



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114184168 A

(43) 申请公布日 2022. 03. 15

(21) 申请号 202111512877.5

(22) 申请日 2021.12.11

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市经济技术开发区东南湖大路3888号

(72) 发明人 王成龙 陈小林 陈涛 余毅
周培毅 王文灿 张晓宁 王博

(74) 专利代理机构 长春中科长光知识产权代理
事务所(普通合伙) 22218

代理人 郭婷

(51) Int. Cl.

G01C 9/00 (2006.01)

G01C 25/00 (2006.01)

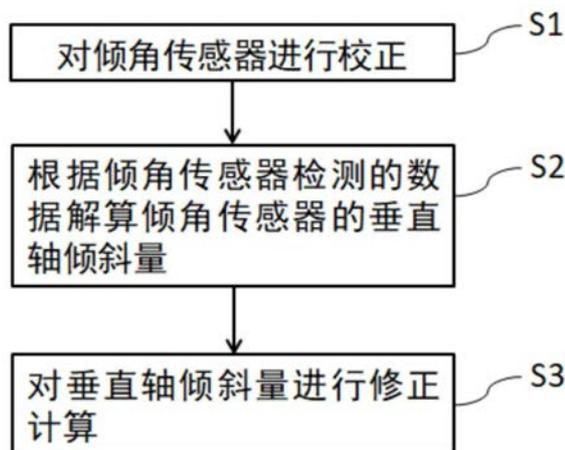
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

光测设备实时倾斜补偿方法

(57) 摘要

本发明提供一种光测设备实时倾斜补偿方法,光测设备内部安装有倾角传感器,包括以下步骤:S1、对倾角传感器进行校正;S2、根据倾角传感器检测的数据解算倾角传感器的垂直轴倾斜量;S3、对垂直轴倾斜量的误差进行修正。实时准确获得光测设备的轴系误差,通过实时误差补偿,解决了垂直轴倾斜动态扰动问题,从而实现移动式车载光测设备高精度不落地测量,提高了光测设备的测角精度。



1. 一种光测设备实时倾斜补偿方法,所述光测设备内部安装有倾角传感器,其特征在于,包括以下步骤:

S1、对所述倾角传感器进行校正;

S2、根据所述倾角传感器检测的数据解算所述倾角传感器的垂直轴倾斜量;

S3、对所述垂直轴倾斜量的误差进行修正。

2. 根据权利要求1所述的光测设备实时倾斜补偿方法,其特征在于,所述步骤S1包括以下子步骤:

S1.1、调整所述光测设备的角度和位置,对所述倾角传感器进行初始化,使倾角传感器X轴和Y轴输出值为零;

S1.2、将实验平台与X轴平行的一端b端抬起,沿Y轴正向倾斜 $20'$,Y轴输出为零;将实验平台与Y轴平行的一端抬起,沿X轴正向倾斜 $30'$,初始化倾角传感器,X轴输出为零。

3. 根据权利要求2所述的光测设备实时倾斜补偿方法,其特征在于,所述垂直轴倾斜量的解算过程为:

假设OZ上一点M(0,1,0),经过两次旋转矩阵运算的坐标为:

$$\begin{bmatrix} y \\ z \\ x \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \beta & \sin \beta \\ 0 & -\sin \beta & \cos \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin \alpha \\ \cos \alpha \cdot \cos \beta \\ -\cos \alpha \cdot \sin \beta \end{bmatrix} \quad (1.1)$$

其中, α 为OX轴方向上的倾斜量, β 为OY轴方向上的倾斜量;

则垂直轴倾斜量为旋转后的Z'轴与原Z轴的夹角,可以计算得到:

$$\overline{OZ} = \{0,1,0\} = \{\sin \alpha, \cos \alpha \cdot \cos \beta, -\cos \alpha \cdot \sin \beta\} \quad (1.2)$$

$$\cos I = \frac{\overline{OZ} \cdot \overline{OZ'}}{|\overline{OZ}| \cdot |\overline{OZ}'|} = \frac{\cos \alpha \cdot \cos \beta}{\sqrt{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha \cdot \cos^2 \beta + \cos^2 \alpha \cdot \sin^2 \beta}} \quad (1.3)$$

$$I = \arcsin \left(\frac{\cos \alpha \cdot \cos \beta}{\sqrt{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha \cdot \cos^2 \beta + \cos^2 \alpha \cdot \sin^2 \beta}} \right) \quad (1.4)$$

其中,I为所述垂直轴倾斜量。

4. 根据权利要求3所述的光测设备实时倾斜补偿方法,其特征在于,所述垂直轴倾斜量的修正公式为:

$$\begin{cases} \Delta A_1 = I_1 \operatorname{tg} E_M = I \sin(A_H - A_M) \cdot \operatorname{tg} E_M \\ \Delta E_1 = I_2 = I \cos(A_H - A_M) \end{cases} \quad (1.5)$$

其中, I_1 为所述误差的水平轴倾斜误差, I_2 为所述误差的高低角测角误差; A_H 为垂直轴倾斜方向的方位角, A_M 为目标方向的方位角, E_M 为目标方向的高低角, ΔA_1 为垂直轴的方位修正量, ΔE_1 为垂直轴的俯仰修正量。

光测设备实时倾斜补偿方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光电测控技术领域,特别涉及光测设备实时倾斜补偿方法。

背景技术

[0002] 目前用于测量的光测系统大部分是固定站式(还有部分能够调平后使用的车载式),随着测控技术水平的不断提升,机动式车载光测系统开始广泛应用于现代靶场测量。在活动站工作时,车载平台随机停在多种路面上,可以满足任意地点、任意时间实时进行测量和跟踪,机动性强,可提高设备的快速展开能力,具有较大优越性。车载光测系统工作时载车底盘作为测量基座,车体变形,经纬仪的工作速度、加速度扰动,甚至地面下陷等均会造成垂直轴的一定倾斜误差。

[0003] 车载光测系统等设备测量系统的轴系误差(包括垂直轴误差、水平轴误差和照准轴误差)的测量准确性、修正算法的准确性直接关系到测量设备的测角精度,因此要提高测量设备的测角精度,必须首先准确测量出各轴系误差,然后采用准确的误差修正算法。目前的误差修正算法多数没有采取实时动态数据,个别采用动态数据也只是依据调平支腿的调节参数,在作战环境复杂,外部干扰因素较多时,无法满足高精度测量的要求。

发明内容

[0004] 鉴于上述问题,本发明的目的是提出一种光测设备实时倾斜补偿方法,在车载光测系统机动工作时,实时准确获得光测设备的轴系误差,通过实时误差补偿,解决了垂直轴倾斜动态扰动问题,从而实现移动式车载光测设备高精度不落地测量,提高了光测设备的测角精度。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用以下具体技术方案:

[0006] 本发明提供的一种光测设备实时倾斜补偿方法,光测设备内部安装有倾角传感器,包括以下步骤:

[0007] S1、对倾角传感器进行校正;

[0008] S2、根据倾角传感器检测的数据解算倾角传感器的垂直轴倾斜量;

[0009] S3、对垂直轴倾斜量的误差进行修正。

[0010] 优选地,步骤S1包括以下子步骤:

[0011] S1.1、调整光测设备的角度和位置,对倾角传感器进行初始化,使倾角传感器X轴和Y轴输出值为零;

[0012] S1.2、将实验平台与X轴平行的一端b端抬起,沿Y轴正向倾斜 $20'$,Y轴输出为零;将实验平台与Y轴平行的一端抬起,沿X轴正向倾斜 $30'$,初始化倾角传感器,X轴输出为零。

[0013] 优选地,垂直轴倾斜量的解算过程为:

[0014] 假设OZ上一点M(0,1,0),经过两次旋转矩阵运算的坐标为:

$$[0015] \begin{bmatrix} y \\ z \\ x \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \beta & \sin \beta \\ 0 & -\sin \beta & \cos \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin \alpha \\ \cos \alpha \cdot \cos \beta \\ -\cos \alpha \cdot \sin \beta \end{bmatrix} \quad (1.6)$$

[0016] 其中, α 为OX轴方向上的倾斜量, β 为OY轴方向上的倾斜量;

[0017] 则垂直轴倾斜量为旋转后的Z'轴与原Z轴的夹角, 可以计算得到:

$$[0018] \overline{OZ} = \{0, 1, 0\} = \{\sin \alpha, \cos \alpha \cdot \cos \beta, -\cos \alpha \cdot \sin \beta\} \quad (1.7)$$

$$[0019] \cos I = \frac{\overline{OZ} \cdot \overline{OZ'}}{|\overline{OZ}| \cdot |\overline{OZ'}|} = \frac{\cos \alpha \cdot \cos \beta}{\sqrt{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha \cdot \cos^2 \beta + \cos^2 \alpha \cdot \sin^2 \beta}} \quad (1.8)$$

$$[0020] I = \arcsin \left(\frac{\cos \alpha \cdot \cos \beta}{\sqrt{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha \cdot \cos^2 \beta + \cos^2 \alpha \cdot \sin^2 \beta}} \right) \quad (1.9)$$

[0021] 其中, I 为垂直轴倾斜量。

[0022] 优选地, 垂直轴倾斜量的修正公式为:

$$[0023] \begin{cases} \Delta A_1 = I_1 \operatorname{tg} E_M = I \sin(A_H - A_M) \cdot \operatorname{tg} E_M \\ \Delta E_1 = I_2 = I \cos(A_H - A_M) \end{cases} \quad (1.10)$$

[0024] 其中, I_1 为误差的水平轴倾斜误差, I_2 为误差的高低角测角误差; A_H 为垂直轴倾斜方向的方位角, A_M 为目标方向的方位角, E_M 为目标方向的高低角。 ΔA_1 为垂直轴的方位修正量, ΔE_1 为垂直轴的俯仰修正量。

[0025] 与现有的技术相比, 本发明在车载光测系统机动工作时, 实时准确获得光测设备的轴系误差, 通过实时误差补偿, 解决了垂直轴倾斜动态扰动问题, 从而实现移动式车载光测设备高精度不落地测量, 提高了光测设备的测角精度。

附图说明

[0026] 图1是根据本发明实施例提供的光测设备结构示意图。

[0027] 图2是根据本发明实施例提供的光测设备实时倾斜补偿方法的流程图。

[0028] 图3是根据本发明实施例提供的光测设备实时倾斜补偿方法的倾角传感器的标定图。

[0029] 图4是根据本发明实施例提供的光测设备实时倾斜补偿方法的倾角传感器的误差测量示意图。

[0030] 图5是根据本发明实施例提供的光测设备实时倾斜补偿方法的垂直轴倾斜误差与被测角的关系示意图。

[0031] 其中的附图标记包括: 倾角传感器1、坐标轴1-1和垂直轴1-2。

具体实施方式

[0032] 在下文中, 将参考附图描述本发明的实施例。在下面的描述中, 相同的模块使用相同的附图标记表示。在相同的附图标记的情况下, 它们的名称和功能也相同。因此, 将不重复其详细描述。

[0033] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及具体实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,而不构成对本发明的限制。

[0034] 图1示出了根据本发明实施例提供的车载光测系统的光测设备结构。

[0035] 如图1所示,本发明实施例提供的光测设备内部安装有倾角传感器1,倾角传感器1安装在光测设备内部的上方,倾角传感器1位于光测设备的垂直轴1-2上,通过螺钉进行固定,倾角传感器与控制处理系统通过数据线进行连接,在装调标校后即可使用。

[0036] 倾角传感器1的坐标轴1-1包括X轴和Y轴。

[0037] 图2示出了根据本发明实施例提供的车载光测系统的流程。

[0038] 如图2所示,本发明涉及一种实时倾斜补偿方法。实现倾斜补偿修正包括以下步骤:

[0039] S1、对倾角传感器进行校正。

[0040] 步骤S1包括以下子步骤:

[0041] 对倾角传感器做初始化调试和输出值测试,倾角传感器的X轴、Y轴在方位角 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 范围内任一位置的输出值应为零或接近于零。

[0042] 图3示出了根据本发明实施例提供的车载光测系统的倾角传感器的标定过程。

[0043] 如图3所示,倾角传感器X轴输出角度为X轴指向水平绕Y轴的转动角,倾角传感器Y轴输出角度为Y轴指向水平绕X轴的转动角。

[0044] S1.1人工调整光测设备的角度及位置,对倾角传感器进行初始化,使倾角传感器X轴和Y轴输出值为零(或接近于零);

[0045] S1.2将实验平台的b端抬起,沿Y轴正向倾斜 $20'$,Y轴输出保持为零(或接近于零);将实验平台的a端抬起,沿X轴正向倾斜 $30'$,初始化倾角传感器,X轴输出保持为零(或接近于零)。

[0046] S2、解算倾角传感器的垂直轴倾斜量。

[0047] 图4示出了根据本发明实施例提供的车载光测系统的倾角传感器的误差测量过程。

[0048] 如图4所示,在OX轴方向上存在着倾斜量 α ,相当于绕X轴旋转角度 α ;在OY轴方向上存在着倾斜量 β ,相当于绕Y轴旋转角度 β ;

[0049] 假设OZ上一点M(0,1,0),经过两次旋转矩阵运算的坐标为:

$$[0050] \begin{bmatrix} y \\ z \\ x \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \beta & \sin \beta \\ 0 & -\sin \beta & \cos \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin \alpha \\ \cos \alpha \cdot \cos \beta \\ -\cos \alpha \cdot \sin \beta \end{bmatrix} \quad (1.11)$$

[0051] 则垂直轴的倾斜量为旋转后的Z轴(Z')与之前Z轴的夹角,可以通过两个矢量的夹角计算得到:

$$[0052] \overline{OZ} = \{0,1,0\} = \{\sin \alpha, \cos \alpha \cdot \cos \beta, -\cos \alpha \cdot \sin \beta\} \quad (1.12)$$

[0053] 设垂直轴倾斜量为I,则:

$$[0054] \cos I = \frac{\overline{OZ} \cdot \overline{OZ'}}{|\overline{OZ}| \cdot |\overline{OZ}'|} = \frac{\cos \alpha \cdot \cos \beta}{\sqrt{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha \cdot \cos^2 \beta + \cos^2 \alpha \cdot \sin^2 \beta}} \quad (1.13)$$

$$[0055] \quad I = \arcsin \left(\frac{\cos \alpha \cdot \cos \beta}{\sqrt{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha \cdot \cos^2 \beta + \cos^2 \alpha \cdot \sin^2 \beta}} \right) \quad (1.14)$$

[0056] 将倾角传感器测量得到的测量值 α 、 β 输入上述公式,即可解算出垂直轴倾斜量。

[0057] S3、对垂直轴倾斜量进行修正计算。

[0058] 图5示出了根据本发明实施例提供的车载光测系统的垂直轴倾斜误差与被测角的关系。

[0059] 如图5所示,0Z为铅垂线,0A为光测系统实际垂直轴,则 $\angle A0Z = I$,0B为垂直轴倾斜方向,其方位角 A_H 。M为目标,其方位角为 A_M ,高低角为 E_M 。

[0060] 无垂直轴倾斜误差时,光测设备垂直轴和铅垂线平行。视准轴(即光测设备主镜光轴)OM'随俯仰角增大所画出的大圆弧为ZM。此时,视准轴瞄向空间目标位置M,编码器所指向的方位角为 A_M 。

[0061] 有垂直轴倾斜误差时,光电经纬仪的垂直轴为0A不与铅垂线平行。弧 \widehat{ZA} 所在的大圆和大圆 $\widehat{HMH'}$ 相交于点B,则垂直轴倾斜方向即为0B所指的方向,方位角记为 A_H 。垂直轴倾斜误差 $I = Z_M$ 。

[0062] 过M点分别作大圆 $\widehat{ZMM'}$ 和 $\widehat{AMM'}$,过A作大圆并垂直于 \widehat{ZM} 交于A'。在球面三角形 $\triangle ZAA'$ 中, $\widehat{AZ} = I$ 。本发明可以将I分解成两个分量,即 $I_1 = \widehat{AA'}$, $I_2 = \widehat{A'Z}$ 。在球面直角三角形 $\triangle AZA'$ 中,在ZOM平面内过O点作OA'的垂线交天球于K。如果光电经纬仪视轴对准目标,俯仰编码器的零位不是指向OM'位置,而是指向OK位置,方位角也是指向OM'位置,编码器所指向的方位角记为 A_1 。

[0063] 则 $\angle BOM'$ 为目标与垂直轴倾斜方向的方位夹角记为:

$$[0064] \quad \angle BOM' = AH - AM, \quad \widehat{MK} = \widehat{ZA} = I_2 \quad \mathbf{MK = Z\hat{A} = I_2}.$$

[0065] 由球面直角三角形的正弦关系可得:

$$[0066] \quad \sin I_1 = \sin I \cdot \sin(A_H - A_M), \quad \text{tg} I_1 = \text{tg} I \cdot \text{tg}(A_H - A_M).$$

[0067] I 、 I_1 、 I_2 都很小,所以根据三角函数的幂级数公式有:

$$[0068] \quad \begin{aligned} I_1 &= I \cdot \sin(A_H - A_M) \\ I_2 &= I \cdot \cos(A_H - A_M) \end{aligned} \quad (1.15)$$

$$[0069] \quad |I| = \sqrt{I_1^2 + I_2^2} \quad (1.16)$$

[0070] I_1 分量是垂直轴倾斜误差产生的水平轴倾斜误差;

[0071] I_2 分量是垂直轴倾斜误差产生的高低角测角误差。

[0072] 可以得到修正公式:

$$[0073] \quad \begin{cases} \Delta A_1 = I_1 \text{tg} E_M = I \sin(A_H - A_M) \cdot \text{tg} E_M \\ \Delta E_1 = I_2 = I \cos(A_H - A_M) \end{cases} \quad (1.17)$$

[0074] 其中, ΔA_1 为垂直轴的方位修正量, ΔE_1 为垂直轴的俯仰修正量。

[0075] 因此将垂直轴倾斜量I代入上面的修正公式,即可修正垂直轴误差对角度测量的

影响。

[0076] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

[0077] 以上本发明的具体实施方式,并不构成对本发明保护范围的限定。任何根据本发明的技术构思所作出的各种其他相应的改变与变形,均应包含在本发明权利要求的保护范围内。

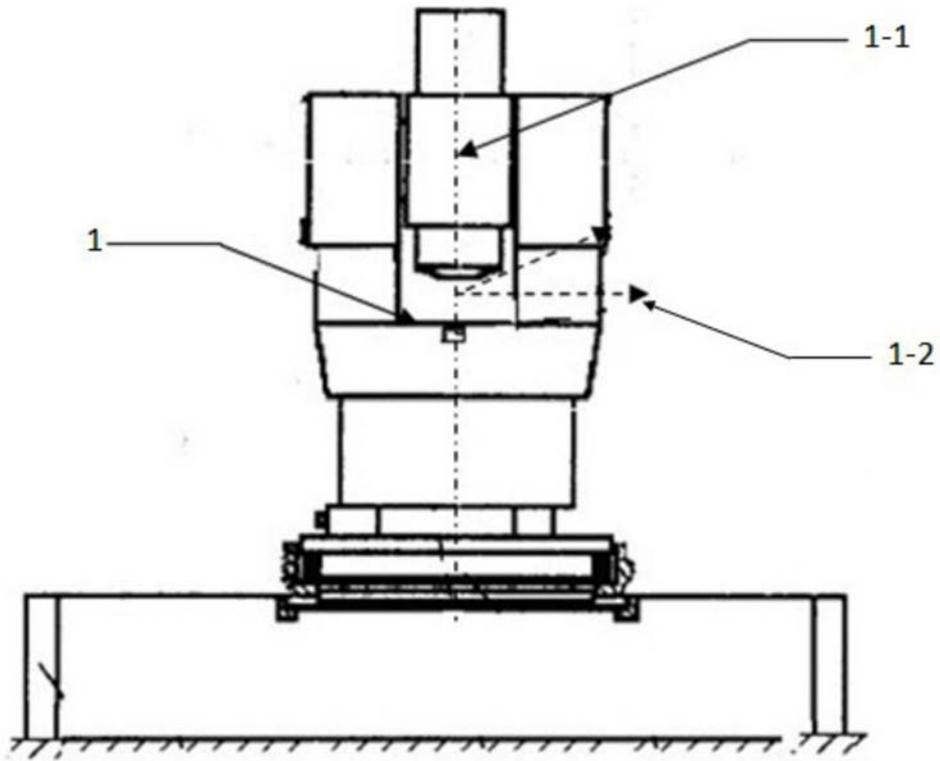


图1

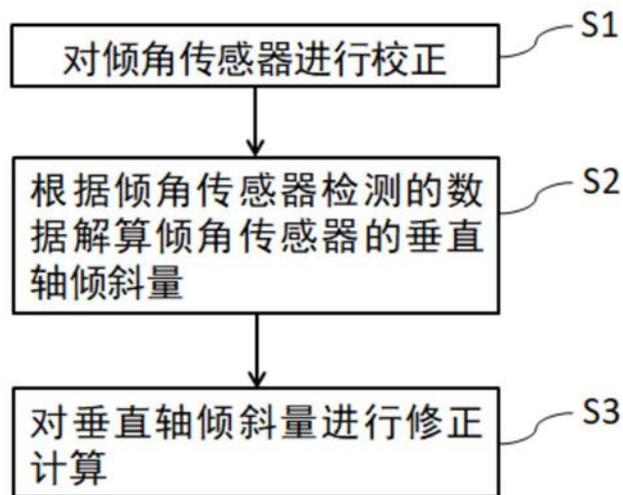


图2

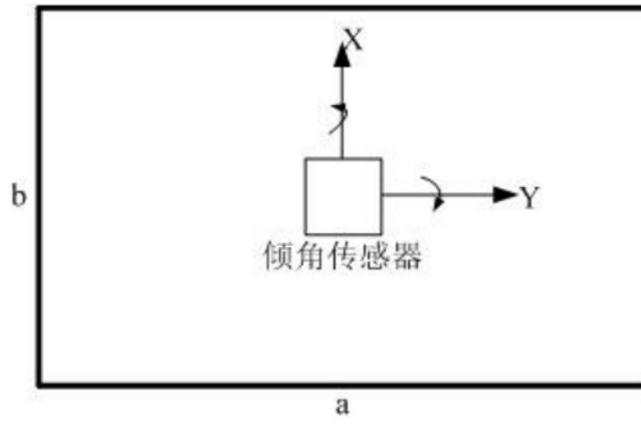


图3

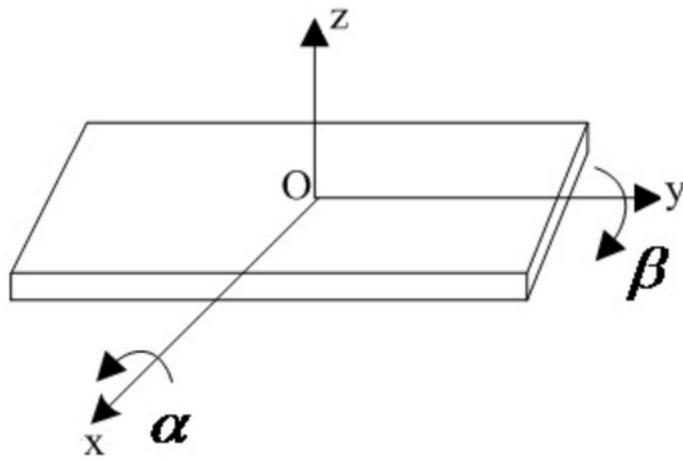


图4

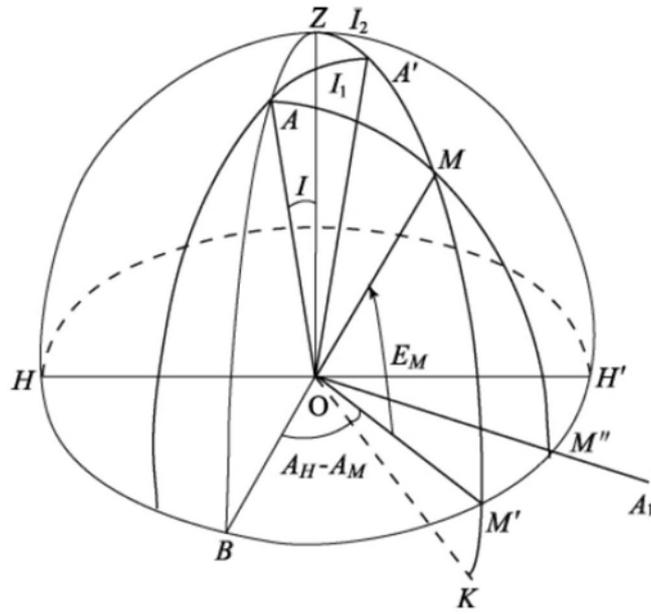


图5