

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102155956 B

(45) 授权公告日 2012. 11. 28

(21) 申请号 201110046539. 7

究. 《兵工自动化》. 2010, 第 29 卷 (第 10 期), 第 76-78、88 页.

(22) 申请日 2011. 02. 25

审查员 张玉艳

(73) 专利权人 中国人民解放军第二炮兵工程学院

地址 710025 陕西省西安市灞桥区第二炮兵工程学院

(72) 发明人 张志利 刘春桐 赵晓枫 赵军阳 邓春林

(51) Int. Cl.

G01C 25/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1818564 A, 2006. 08. 16, 全文.

姜晨光. 经纬仪整平误差对竖直角观测的影响. 《北京测绘》. 1999, (第 1 期), 第 32-35 页. 刘春桐等. 经纬仪的调平对心误差补偿研

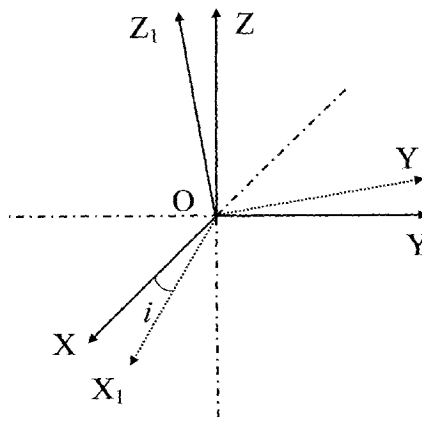
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种高精度垂直角横轴倾斜误差补偿方法

(57) 摘要

本发明涉及一种应用于有角度补偿的电子全站仪、电子经纬仪等测绘仪器的高精度横轴倾斜误差补偿方法。其特征在于：针对由横轴倾斜误差带来的对垂直角的测量误差进行补偿，将经纬仪的横轴倾斜误差作为基本的矩阵元，将经纬仪测角的旋转过程以相应的旋转矩阵表示，最后得到有横轴倾斜误差存在时，经纬仪垂直角的真实测量模型。本发明的优越性在于，由于现有技术采用的是一种近似处理的模型，且对垂直角很少进行补偿，本发明所提出的是一种通过坐标变换建立的精确的数学模型，并将新模型运用于经纬仪垂直角的高精度测量中，因此补偿精度更高，误差补偿范围更大，在横轴倾斜误差小角度近似的条件下，可以用更为简单的模型来进行补偿，且易于实施。



1. 一种高精度垂直角横轴倾斜误差补偿方法,其特征在于:针对由横轴倾斜误差带来的对垂直角的测量误差进行补偿,将经纬仪的横轴倾斜误差作为基本的矩阵元,将经纬仪测角的旋转过程以相应的旋转矩阵表示,最后得到有横轴倾斜误差存在时,经纬仪垂直角的真实测量模型,具体步骤如下:

步骤 1:在经纬仪三轴两两垂直的状态下,以经纬仪的横轴、视准轴以及竖轴分别为 X、Y、Z 轴建立正交直角坐标系;

步骤 2:当存在横轴倾斜误差 i 时,经纬仪的三轴发生倾斜,所述的横轴倾斜误差 i 是指一种可检定误差;此时,经纬仪横轴倾斜误差矩阵为:

$$C_1 = \begin{pmatrix} \cos i & 0 & -\sin i \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin i & 0 & \cos i \end{pmatrix}$$

步骤 3:当经纬仪对目标进行观测时,若水平角的测量值为 α ,垂直角的测量值为 β ,则旋转矩阵分别为:

$$C_2 = \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$C_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \beta & \sin \beta \\ 0 & -\sin \beta & \cos \beta \end{pmatrix}$$

步骤 4:总的旋转矩阵为:

$$C = C_3 C_2 C_1 = \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos i & \sin \alpha & -\cos \alpha \sin i \\ -\sin \alpha \cos \beta \cos i + \sin \beta \sin i & \cos \alpha \cos \beta & \sin \alpha \cos \beta \sin i + \sin \beta \cos i \\ \sin \alpha \sin \beta \cos i + \cos \beta \sin i & -\cos \alpha \sin \beta & -\sin \alpha \sin \beta \sin i + \cos \beta \cos i \end{pmatrix}$$

步骤 5:根据步骤 4 得到存在横轴倾斜误差时

$$\alpha_r = \arctan\left(\frac{\sin \alpha \cos \beta \sin i + \sin \beta \cos i}{\sqrt{(\sin \alpha \cos \beta \cos i - \sin \beta \sin i)^2 + \cos^2 \alpha \cos^2 \beta}}\right) \quad (1)$$

α_r 为经纬仪转过的垂直角补偿后真实值。

2. 根据权利要求 1 所述的一种高精度垂直角横轴倾斜误差补偿方法,其特征在于:步骤 5 中所述的垂直角补偿后真实值 α_r 在横轴倾斜误差的值很小的时候为:

$$\alpha_r = \arctan(\tan \beta \cos i + \sin i \sin \alpha) \quad (2)$$

式 (2) 为横轴倾斜误差较小时的简化补偿方法。

一种高精度垂直角横轴倾斜误差补偿方法

技术领域

[0001] 本发明属于电子类测绘仪器技术领域,涉及一种应用于有角度补偿的电子全站仪、电子经纬仪等测绘仪器的高精度横轴倾斜误差补偿方法。

背景技术

[0002] 对于电子经纬仪等测绘仪器来说,要进行精确角度测量,其前提是经纬仪的横轴水平、竖轴铅垂,横轴、竖轴与视准轴三轴两两正交。其中,把横轴的不水平度称为横轴倾斜误差 (i),由于在实际测量过程中,横轴倾斜误差总是一定程度的存在,因此,为了获得较高精度的角度测量值,就需要对横轴倾斜误差进行补偿。

[0003] 在本发明以前的现有技术中,传统电子全站仪、电子经纬仪等测绘仪器的横轴误差补偿模型是基于球面三角学原理推导而来,在推导过程中假定了横轴误差很小,且进行了大量数学近似处理,忽略了不同误差同时存在时的耦合问题,因此,传统横轴倾斜误差补偿只是一个近似误差补偿模型,并不能精确的反映横轴倾斜对角度测量的影响,而且只适合横轴倾斜误差较小的情况,对于横轴倾斜误差较大时的情况,并不适用。此外,当前国内外高精度电子经纬仪与全站仪通常只针对横轴误差对水平角的测量影响进行补偿,而对垂直角很少进行补偿。随着技术的进步,以及人们对垂直角测量精度的要求越来越高,由横轴倾斜误差带来的垂直角测量误差也亟需得到补偿。

发明内容

[0004] 针对上述现有技术状况,本发明的目的在于,提出一种能够在较大范围内对横轴倾斜误差对垂直方向测角值的影响进行高精度补偿的方法。

[0005] 本发明的基本构思是:与现有的基于坐标变换进行方位角测量的思路不同,本发明主要针对由横轴倾斜误差带来的对垂直角的测量误差进行补偿,提供一种垂直角高精度补偿数学模型,将经纬仪的横轴倾斜误差作为基本的矩阵元,将经纬仪测角的旋转过程以相应的旋转矩阵表示,最后得到有横轴倾斜误差存在时,经纬仪垂直角的真实测量模型。其具体步骤如下:

[0006] 步骤 1:在经纬仪三轴两两垂直的状态下,以经纬仪的横轴、视准轴以及竖轴分别为 X、Y、Z 轴建立正交直角坐标系;

[0007] 步骤 2:当存在横轴倾斜误差 i 时,经纬仪的三轴发生倾斜(如图 1 所示),所述的横轴倾斜误差 i 是指一种可检定误差。此时,经纬仪横轴倾斜误差矩阵为:

$$[0008] \quad C_1 = \begin{pmatrix} \cos i & 0 & -\sin i \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin i & 0 & \cos i \end{pmatrix}$$

[0009] 步骤 3:当经纬仪对目标进行观测时,若水平角的测量值为 α ,竖直角测量值为 β ,则旋转矩阵分别为:

$$[0010] \quad C_2 = \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$[0011] \quad C_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \beta & \sin \beta \\ 0 & -\sin \beta & \cos \beta \end{pmatrix}$$

[0012] 步骤 4:总的旋转矩阵为:

[0013]

$$C = C_3 C_2 C_1 = \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos i & \sin \alpha & -\cos \alpha \sin i \\ -\sin \alpha \cos \beta \cos i + \sin \beta \sin i & \cos \alpha \cos \beta & \sin \alpha \cos \beta \sin i + \sin \beta \cos i \\ \sin \alpha \sin \beta \cos i + \cos \beta \sin i & -\cos \alpha \sin \beta & -\sin \alpha \sin \beta \sin i + \cos \beta \cos i \end{pmatrix}$$

[0014] 步骤 5:根据步骤 4 得到存在横轴倾斜误差时,经纬仪转过的垂直角补偿后真实值 α_r 为:

[0015]

$$\alpha_r = \arctan\left(\frac{\sin \alpha \cos \beta \sin i + \sin \beta \cos i}{\sqrt{(\sin \alpha \cos \beta \cos i - \sin \beta \sin i)^2 + \cos^2 \alpha \cos^2 \beta}}\right) \quad (1)$$

[0016] 当横轴倾斜误差的值很小的时候,(1)式可以简化为:

$$[0017] \quad \alpha_r = \arctan(\tan \beta \cos i + \sin i \sin \alpha) \quad (2)$$

[0018] 本发明同现有技术相比的优越性在于,由于现有技术采用的是一种近似处理的模型,且对垂直角很少进行补偿,本发明所提出的是一种通过坐标变换建立的精确的数学模型,并将新模型运用于经纬仪垂直角的高精度测量中,因此补偿精度更高,误差补偿范围更大,在横轴倾斜误差小角度近似的条件下,可以用更为简单的模型来进行补偿,且易于实施。

附图说明

[0019] 图 1 是以经纬仪三轴构建的坐标系示意图

[0020] 其中:X 轴-经纬仪横轴;Y 轴-经纬仪视准轴;Z 轴-经纬仪竖轴;i-横轴倾斜角;

[0021] X_1 轴-存在横轴倾斜误差时横轴指向; Y_1 轴-存在横轴倾斜误差时视准轴指向;

[0022] Z_1 轴-存在横轴倾斜误差时竖轴指向。

[0023] 图 2 是横轴倾斜误差补偿原理框图

具体实施方式

[0024] 现结合附图对本发明的做进一步详述:

[0025] 参见图 1:图中所示为电子全站仪、电子经纬仪的三轴,其中:X 轴-经纬仪横轴;Y 轴-经纬仪视准轴;Z 轴-经纬仪竖轴;i-横轴倾斜角; X_1 轴-存在横轴倾斜误差时横轴指向; Y_1 轴-存在横轴倾斜误差时视准轴指向; Z_1 轴-存在横轴倾斜误差时竖轴指向。本发明方法,以视准轴为测量轴,测量过程中,首先绕竖轴旋转,得到一个旋转矩阵 C_2 ,再以横

轴为旋转轴,得到旋转矩阵 C_3 ,本发明所述的 C_1 是经纬仪初始横轴倾斜误差矩阵,这样,即得总的旋转矩阵 C ,根据本发明所建立的数学模型 (1)、(2),就可以得到存在横轴倾斜误差时,经纬仪转过的垂直角补偿后真实值 α_r 。

[0026] 参见图 2:示出了横轴倾斜误差补偿原理框图。在具体实施过程中,可提前检定得到经纬仪的横轴倾斜误差 i ,并将 i 输入到横轴倾斜误差补偿模块中,所述的横轴倾斜误差补偿模块,是一种经编程后固化有本发明横轴倾斜误差模型的通用单片机,经纬仪的垂直度盘输出的角度信息 β 、水平度盘输出的角度信息 α 以及检定得到的经纬仪横轴倾斜误差 i 分别输入到单片机的不同输入端口,经横轴倾斜误差补偿模块的数学处理,得到补偿后的精确角度信息,由单片机的输出端口输出垂直角的真实值 α_r 。其中,横轴倾斜误差补偿模块可以根据实际应用特点及要求采用由公式 (1) 或 (2) 确定的公式作为补偿模型。

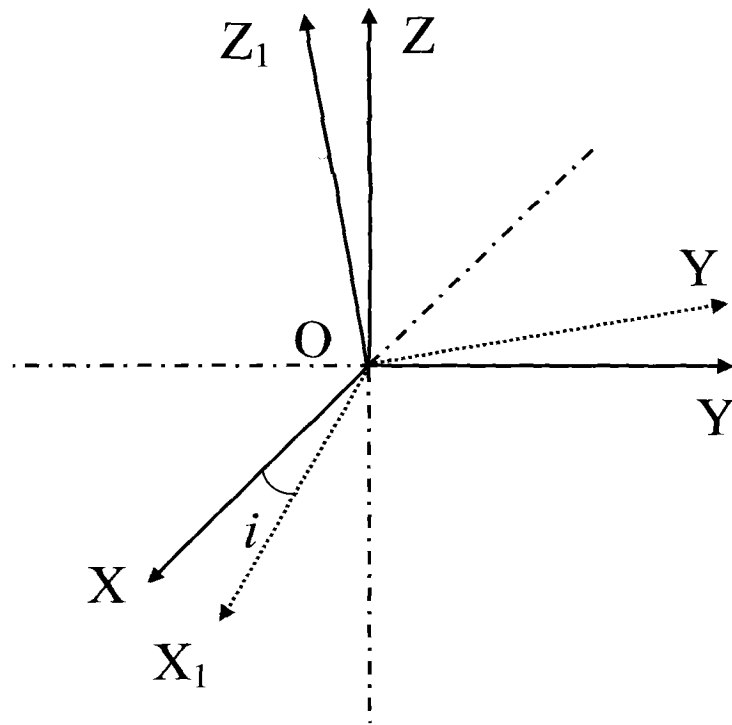


图 1

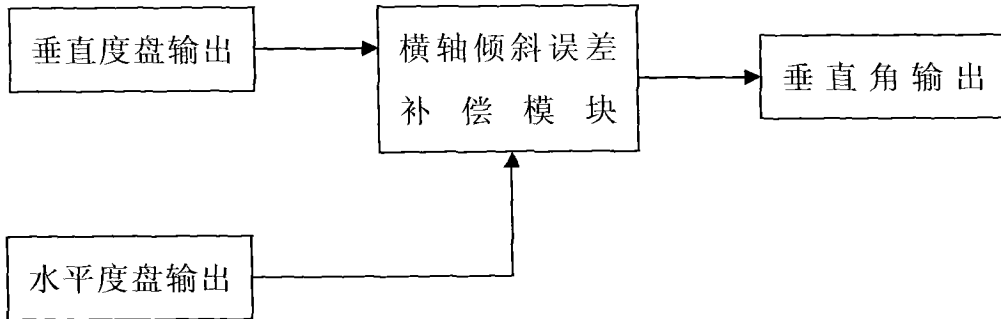


图 2