感器误差修正系数和采集到的待测位置点的磁传感器测量值代入磁传感器误差修正模型计算得到修正后的磁传感器值;

步骤六,通过修正后的加速度传感器值和修正后的磁传感器值计算最终姿态角:倾角 θ' 、工具面向角 φ' 和方位角 φ' ;

所述步骤二中,所述三个区间包括:三轴无磁转台旋转至倾角为负 30° 到 30° 之间的第一区间、三轴无磁转台旋转至倾角为 30° 到 60° 以及负 30° 到负 60° 之间的第二区间以及三轴无磁转台旋转至倾角为 60° 到 90° 以及负 60° 到负 90° 之间的第三区间;且三个区间位置点数量关系为:第三区间位置点数量>第二区间位置点数量>第一区间位置点数量;

所述步骤二包括:

步骤2.1将三轴无磁转台分别旋转至倾角 0° 、 10° 、 20° 、 30° 、 -10° 、 -20° 、 -30° ,且在每个倾角处依次旋转工具面向角为 0° 、 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 150° 、 180° 、 210° 、 240° 、 270° 、 300° 、 330° ,从而得到第一区间的位置点,并采集每个位置点的传感器值并记录三轴无磁转台的每个位置点的理论值;

步骤2.2将三轴无磁转台分别旋转至倾角 0° 、 40° 、 50° 、 60° 、 -40° 、 -50° 、 -60° ,且在每个倾角处依次旋转工具面向角为 0° 、 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° 、 90° 、 105° 、 120° 、 135° 、 150° 、 165° 、 180° 、 195° 、 210° 、 225° 、 240° 、 255° 、 270° 、 285° 、 300° 、 315° 、 330° 、 345° ,从而得到第二区间的位置点,并采集每个位置点的传感器值并记录三轴无磁转台的每个位置点的理论值;

步骤2.3将三轴无磁转台分别旋转至倾角 0° 、 70° 、 80° 、 90° 、 -70° 、 -80° 、 -90° ,且在每个倾角处依次旋转工具面向角为 0° 、 10° 、 20° 、 30° 、 40° 、 50° 、 60° 、 70° 、 80° 、 90° 、 100° 、 110° 、 120° 、 130° 、 140° 、 150° 、 160° 、 170° 、 180° 、 190° 、 200° 、 210° 、 220° 、 230° 、 240° 、 270° 、 280° 、 290° 、 300° 、 310° 、 320° 、 330° 、 340° 、 350° ,从而得到第三区间的位置点,并采集每个位置点的传感器值并记录三轴无磁转台的每个位置点的理论值;

所述步骤四包括,通过手持式测斜仪采集到的待测位置点的加速度传感器测量值,计

算该待测位置点的未修正倾角： $\theta_{\text{未}} = -\arctan \frac{A'_y}{(A'^2_x + A'^2_z)^{1/2}}$ ；上式中， $\theta_{\text{未}}$ 为未修正倾角，

A'_x 、 A'_y 、 A'_z 为采集到的待测位置点的加速度传感器测量值；

当 $\theta_{\text{未}}$ 在 $\pm 30^\circ$ 以内时，调用第一区间的加速度传感器误差修正系数和磁传感器误差修正系数；当 $\theta_{\text{未}}$ 在 30° 到 60° 以及负 30° 到负 60° 之间时，调用第二区间的加速度传感器误差修正系数和磁传感器误差修正系数；当 $\theta_{\text{未}}$ 在 60° 到 90° 以及负 60° 到负 90° 之间时，调用第三区间的加速度传感器误差修正系数和磁传感器误差修正系数。

2.如权利要求1所述的矿用手持式测斜仪误差动态修正方法，其特征在于，所述步骤五，将选取的加速度传感器误差修正系数和采集到的待测位置点的加速度传感器测量值 A'_x 、 A'_y 、 A'_z 代入加速度传感器误差修正模型计算得到修正后的加速度传感器值 A'_{xi} 、 A'_{yi} 、 A'_{zi} ；

将选取的磁传感器误差修正系数和采集到的待测位置点的磁传感器测量值 B'_{x0} 、 B'_{y0} 、 B'_{z0} 代入磁传感器误差修正模型计算得到修正后的磁传感器值 B'_{xi} 、 B'_{yi} 、 B'_{zi} 。

3.如权利要求2所述的矿用手持式测斜仪误差动态修正方法，其特征在于，步骤六中，通过修正后的加速度传感器值和修正后的磁传感器值计算最终姿态角：倾角：

$$\theta' = -\arctan \frac{A'_{yi}}{(A'^2_{xi} + A'^2_{zi})^{1/2}}$$

$$\text{工具面向角: } \varphi' = -\arctan \frac{A'_{xi}}{A'_{zi}}$$

$$\text{方位角: } \psi' = \arctan \frac{B'_{xi} \cos \varphi' + B'_{zi} \sin \varphi'}{(B'_{xi} \sin \varphi' - B'_{zi} \cos \varphi') \sin \theta' + B'_{yi} \cos \theta'}$$

一种矿用手持式测斜仪误差动态修正方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种测斜仪误差修正方法,具体涉及一种针对煤矿领域井下手持式测斜仪误差的动态修正方法。

背景技术

[0002] 在煤矿生产领域,井下钻孔的施工已被广泛应用于地质勘探、瓦斯抽放、水害防治等领域。而矿井生产对探放水孔、瓦斯抽放孔、勘探孔的质量要求也随之提高,施工钻孔的轨迹直接关系到钻孔的质量和安全生产。因此,测量钻孔轨迹显得尤为重要。手持式测斜仪的主要功能是测量已经施工完成钻孔的轨迹。而空间上的轨迹是由空间许多点组成的光滑曲线,获取相应点的信息之后,才能计算出钻孔的轨迹。为了获取空间点的参数,需要对这个点的倾角、工具面向角、方位角、深度信息等进行精确测量。

[0003] 目前,大多数手持式测斜仪测量以上角度信息都是通过在测斜仪探管里安装加速度传感器感和磁性传感器,分别用来感知地球重力场和地球磁场,经过一系列坐标变换和推算,计算出所需的三个关键角度,从而保证测量轨迹的准确性。然而由于传感器自身存在的制造误差、安装误差、环境误差、坐标系不重合等因素的影响,造成角度测量结果不能使用,或者不能满足所需的测量精度。所以,有必要对测量过程中产生的误差进行修正以满足使用要求。

[0004] 当前,手持式测斜仪的误差修正方法主要是对误差参数的精确估计,其中有椭球拟合法、点积不变法、牛顿迭代查询法、给定多位置不对北法。例如,专利CN105806364A公开了一种矿用回转钻机测斜仪探管的校准方法,使用多位置法和点积不变法对误差参数进行了计算;专利CN104234696A公开了一种通过构建姿态角的误差模型,曲线列表查询的方法修正误差;专利CN108507553A公开了电子罗盘的校正方法,对误差参数进行了估计。以上方法各有优缺点,但是上述方法是对整个误差参数的整体估计,会出现部分参数局部较优,部分参数局部较劣,无法满足所有参数都是最优解。从而造成手持式测斜仪在其角度测量范围内测量结果参差不齐。例如,大多数手持式测斜仪所提供的测量指标部分较好,部分稍差,倾角从 $-60^{\circ}\sim 60^{\circ}$,误差 $\pm 0.3^{\circ}$,倾角 $-90^{\circ}\sim -60^{\circ}\sim 60^{\circ}\sim 90^{\circ}$,误差 $\pm 0.5^{\circ}$ 。由于手持式测斜仪使用环境和工况较为复杂,尤其在测量倾角较大的上仰孔或者下斜孔的轨迹时,或者测斜仪沿自身轴向旋转时,其修正方法造成倾角和方位角精度难以在整个测量量程内保持较高的精度,造成角度测量误差较大,从而影响测量轨迹的准确性。综上所述,目前现有手持式测斜仪误差修正方法都存在一定的缺陷,有很大的局限性。

发明内容

[0005] 针对现有技术中的缺陷和不足,本发明提供了一种矿用手持式测斜仪误差动态修正方法,解决现有方法误差参数局部存在优劣,不能根据测量角度动态调整误差系数,使得角度测量精度较低,尤其在测量大倾角时,倾角和方位角误差大,造成测量轨迹偏差大的问题。

[0006] 为达到上述目的,本发明采取如下的技术方案:

[0007] 一种矿用手持式测斜仪误差动态修正方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤一,将手持式测斜仪放置于三轴无磁转台,以通过三轴无磁转台给定多个位置点;手持式测斜仪内设加速度传感器和磁传感器以测量各位置点的传感器值;

[0009] 步骤二,将三轴无磁转台倾角量程划分为三个区间,并在每个区间给定多个位置点,采集每个位置点的加速度传感器的实际测量值和磁性传感器的实际测量值;

[0010] 步骤三,将每个区间内的每个位置点对应的加速度传感器的实际测量值和加速度传感器理论值代入加速度传感器误差修正模型分别计算每个区间的加速度传感器误差修正系数;将每个区间内的每个位置点对应的磁传感器的实际测量值和磁传感器理论值代入磁传感器误差修正模型分别计算每个区间的磁传感器误差修正系数;

[0011] 步骤四,通过手持式测斜仪采集到的待测位置点的加速度传感器测量值,计算该待测位置点的未修正倾角;根据未修正倾角所属区间选择其加速度传感器误差修正系数和磁传感器误差修正系数;

[0012] 步骤五,将选取的加速度传感器误差修正系数和采集到的待测位置点的加速度传感器测量值代入加速度传感器误差修正模型计算得到修正后的加速度传感器值;将选取的磁传感器误差修正系数和采集到的待测位置点的磁传感器测量值代入磁传感器误差修正模型计算得到修正后的磁传感器值;

[0013] 步骤六,通过修正后的加速度传感器值和修正后的磁传感器值计算最终姿态角:倾角 θ' 、工具面向角 φ' 和方位角 φ' 。

[0014] 本发明还包括如下技术特征:

[0015] 具体的,所述步骤二中,所述三个区间包括:三轴无磁转台旋转至倾角为负 30° 到 30° 之间的第一区间、三轴无磁转台旋转至倾角为 30° 到 60° 以及负 30° 到负 60° 之间的第二区间以及三轴无磁转台旋转至倾角为 60° 到 90° 以及负 60° 到负 90° 之间的第三区间;且三个区间位置点数量关系为:第三区间位置点数量>第二区间位置点数量>第一区间位置点数量。

[0016] 具体的,所述步骤二包括:

[0017] 步骤2.1将三轴无磁转台分别旋转至倾角 0° 、 10° 、 20° 、 30° 、 -10° 、 -20° 、 -30° ,且在每个倾角处依次旋转工具面向角为 0° 、 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 150° 、 180° 、 210° 、 240° 、 270° 、 300° 、 330° ,从而得到第一区间的位置点,并采集每个位置点的传感器值并记录三轴无磁转台的每个位置点的理论值;

[0018] 步骤2.2将三轴无磁转台分别旋转至倾角 0° 、 40° 、 50° 、 60° 、 -40° 、 -50° 、 -60° ,且在每个倾角处依次旋转工具面向角为 0° 、 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° 、 90° 、 105° 、 120° 、 135° 、 150° 、 165° 、 180° 、 195° 、 210° 、 225° 、 240° 、 255° 、 270° 、 285° 、 300° 、 315° 、 330° 、 345° ,从而得到第二区间的位置点,并采集每个位置点的传感器值并记录三轴无磁转台的每个位置点的理论值;

[0019] 步骤2.3将三轴无磁转台分别旋转至倾角 0° 、 70° 、 80° 、 90° 、 -70° 、 -80° 、 -90° ,且在每个倾角处依次旋转工具面向角为 0° 、 10° 、 20° 、 30° 、 40° 、 50° 、 60° 、 70° 、 80° 、 90° 、 100° 、 110° 、 120° 、 130° 、 140° 、 150° 、 160° 、 170° 、 180° 、 190° 、 200° 、 210° 、 220° 、 230° 、 240° 、 270° 、 280° 、 290° 、 300° 、 310° 、 320° 、 330° 、 340° 、 350° ,从而得到第三区间的位置点,并采集每个位

置点的传感器值并记录三轴无磁转台的每个位置点的理论值。

[0020] 具体的,所述步骤四包括,通过手持式测斜仪采集到的待测位置点的加速度传感器测量值,计算该待测位置点的未修正倾角: $\theta_{\text{未}} = -\arctan \frac{A'_y}{(A'^2_x + A'^2_z)^{1/2}}$;上式中, $\theta_{\text{未}}$ 为

未修正倾角, A'_x 、 A'_y 、 A'_z 为采集到的待测位置点的加速度传感器测量值;

[0021] 当 $\theta_{\text{未}}$ 在 $\pm 30^\circ$ 以内时,调用第一区间的加速度传感器误差修正系数和磁传感器误差修正系数;当 $\theta_{\text{未}}$ 在 30° 到 60° 以及负 30° 到负 60° 之间时,调用第二区间的加速度传感器误差修正系数和磁传感器误差修正系数;当 $\theta_{\text{未}}$ 在 60° 到 90° 以及负 60° 到负 90° 之间时,调用第三区间的加速度传感器误差修正系数和磁传感器误差修正系数。

[0022] 具体的,所述步骤五,将选取的加速度传感器误差修正系数和采集到的待测位置点的加速度传感器测量值 A'_x 、 A'_y 、 A'_z 代入加速度传感器误差修正模型计算得到修正后的加速度传感器值 A'_{xi} 、 A'_{yi} 、 A'_{zi} ;

[0023] 将选取的磁传感器误差修正系数和采集到的待测位置点的磁传感器测量值 B'_{x0} 、 B'_{y0} 、 B'_{z0} 代入磁传感器误差修正模型计算得到修正后的磁传感器值 B'_{xi} 、 B'_{yi} 、 B'_{zi} 。

[0024] 具体的,步骤六中,通过修正后的加速度传感器值和修正后的磁传感器值计算最终姿态角:

[0025] 倾角: $\theta' = -\arctan \frac{A'_{yi}}{(A'^2_{xi} + A'^2_{zi})^{1/2}}$

[0026] 工具面向角: $\phi' = -\arctan \frac{A'_{xi}}{A'_{zi}}$

[0027] 方位角: $\psi' = \arctan \frac{B'_{xi} \cos \phi' + B'_{zi} \sin \phi'}{(B'_{xi} \sin \phi' - B'_{zi} \cos \phi') \sin \theta' + B'_{yi} \cos \theta'}$

[0028] 本发明与现有技术相比,有益的技术效果是:

[0029] 本发明解决了现有修正方法部分误差参数估计局部较优,部分参数局部较劣,不能动态调整误差修正系数,使得在倾角和方位角整个测量量程内无法保持较高的测量精度,造成轨迹测量偏差较大的问题。实验表明,本方法可以使手持式测斜仪在 $-90^\circ \sim 90^\circ$ 测量范围内,保持同样的精度,测量绝对误差不超过 $\pm 0.15^\circ$ 。

附图说明

[0030] 图1是本发明误差动态修正方法采用的手持式测斜仪;

[0031] 图2是本发明误差动态修正方法流程图;

[0032] 以下结合说明书附图和具体实施方式对本发明做具体说明。

具体实施方式

[0033] 本发明提供一种矿用手持式测斜仪误差动态修正方法,将手持式测斜仪通过专用夹具放置在三轴无磁转台上,分三个区间通过转台分别给定空间多个位置点,记录手持式测斜仪加速度传感器和磁传感器的输出;根据传感器测得值和理论值分别计算三个区间的

误差系数;将三个区间的误差系数通过wifi通信的方式,存入手持式测斜仪微控制器FLASH中;手持式测斜仪内部微控制器根据其内部加速度的原始值判断自己所处区间的倾斜角度,从而调用FLASH内相应区间的误差系数,实现误差动态修正,并根据公式计算修正后的姿态角度。

[0034] 具体包括以下步骤:

[0035] 步骤一,将手持式测斜仪放置于三轴无磁转台,以通过三轴无磁转台给定多个位置点;手持式测斜仪内设有加速度传感器和磁传感器以测量各位置点的传感器值;

[0036] 步骤二,将三轴无磁转台倾角量程划分为三个区间,并在每个区间给定多个位置点,采集每个位置点的加速度传感器的实际测量值和磁性传感器的实际测量值;

[0037] 具体的,步骤二中,三个区间包括:三轴无磁转台旋转至倾角为负30°到30°之间的第一区间、三轴无磁转台旋转至倾角为30°到60°以及负30°到负60°之间的第二区间以及三轴无磁转台旋转至倾角为60°到90°以及负60°到负90°之间的第三区间;且三个区间位置点数量关系为:第三区间位置点数量>第二区间位置点数量>第一区间位置点数量。

[0038] 更具体的,步骤二包括:

[0039] 步骤2.1将三轴无磁转台分别旋转至倾角0°、10°、20°、30°、-10°、-20°、-30°,并在每个倾角处依次旋转工具面向角为0°、30°、60°、90°、120°、150°、180°、210°、240°、270°、300°、330°,从而得到第一区间的位置点,并采集每个位置点的传感器值并记录三轴无磁转台的每个位置点的理论值;

[0040] 步骤2.2将三轴无磁转台分别旋转至倾角0°、40°、50°、60°、-40°、-50°、-60°,并在每个倾角处依次旋转工具面向角为0°、15°、30°、45°、60°、75°、90°、105°、120°、135°、150°、165°、180°、195°、210°、225°、240°、255°、270°、285°、300°、315°、330°、345°,从而得到第二区间的位置点,并采集每个位置点的传感器值并记录三轴无磁转台的每个位置点的理论值;

[0041] 步骤2.3将三轴无磁转台分别旋转至倾角0°、70°、80°、90°、-70°、-80°、-90°,并在每个倾角处依次旋转工具面向角为0°、10°、20°、30°、40°、50°、60°、70°、80°、90°、100°、110°、120°、130°、140°、150°、160°、170°、180°、190°、200°、210°、220°、230°、240°、270°、280°、290°、300°、310°、320°、330°、340°、350°,从而得到第三区间的位置点,并采集每个位置点的传感器值并记录三轴无磁转台的每个位置点的理论值。

[0042] 步骤三,将每个区间内的每个位置点对应的加速度传感器的实际测量值和加速度传感器理论值代入加速度传感器误差修正模型分别计算每个区间的加速度传感器误差修正系数;将每个区间内的每个位置点对应的磁传感器的实际测量值和磁传感器理论值代入磁传感器误差修正模型分别计算每个区间的磁传感器误差修正系数;

[0043] 加速度传感器误差修正模型为:

$$[0044] \quad \begin{bmatrix} A_x \\ A_y \\ A_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_{xi} \\ A_{yi} \\ A_{zi} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_1 + k_{14}A_{xi}^2 + k_{15}A_{xi}^3 + k_{16}A_{xi}^4 + k_{17}A_{xi}^5 \\ b_2 + k_{24}A_{yi}^2 + k_{25}A_{yi}^3 + k_{26}A_{yi}^4 + k_{27}A_{yi}^5 \\ b_3 + k_{34}A_{zi}^2 + k_{35}A_{zi}^3 + k_{36}A_{zi}^4 + k_{37}A_{zi}^5 \end{bmatrix} \quad (1)$$

[0045] 式中, A_x 、 A_y 、 A_z 为加速度传感器的实际测量值,单位为g; A_{xi} 、 A_{yi} 、 A_{zi} 为加速度传感器的理论值;上式中包含24个加速度传感器误差修正系数: b_1 是三轴加速度传感器X轴的零

点偏移、 b_2 是三轴加速度传感器Y轴的零点偏移、 b_3 是三轴加速度传感器Z轴的零点偏移,单位为g,加速度传感器三轴之间两两不正交,对各自测量轴造成的影响可以称为不正交误差, k_{12} 为X轴和Y轴不正交对X轴造成的误差系数, k_{21} 为X轴和Y轴不正交对Y轴造成的误差系数、 k_{23} 、 k_{32} 分别为Y轴和Z轴不正交对Y轴和Z轴影响造成的误差系数; k_{13} 、 k_{31} 分别为X轴和Z轴不正交对X轴和Z轴造成的误差系数。 k_{11} 、 k_{22} 、 k_{33} 为三轴加速度传感器X、Y、Z测量轴的灵敏度误差系数, k_{14} 、 k_{15} 、 k_{16} 、 k_{17} ,是为了提高解方程的精度,构造X测量轴一到五次方多项式有关的误差系数,同理, k_{24} 、 k_{25} 、 k_{26} 、 k_{27} 、 k_{34} 、 k_{35} 、 k_{36} 、 k_{37} 为Y、Z测量轴一到五次方多项式有关的误差系数,无量纲。

[0046] 步骤三中,将每个区间内的每个位置点对应的加速度传感器的实际测量值和加速度传感器理论值代入上述加速度传感器误差修正模型,得到超定方程组,用最小二乘法解超定方程组,分别得到每个区间的加速度传感器误差修正系数,并存储在防爆平板电脑中,通过wifi下载至测斜仪探管FLASH中。

[0047] 磁传感器误差修正模型为:

$$[0048] \quad \begin{bmatrix} B_{x0} \\ B_{y0} \\ B_{z0} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_{11} & N_{12} & N_{13} \\ N_{21} & N_{22} & N_{23} \\ N_{31} & N_{32} & N_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B'_{xi} \\ B'_{yi} \\ B'_{zi} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

[0049] 式中, B_{x0} 、 B_{y0} 、 B_{z0} 为磁传感器的实际测量值,单位为Gs; B'_{xi} 、 B'_{yi} 、 B'_{zi} 为磁传感器理论值,上式中包含12个磁传感器误差修正系数: t_1 是三轴磁传感器X轴的零点偏移、 t_2 是三轴磁传感器Y轴的零点偏移、 t_3 是三轴磁传感器Z轴的零点偏移,单位为Gs,同上述加速度传感器相似, N_{12} 为X轴和Y轴不正交对X轴造成的误差系数, N_{21} 为X轴和Y轴不正交对Y轴造成的误差系数、 N_{23} 、 N_{32} 分别为Y轴和Z轴不正交对Y轴和Z轴影响造成的误差系数; N_{13} 、 N_{31} 分别为X轴和Z轴不正交对X轴和Z轴造成的误差系数。 N_{11} 、 N_{22} 、 N_{33} 为三轴磁传感器X、Y、Z测量轴的灵敏度误差系数。

[0050] 步骤三中,将每个区间内的每个位置点对应的磁传感器的实际测量值和磁传感器理论值代入上述磁传感器误差修正模型,得到超定方程组,用最小二乘法解超定方程组,分别得到每个区间的磁传感器误差修正系数,并存储在防爆平板电脑中,通过wifi下载至测斜仪探管FLASH中。

[0051] 步骤四,通过手持式测斜仪采集到的待测位置点的加速度传感器测量值,计算该待测位置点的未修正倾角;根据未修正倾角所属区间选择其加速度传感器误差修正系数和磁传感器误差修正系数;具体的:

[0052] 通过手持式测斜仪采集到的待测位置点的加速度传感器测量值,计算该待测位置点的未修正倾角: $\theta_{未} = -\arctan \frac{A'_y}{(A'^2_x + A'^2_z)^{1/2}}$;上式中, $\theta_{未}$ 为未修正倾角, A'_x 、 A'_y 、 A'_z 为

采集到的待测位置点的加速度传感器测量值;

[0053] 当 $\theta_{未}$ 在 $\pm 30^\circ$ 以内时,调用第一区间的加速度传感器误差修正系数和磁传感器误差修正系数;当 $\theta_{未}$ 在 30° 到 60° 以及负 30° 到负 60° 之间时,调用第二区间的加速度传感器误差修正系数和磁传感器误差修正系数;当 $\theta_{未}$ 在 60° 到 90° 以及负 60° 到负 90° 之间时,调用第三区间的加速度传感器误差修正系数和磁传感器误差修正系数。

[0054] 步骤五,将选取的加速度传感器误差修正系数和采集到的待测位置点的加速度传感器测量值 A'_{xi} 、 A'_{yi} 、 A'_{zi} 代入加速度传感器误差修正模型计算得到修正后的加速度传感器值 A'_{xi} 、 A'_{yi} 、 A'_{zi} ;

[0055] 将选取的磁传感器误差修正系数和采集到的待测位置点的磁传感器测量值 B'_{x0} 、 B'_{y0} 、 B'_{z0} 代入磁传感器误差修正模型计算得到修正后的磁传感器值 B'_{xi} 、 B'_{yi} 、 B'_{zi} 。

[0056] 步骤六,通过修正后的加速度传感器值和修正后的磁传感器值计算最终姿态角:倾角 θ' 、工具面向角 φ' 和方位角 ψ' :

[0057] 倾角: $\theta' = -\arctan \frac{A'_{yi}}{(A'_{xi}{}^2 + A'_{zi}{}^2)^{1/2}}$

[0058] 工具面向角: $\varphi' = -\arctan \frac{A'_{xi}}{A'_{zi}}$

[0059] 方位角: $\psi' = \arctan \frac{B'_{xi} \cos \varphi' + B'_{zi} \sin \varphi'}{(B'_{xi} \sin \varphi' - B'_{zi} \cos \varphi') \sin \theta' + B'_{yi} \cos \theta'}$ 。

[0060] 实施例:

[0061] 本实施例提供给出一种手持式测斜仪误差动态修正方法,如上述步骤所示,将手持式测斜仪安装固定在三轴无磁转台上,按照上述步骤动态修正误差后,和标准转台相比,参与钻孔轨迹计算的倾角、方位角绝对误差如表1所示:

[0062] 表1.本发明实施例测量结果

倾角			方位角		
序号	标准	实际测量	序号	标准	实际测量
1	0°	0.06°	1	0°	0.24°
2	30°	29.91°	2	30°	30.26°
3	60°	60.05°	3	60°	60.44°
4	90°	89.89°	4	90°	90.15°
5	-30°	-30.07°	5	120°	119.35°
6	-60°	-59.92°	6	150°	150.72°
7	-90°	-89.87°	7	180°	180.88°
8	15°	14.92°	8	210°	210.65°
9	45°	45.10°	9	240°	239.43°
10	75°	75.08°	10	270°	269.35°
11	-15°	-14.97°	11	300°	299.45°
12	-45°	-45.12°	12	330°	330.79°
13	-75°	-75.09°	13	360°	359.83°

[0064] 对比例:

[0065] 采用现有方法对手持式测斜仪产品修正后,一般给出的修正后的角度误差见表2。

[0066] 表2对比例测量角度误差指标

[0067]

参数名称	测量范围	绝对误差	测试条件
倾角	-60°~ 60°	±0.3°	方位角 0°
	-90°--60°~ 60°-90°	±0.5°	方位角 0°
方位角	0°~ 360°	±1.5°	倾角 0°

[0068] 通过上述实施例和对比例的对比,可以看到,本发明所采用的修正方法测量精度明显优于现有方法修正后的测量精度,本发明实施例的效果比对比例好。

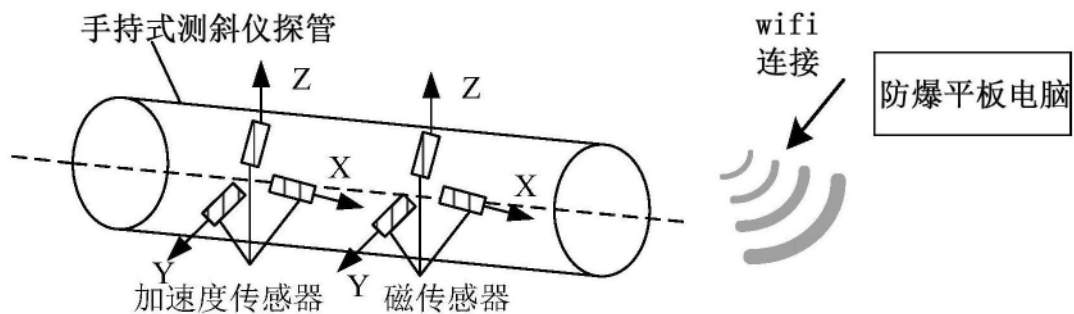


图1

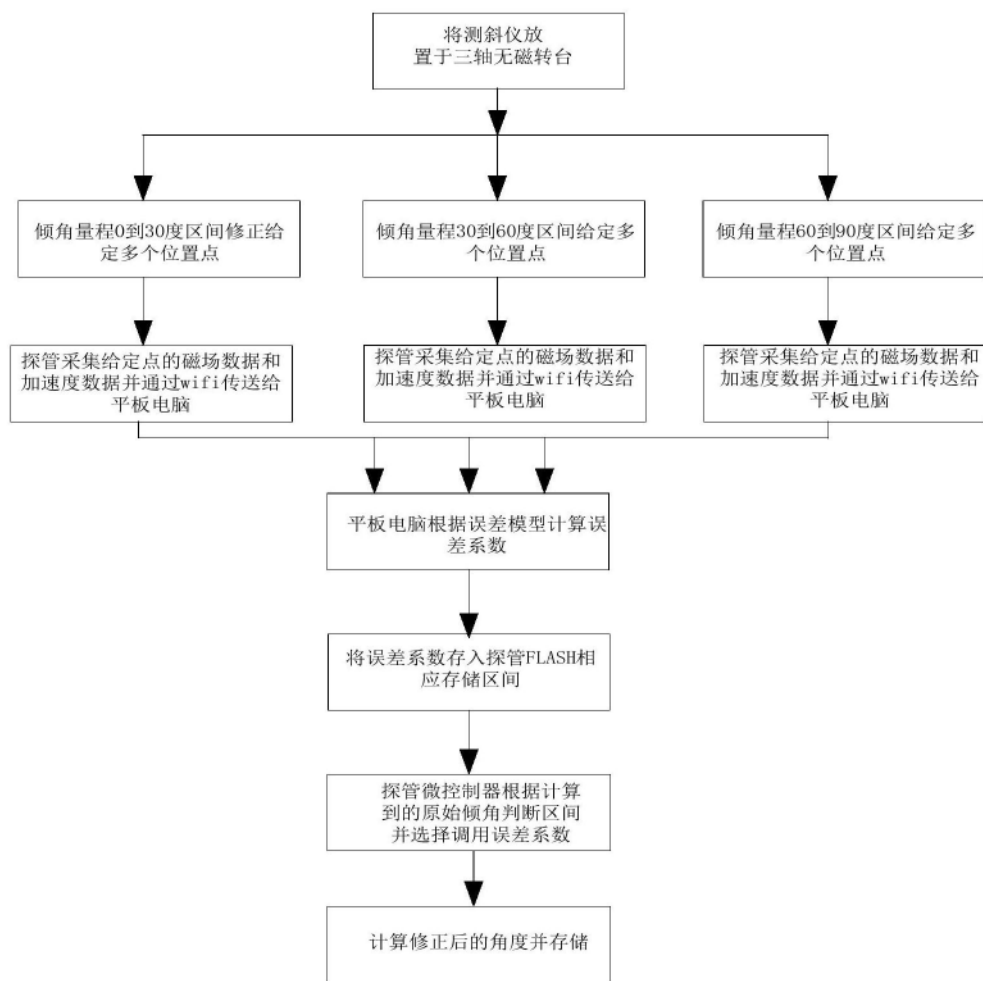


图2