



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105651310 B

(45)授权公告日 2018.05.22

(21)申请号 201610027115.9

CN 105115478 A,2015.12.02,

(22)申请日 2016.01.15

CN 103292801 A,2013.09.11,

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105651310 A

邹舟等.高精度倾斜仪现场校准微倾斜发生装置的设计.《大地测量与地球动力学》.2014,第34卷(第4期),

(43)申请公布日 2016.06.08

张馨等.光纤陀螺寻北仪航向效应误差分析和补偿.《弹箭与制导学报》.2010,第30卷(第5期),

(73)专利权人 极翼机器人(上海)有限公司

地址 201203 上海市浦东新区张江高科技园区郭守敬路498号14幢22301-1706室

于靖等.带倾斜修正的电子磁罗盘倾角测量误差补偿算法.《中国惯性技术学报》.2013,第21卷(第6期),

(72)发明人 杭义军 邢丽 贾文峰 吕印新

审查员 闫舒

(51)Int.Cl.

G01C 25/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 101078627 A,2007.11.28,

CN 1894557 A,2007.01.10,

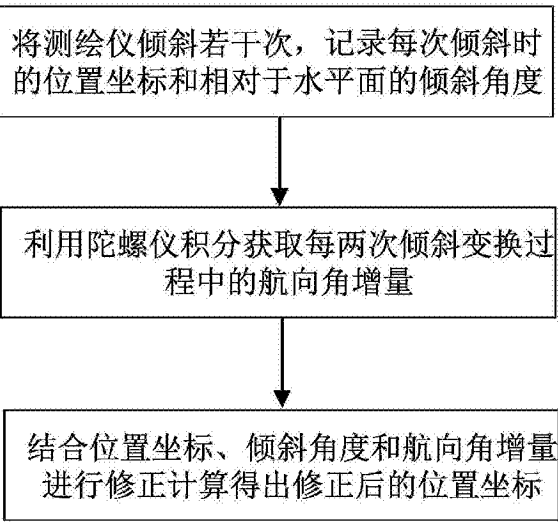
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种新型测绘仪倾斜量修正方法

(57)摘要

本发明涉及测绘仪领域,尤其涉及一种新型测绘仪倾斜量修正方法。本发明公开设计的一种测绘仪倾斜量修正方法,先将测绘仪自身倾斜若干次,通过其内部的MEMS传感器预先处理得出每次倾斜后的修正位置坐标,然后将每次倾斜时的倾斜角度、陀螺仪得出的航向增量和修正位置坐标结合起来,内部计算得出整个测绘仪倾斜量修正后的精确位置坐标,这样可以解决地磁变化和磁场干扰对测绘仪倾斜改正精度的影响,提高了测绘仪的倾斜改正精度、使用效率和实用精度。



1. 一种测绘仪倾斜量修正方法,其特征在于,包括:  
将测绘仪倾斜若干次,记录所述测绘仪每次倾斜的位置坐标和相对于水平面的倾斜角度;  
利用陀螺仪积分获取所述测绘仪每两次倾斜变换过程中的航向角增量;  
结合所述航向角增量、所述位置坐标和所述倾斜角度对所述测绘仪倾斜量进行修正并得出修正后的位置坐标。
2. 根据权利要求1所述的测绘仪倾斜量修正方法,其特征在于,所述方法还包括:  
通过倾斜测量模块获取每次倾斜的测绘仪的位置坐标。
3. 根据权利要求2所述的测绘仪倾斜量修正方法,其特征在于,所述方法还包括:  
利用所述倾斜测量模块获取所述测绘仪每次相对于水平面的倾斜角度。
4. 根据权利要求3所述的测绘仪倾斜量修正方法,其特征在于,所述方法还包括:  
将所述测绘仪每次倾斜后的位置坐标、所述航向角增量和倾斜角度传输至中央处理器计算得出修正后的位置坐标;  
将修正后的位置坐标传输至所述测绘仪。
5. 根据权利要求1所述的测绘仪倾斜量修正方法,其特征在于,所述测绘仪至少倾斜两次。
6. 根据权利要求1所述的测绘仪倾斜量修正方法,其特征在于,所述倾斜角度包括横滚角度和俯仰角度。

## 一种新型测绘仪倾斜量修正方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及测绘仪领域,尤其涉及一种新型测绘仪倾斜量修正方法。

### 背景技术

[0002] 传统的测绘仪每次测量需要调节测量杆垂直,测量耗时大,测量效率低,且一般气泡调零的精度与工作人员的细心程度和技术相关,且当测量员长时间高强度测量时,由于测量员的重复操作与疲劳很容易出现调平不准,使得测量精度严重下降,从而影响工程施工的精度,造成人力与物力的严重浪费。

[0003] 因此,随着MEMS倾角测量技术的发展与应用,近些年国内的各大测绘仪公司纷纷推出了带有倾斜测量补偿的测绘仪产品,从而将测绘人员从重复的调平操作中解放出来,其主要特点是允许测绘员在使用测绘仪测量时,不需要调平的情况下依然能够提供等效于精确调平后的打点测量精度,在有效提高测绘效率和测绘精度的同时,提高了测绘数据的一致性,减小了人为调平引入的各种不可控制的误差。

[0004] 其主要原因是:在测绘仪内部安装一个低成本的倾角测量模块,通过倾角测量模块实时测到的倾斜角和航向角,结合倾斜后测绘仪得到的经纬高,利用精确的算法补偿修正的方法,改正倾斜导致的测量误差,获得精确的打点经纬高测量参数。但该误差改正算法精度与航向角的测量精度直接相关,而由于低成本倾角测量模块,一般使用地磁传感器获取航向信息,而地磁传感的测量原理主要依赖于微弱的地磁场信息,所以该航向角的精度很容易受测绘仪内部的线圈、铁磁物质,以及测绘仪周边的矿场分布。钢铁建筑、设备的影响,使得一般的使用精度不是很理想。

[0005] 所以继续一种更精确的新型测绘仪倾斜量修正方法。

### 发明内容

[0006] 鉴于上述问题,本发明提供一种测绘仪倾斜量修正方法。

[0007] 一种测绘仪倾斜量修正方法,其特征在于,包括:

[0008] 将测绘仪倾斜若干次,记录所述测绘仪每次倾斜的位置坐标和相对于水平面的倾斜角度;

[0009] 利用陀螺仪积分获取所述测绘仪每两次倾斜变换过程中的航向角增量;

[0010] 结合所述航向增量、所述位置坐标和所述倾斜角度对所述测绘仪倾斜量进行修正并得出修正后的位置坐标。

[0011] 上述的测绘仪倾斜量修正方法,其特征在于,所述方法还包括:

[0012] 通过倾斜测量模块获取测绘仪每次倾斜的位置坐标。

[0013] 上述的测绘仪倾斜量修正方法,其特征在于,所述方法还包括:

[0014] 利用所述倾斜测量模块获取所述测绘仪每次相对于水平面的倾斜角度,并利用所述倾斜模块获取所述测绘仪每两次倾斜变换过程中的航向角增量。

[0015] 上述的测绘仪倾斜量修正方法,其特征在于,所述方法还包括:

[0016] 将所述测绘仪每次倾斜后的位置坐标、所述航向角增量和水平倾斜角度传输至中央处理器计算出修正后的位置坐标；

[0017] 将修正后的位置坐标传输至所述测绘仪。

[0018] 上述的测绘仪倾斜量修正方法，其特征在于，所述测绘仪至少倾斜两次。

[0019] 上述的测绘仪倾斜量修正方法，其特征在于，所述倾斜角度包括横滚角度和俯仰角度。

[0020] 综上所述，本发明公开设计的一种测绘仪倾斜量修正方法，先将测绘仪自身倾斜若干次，通过其内部的倾斜测量模块获取测绘仪每次倾斜后的位置坐标，然后将每次倾斜时的倾斜角度、陀螺仪得出的航向增量和修正位置坐标结合起来，内部计算得出整个测绘仪倾斜量修正后的精确位置坐标，这样可以解决地磁变化和磁场干扰对测绘仪倾斜改正精度的影响，提高了测绘仪的倾斜改正精度、使用效率和实用精度。

## 附图说明

[0021] 参考所附附图，以更加充分的描述本发明的实施例。然而，所附附图仅用于说明和阐述，并不构成对本发明范围的限制。

[0022] 图1是本发明的流程图。

## 具体实施方式

[0023] 下面结合附图和具体的实施例对本发明作进一步的说明，但是不作为本发明的限定。

[0024] 目前，测绘仪内部会安装一个倾角测量模块，用以对测绘仪的倾角进行补偿计算，这些倾角测量模块都会针对地磁干扰以及磁传感器的误差进行校准或误差补偿研究，但由于地磁相对微弱，且磁干扰形式复杂、干扰源众多、对环境依赖性强等特点，导致即使是先进的校准算法加上严格的校准流程，也很难保证磁航向的测量精度在所有使用情况下都能够满足倾斜改正测量的应用需求，一般在充分标定的情况下，磁航向角精度也很难达到一度一下的精度。

[0025] 另外，由于补偿算法中用到的航向是真航向而非磁航向，因此，需要对测量到的磁航向进行修正，其中磁偏角的获取一般通过当地经纬高利用地磁偏角模型查询，或者通过传统四位置或八位置罗差修正方法获得。

[0026] 但是目前精确的磁数据库巨大，更新困难，因此一般固化使用的地磁偏角模型都较为粗略，无法反映细小区域变化的细微变化，其精度只能勉强达到一度左右，且随着时间的推移，地球磁场也在发生变化，如无法及时更新磁场数据库，误差也会变大，因此通过当地经纬高利用地磁偏角模型查询的方法补偿地磁航向获得的航向精度一般在全航向测量范围内只能达到2度左右，且很难进一步提高。

[0027] 但是利用RTK(实时动态差分法,Real-time Kinematic)接收的精确位置测量特性进行多位置差分，获得精确的航向参考，计算多个角度的航向偏差，可以获得较高的真航向参考，一般RTK的精度在2cm，水平基线在1m左右，可以获得0.5度航向的精确参考，同时可以修正标定后的磁场畸变残差，提高航向角在全范围的精度和误差均匀性，但采用RTK标定过程复杂，一般需要熟练的技术人员利用半小时左右才能操作完成。

[0028] 所以基于RTK设计出一种更先进的测绘仪倾斜量补偿方法,本发明的核心思想是将测绘仪预先倾斜若干次后,通过倾斜测量模块获取每次水平倾斜角度和修正前的位置坐标、以及每两次倾斜变化的航向角增量,然后将这些数据结合起来计算得出更加精确的测绘仪修正位置坐标。

[0029] 如图1所示,首先是将测绘仪倾斜若干次,在本发明中,具体的倾斜两次,然后利用倾斜测量模块获取每次倾斜时测绘仪所处的位置坐标以及每次倾斜的水平倾角,这样得到一个原始数据。然后利用倾斜测量模块内部的陀螺仪积分获取测绘仪每两次倾斜变化过程中的航向增量,最后结合这些得到的数据进行修正计算,得出测绘仪修正后的位置坐标,这个修正后的坐标就是精确的测绘仪位置坐标。

[0030] 具体的,是将一高精度测绘仪倾斜若干次,在本发明中,将该高精度测绘仪倾斜两次,由高精度测绘仪可以测得高精度的位置信息,这样可以作为后续修正前的高精度数据信息。通过倾斜测量模块同时获取倾斜的高精度位置坐标和相对于水平面的倾斜角度并利用倾斜测量模块内部的陀螺仪积分获取该测绘仪每两次倾斜变化过程中的航向角增量,结合陀螺仪积分获得的航向角增量、测绘仪每次倾斜的位置坐标和测绘仪每次倾斜时相对于水平面的倾斜角度这些数据进行精确修正计算,得出修正后的位置坐标。

[0031] 具体的,倾斜测量模块获取测绘仪两次倾斜后的精确位置和倾斜的角度,倾斜的角度包括横滚角和俯仰角,然后利用陀螺仪积分获取两次倾斜过程中的航向角增量,联合算出倾斜修正后的经纬高。

[0032] 目前一般的测绘仪位置修正补偿方法是基于倾斜测量模块单次测量得到的姿态角以及获取的位置坐标进行补偿修正的。首先,设测绘仪倾斜后的位置为 $[L, \lambda, H]$ ,修正后位置为 $[L', \lambda', H']$ 。其中 $L$ 表示纬度, $\lambda$ 表示经度, $H$ 表示高度。假设杆长为 $l_0$ ,则修正位置的计算公式如式(1)所示。

$$\begin{aligned}
 H' &= H + (l_0 - l_{Oz}^n) \\
 L' &= L + \frac{l_{Ox}^n}{R + H'} \\
 \lambda' &= \lambda + \frac{l_{Oy}^n}{(R + H') \cos L'}
 \end{aligned} \tag{1}$$

[0034] 其中 $R$ 为地球半径, $[l_{Ox}^n, l_{Oy}^n, l_{Oz}^n]$ 与杆长 $l_0$ 之间的关系如式(2)所示。

$$\begin{aligned}
 l_{Ox}^n &= (\sin \theta \cos \gamma \cos \varphi + \sin \gamma \sin \varphi) l_0 \\
 l_{Oy}^n &= (\sin \theta \cos \gamma \sin \varphi - \sin \gamma \cos \varphi) l_0 \\
 l_{Oz}^n &= l_0 \cos \theta \cos \gamma
 \end{aligned} \tag{2}$$

[0036] 式中 $\gamma$ 为倾角传感器测量得到的横滚角, $\theta$ 为倾角传感器测量得到的俯仰角, $\varphi$ 为倾角传感器测量得到的航向角。

[0037] 根据上述的基本算法,倾斜测量模块在时刻 $t_1$ 获取的位置信息 $[L_1, \lambda_1, H_1]$ 和时刻 $t_2$ 获取的位置信息 $[L_2, \lambda_2, H_2]$ ,以及式(1)可以得到式(3)和式(4)

$$H' = H_1 + (l_o - l_o \cos \theta_1 \cos \gamma_1)$$

$$[0038] \quad L' = L_1 + \frac{l_{ox\_1}^n}{R + H'} \quad (3)$$

$$\lambda' = \lambda_1 + \frac{l_{oy\_1}^n}{(R + H') \cos L'}$$

$$[0039] \quad L' = L_2 + \frac{l_{ox\_2}^n}{R + H'} \quad (4)$$

$$\lambda' = \lambda_2 + \frac{l_{oy\_2}^n}{(R + H') \cos L'}$$

[0040] 令 (3) - (4) 得到 (5) :

$$[0041] \quad \begin{aligned} l_{ox\_1}^n - l_{ox\_2}^n &= C_3 \\ l_{oy\_1}^n - l_{oy\_2}^n &= D_3 \end{aligned} \quad (5)$$

[0042] 其中  $C_3 = (L_2 - L_1) (R + H')$ ,  $D_3 = (\lambda_2 - \lambda_1) (R + H') \cos L'$

[0043] 根据式 (2) 可以进一步写出式 (6) 和式 (7)

$$[0044] \quad \begin{aligned} l_{ox\_1}^n &= (m_1 \cos \varphi_1 + n_1 \sin \varphi_1) l_o \\ l_{oy\_1}^n &= (m_1 \sin \varphi_1 - n_1 \cos \varphi_1) l_o \end{aligned} \quad (6)$$

$$[0045] \quad \begin{aligned} l_{ox\_2}^n &= (m_2 \cos \varphi_2 + n_2 \sin \varphi_2) l_o \\ l_{oy\_2}^n &= (m_2 \sin \varphi_2 - n_2 \cos \varphi_2) l_o \end{aligned} \quad (7)$$

[0046] 其中  $m = \sin \theta \cos \gamma$ ,  $n = \sin \gamma$ 。

[0047] 将 (6) 和 (7) 代入 (5) 中得到 (8) 和 (9)

$$[0048] \quad (m_1 \cos \varphi_1 + n_1 \sin \varphi_1) l_o - (m_2 \cos \varphi_2 + n_2 \sin \varphi_2) l_o = C_3 \quad (8)$$

$$[0049] \quad (m_1 \sin \varphi_1 - n_1 \cos \varphi_1) l_o - (m_2 \sin \varphi_2 - n_2 \cos \varphi_2) l_o = D_3 \quad (9)$$

[0050] 其中  $\varphi_2 = \varphi_1 + \Delta \varphi$

[0051] 将 (8) 重新整理后得到 (10)

$$[0052] \quad a_1 \cos \varphi_1 + a_2 \sin \varphi_1 = C_3 \quad (10)$$

$$[0053] \quad \text{其中} \quad \begin{aligned} a_1 &= m_1 l_o - m_2 l_o \cos \Delta \varphi - n_2 l_o \sin \Delta \varphi \\ a_2 &= n_1 l_o + m_2 l_o \sin \Delta \varphi - n_2 l_o \cos \Delta \varphi \end{aligned}$$

[0054] 将 (9) 重新整理后得到 (11)

$$[0055] \quad -a_2 \cos \varphi_1 + a_1 \sin \varphi_1 = D_3 \quad (11)$$

[0056] 将 (10) 与 (11) 联立解得 (12)

$$[0057] \quad \begin{aligned} \sin \varphi_1 &= \frac{C_3 a_2 + D_3 a_1}{a_1^2 + a_2^2} \\ \cos \varphi_1 &= \frac{C_3 a_1 - D_3 a_2}{a_1^2 + a_2^2} \end{aligned}, \text{当且仅当 } a_1^2 + a_2^2 \neq 0 \quad (12)$$

[0058] 从式(12)中可以看出若 $a_1^2+a_2^2=0$ ,需要满足 $a_1=0$ 且 $a_2=0$ 。但是当 $a_1=0$ 且 $a_2=0$ 时,式(10)和(11)中的 $C_3=0$ 且 $D_3=0$ ,而当测绘仪并非在原地倾斜变化位置时, $C_3$ 和 $D_3$ 是恒不等于0的。所以当测绘仪倾斜变化位置时,式(12)是恒成立的。

[0059] 将式(12)代入(7)中得(13):

$$l_{Ox_2}^n = \left[ \frac{C_3 a_1 - D_3 a_2}{a_1^2 + a_2^2} (m_2 \cos \Delta \varphi + n_2 \sin \Delta \varphi) + \frac{C_3 a_2 + D_3 a_1}{a_1^2 + a_2^2} (n_2 \cos \Delta \varphi - m_2 \sin \Delta \varphi) \right] l_0 \quad (13)$$

$$l_{Oy_2}^n = \left[ \frac{C_3 a_1 - D_3 a_2}{a_1^2 + a_2^2} (m_2 \sin \Delta \varphi - n_2 \cos \Delta \varphi) + \frac{C_3 a_2 + D_3 a_1}{a_1^2 + a_2^2} (m_2 \cos \Delta \varphi + n_2 \sin \Delta \varphi) \right] l_0$$

[0061] 将(13)代入式(4)即可以得到当前时刻 $t_2$ 修正后的位置信息。

[0062] 基于上述修正计算方法,最终使得该倾斜位置改正方法实用性强、物理意义明确、操作简单、耗时小、且不增加额外的硬件成本,测量精度与用户的操作水平和操作习惯无关,各种情况下都可以保证精确的修正精度。

[0063] 综上所述,本发明公开设计的一种新型测绘仪倾斜量修正方法,先将测绘仪自身倾斜若干次,通过倾斜测量模块获取每次倾斜后的位置坐标,然后将每次倾斜时的倾斜角度、陀螺仪积分得出的航向增量和位置坐标结合起来,内部计算得出整个测绘仪倾斜量修正后的精确位置坐标,这样可以解决地磁变化和磁场干扰对测绘仪倾斜量修正精度的影响,提高了测绘仪的倾斜修正精度、使用效率和实用精度。

[0064] 通过说明和附图,给出了具体实施方式的特定结构的典型实施例,基于本发明精神,还可作其他的转换。尽管上述发明提出了现有的较佳实施例,然而,这些内容并不作为局限。

[0065] 对于本领域的技术人员而言,阅读上述说明后,各种变化和修正无疑将显而易见。因此,所附的权利要求书应看作是涵盖本发明的真实意图和范围的全部变化和修正。在权利要求书范围内任何和所有等价的范围与内容,都应认为仍属本发明的意图和范围内。

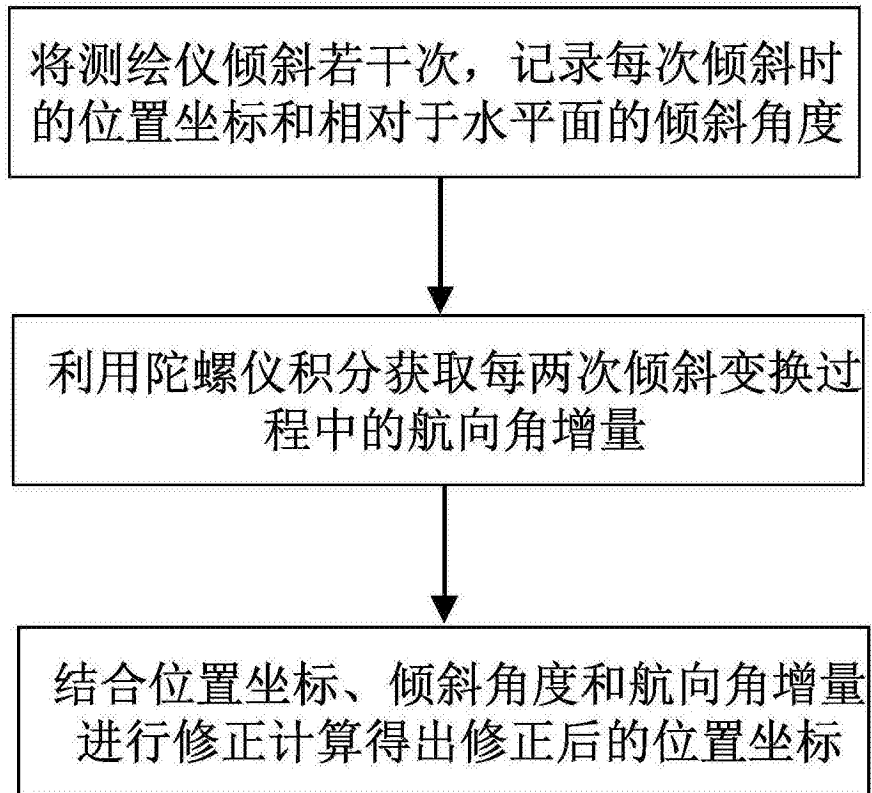


图1