



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109283501 B

(45) 授权公告日 2024.06.04

(21) 申请号 201811397320.X

(22) 申请日 2018.11.22

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109283501 A

(43) 申请公布日 2019.01.29

(73) 专利权人 北京遥感设备研究所  
地址 100854 北京市海淀区永定路51号

(72) 发明人 蔺震 张晓峰 樊润东 刘玉静  
周瑞雪

(74) 专利代理机构 中国航天科工集团公司专利  
中心 11024  
专利代理师 葛鹏

(51) Int. Cl.  
G01S 7/40 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 105425217 A, 2016.03.23

CN 103983954 A, 2014.08.13

CN 104596503 A, 2015.05.06

CN 102967851 A, 2013.03.13

CN 106526554 A, 2017.03.22

CN 107703499 A, 2018.02.16

US 5933110 A, 1999.08.03

丁军等. 基于舰艇基线及DGPS的雷达实时标  
校方法.《指挥控制与仿真》.2011, (第05期), 正  
文第1-4节.

审查员 公羽

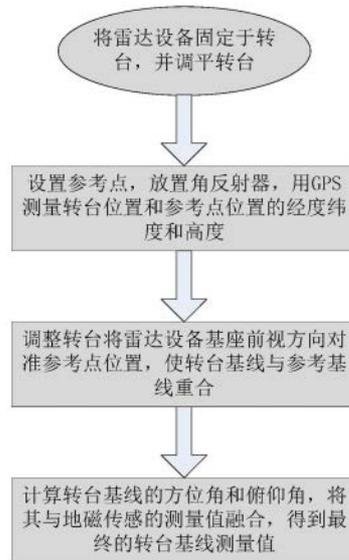
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种二维转台基线对准方法

(57) 摘要

本发明公开了一种二维转台基线对准方法, 该方法是在外场试验环境下利用雷达设备和低成本设备实现二维转台基线快速对准。主要使用的辅助测量设备有GPS机设备、地磁传感器和水平仪。该方法的实施方式是: 1, 将雷达设备固定于转台, 并调平转台。2, 在距离转台400m之外设置参考点, 放置角反射器, 用GPS测量转台位置和参考点位置的经度纬度和高度。3, 调整转台将雷达基座前视方向对准参考点位置, 使转台基线与参考基线重合。4, 计算转台基线的方位角和俯仰角, 将其与地磁传感的测量值融合, 得到最终的转台基线测量值。该方法在外场试验条件下充分利用了雷达设备自身的测角特性, 采用成本低廉容易购买的辅助设备, 是一种简单便捷的转台基线对准方法。



1. 一种二维转台基线对准方法,其特征在于,包括:

步骤100,利用固定于转台的雷达设备和GPS接收机进行转台基线粗对准并计算转台基线的方位角和俯仰角;

步骤200,将步骤100中的计算结果与地磁传感的测量值融合,得到最终的转台基线测量值;

步骤100中还包括:

步骤101,将雷达设备固定于转台,并调平转台;

步骤102,在任意位置设置参考点,放置角反射器,用GPS测量转台位置和参考点位置的经度纬度和高度;

步骤103,调整转台将雷达基座前视方向对准参考点位置,使转台基线与参考基线重合;

所述使转台基线与参考基线重合,包括:

基于所述角反射器回波的角度信息对所述转台基线进行微调,使所述角度信息中的方位角和俯仰角的角误差为0。

2. 按照权利要求1所述的二维转台基线对准方法,其特征在于,所述步骤102中,参考点与转台之间的距离大于400m。

3. 按照权利要求1所述的二维转台基线对准方法,其特征在于,所述步骤100中,具体计算方法为:利用GPS接收机测得转台位置和参考点的经度纬度和高度值分别为 $(\lambda_1, L_1, h_1)$ 和 $(\lambda_2, L_2, h_2)$ ,将这两点投影到地球坐标系下,求出两点连线即基线的方向向量 $\vec{a}$ ,以坐标系0-XYZ为地球坐标系,根据式(1)得出转台位置的地球坐标系坐标 $(x_1, y_1, z_1)$ ,同理得出参考点位置的地球坐标系坐标 $(x_2, y_2, z_2)$ ;

$$\begin{cases} x_1 = (R_N + h_1) \cos(L_1) \cos(\lambda_1) \\ y_1 = (R_N + h_1) \cos(L_1) \sin(\lambda_1) \\ z_1 = (R_N (1-f)^2 + h_1) \sin(L_1) \end{cases} \quad (1)$$

式中 $R_N$ 表示地球的卯酉圈半径, $f$ 为地球的扁率。

4. 按照权利要求3所述的二维转台基线对准方法,其特征在于,得出方向向量 $\vec{a}(x_a, y_a, z_a)$ 如式(2),

$$\begin{cases} x_a = x_2 - x_1 \\ y_a = y_2 - y_1 \\ z_a = z_2 - z_1 \end{cases} \quad (2)。$$

5. 按照权利要求4所述的二维转台基线对准方法,其特征在于,根据式(3)将向量 $\vec{a}$ 投影到转台所在东北天位置的地理坐标系

$$\begin{bmatrix} x_{an} \\ y_{an} \\ z_{an} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin(\lambda_1) & \cos(\lambda_1) & 0 \\ -\sin(L_1)\cos(\lambda_1) & -\sin(L_1)\sin(\lambda_1) & \cos(L_1) \\ \cos(L_1)\cos(\lambda_1) & \cos(L_1)\sin(\lambda_1) & \sin(L_1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_a \\ y_a \\ z_a \end{bmatrix} \quad (3)。$$

6.按照权利要求5所述的二维转台基线对准方法,其特征在于,根据式(4)得出基线的方位角 $\psi_1$ 俯仰角 $\theta_1$

$$\begin{cases} \psi_1 = \arctan\left(\frac{x_{an}}{y_{an}}\right) \\ \theta_1 = \arctan\left(\frac{z_{an}}{\sqrt{x_{an}^2 + y_{an}^2}}\right) \end{cases} \quad (4)。$$

7.按照权利要求6所述的二维转台基线对准方法,其特征在于,步骤200的具体计算方法为:

设地磁传感器测得转台基线的方位角 $\psi_2$ 俯仰角 $\theta_2$ ,其测量精度为 $\sigma_{\psi_2}$ 和 $\sigma_{\theta_2}$ ,根据所述基线的计算公式(1)到(4),将方位角 $\psi_1$ 俯仰角 $\theta_1$ 看作是转台位置和参考点的经度纬度和高度的函数,设, GPS经度纬度和高度的测量精度为 $\sigma_\lambda, \sigma_L$ 和 $\sigma_h$ ,且

$$\begin{cases} \psi_1 = f(\lambda_1, L_1, h_1, \lambda_2, L_2, h_2) \\ \theta_1 = g(\lambda_1, L_1, h_1, \lambda_2, L_2, h_2) \end{cases} \quad (5)。$$

8.按照权利要求7所述的二维转台基线对准方法,其特征在于,根据误差传递公式,得出GPS测量基线的误差为:

$$\begin{cases} \sigma_{\psi_1}^2 = \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial \lambda_1} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial \lambda_2} \right)^2 \right] \sigma_\lambda^2 + \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial L_1} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial L_2} \right)^2 \right] \sigma_L^2 + \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial h_1} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial h_2} \right)^2 \right] \sigma_h^2 \\ \sigma_{\theta_1}^2 = \left[ \left( \frac{\partial g}{\partial \lambda_1} \right)^2 + \left( \frac{\partial g}{\partial \lambda_2} \right)^2 \right] \sigma_\lambda^2 + \left[ \left( \frac{\partial g}{\partial L_1} \right)^2 + \left( \frac{\partial g}{\partial L_2} \right)^2 \right] \sigma_L^2 + \left[ \left( \frac{\partial g}{\partial h_1} \right)^2 + \left( \frac{\partial g}{\partial h_2} \right)^2 \right] \sigma_h^2 \end{cases} \quad (6)。$$

9.按照权利要求8所述的二维转台基线对准方法,其特征在于,利用最小二乘法将基线的计算结果和地磁传感器的测量结果进行融合,得到最终的转台基线测量值 $\psi$ 和 $\theta$ :

$$\begin{cases} \psi = \psi_1 + \frac{\sigma_{\psi_1}^2}{\sigma_{\psi_1}^2 + \sigma_{\psi_2}^2} (\psi_2 - \psi_1) \\ \theta = \theta_1 + \frac{\sigma_{\theta_1}^2}{\sigma_{\theta_1}^2 + \sigma_{\theta_2}^2} (\theta_2 - \theta_1) \end{cases} \quad (7)$$

融合后的测量误差 $\sigma_\psi$ 和 $\sigma_\theta$ 为:

$$\begin{cases} \sigma_\psi^2 = \frac{\sigma_{\psi_1}^2 \sigma_{\psi_2}^2}{\sigma_{\psi_1}^2 + \sigma_{\psi_2}^2} \\ \sigma_\theta^2 = \frac{\sigma_{\theta_1}^2 \sigma_{\theta_2}^2}{\sigma_{\theta_1}^2 + \sigma_{\theta_2}^2} \end{cases}。$$

## 一种二维转台基线对准方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种二维转台基线对准方法,特别是雷达设备在外场试验环境下,采用低成本设备实现二维转台基线对准方法。

### 背景技术

[0002] 在雷达抗干扰、抗杂波问题研究的过程中,需要雷达设备在试验外场录取不同场景下的目标和杂波的回波数据,在这个过程中雷达设备的波束指向需要外部设备给予引导信息对其进行引导。为实现对雷达波束方向的精确引导,首先需要将雷达设备的基线,即放置雷达的二维转台基线与实验当地的地理坐标系(东北天坐标系)进行精确对准。一般情况下实现二维转台的基线对准大多采用精度较高的罗经或经纬仪实现,但是这两种设备市场价格偏高,而且操作复杂,对准时间长,在需要频繁对准的工作环境中使用不便。针对以上问题,本文所提出的二维转台基线对准方法,主要是利用了GPS接收机、地磁传感器和水平仪等低成本设备,同时利用雷达设备自身的测角特性,实现在试验过程中二维转台的精确对准。方法的操作过程简单,易于实现。

### 发明内容

[0003] 在外场试验环境下,为了实现二维转台基线的快速对准,并保证对准精确度,解决现有技术问题,本发明提供一种二维转台基线对准方法。

[0004] 本发明为一种二维转台基线对准方法,包括:

[0005] 步骤100,利用固定于转台的雷达设备和GPS接收机进行转台基线粗对准并计算转台基线的方位角和俯仰角;

[0006] 步骤200,将步骤100中的计算结果与地磁传感的测量值融合,得到最终的转台基线测量值。

[0007] 优选地,步骤一中还包括:

[0008] 步骤101,将雷达设备固定于转台,并调平转台;

[0009] 步骤102,在任意位置设置参考点,放置角反射器,用GPS测量转台位置和参考点位置的经度纬度和高度;

[0010] 步骤103,调整转台将雷达基座前视方向对准参考点位置,使转台基线与参考基线重合。

[0011] 优选地,所述步骤102中,参考点与转台之间的距离大于400m。

[0012] 优选地,所述步骤100中,具体计算方法为:

[0013] 利用GPS接受机测得转台位置和参考点的经度纬度和高度值分别为 $(\lambda_1, L_1, h_1)$ 和 $(\lambda_2, L_2, h_2)$ ,将这两点投影到地球坐标系下,求出两点连线即基线的方向向量 $\vec{a}$ ,以坐标系O-XYZ为地球坐标系,根据式(1)得出转台位置的地球坐标系坐标 $(x_1, y_1, z_1)$ ,同理得出参考点位置的地球坐标系坐标 $(x_2, y_2, z_2)$ ;

$$[0014] \quad \begin{cases} x_1 = (R_N + h_1) \cos(L_1) \cos(\lambda_1) \\ y_1 = (R_N + h_1) \cos(L_1) \sin(\lambda_1) \\ z_1 = (R_N(1-f)^2 + h_1) \sin(L_1) \end{cases} \quad (1)$$

[0015] 式中 $R_N$ 表示地球的卯酉圈半径, $f$ 为地球的扁率。

[0016] 优选地,得出方向向量 $\vec{a}$  ( $x_a, y_a, z_a$ )如式(2),

$$[0017] \quad \begin{cases} x_a = x_2 - x_1 \\ y_a = y_2 - y_1 \\ z_a = z_2 - z_1 \end{cases} \quad (2)。$$

[0018] 优选地,根据式(3)将向量 $\vec{a}$ 投影到转台所在东北天位置的地理坐标系

$$[0019] \quad \begin{bmatrix} x_{an} \\ y_{an} \\ z_{an} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin(\lambda_1) & \cos(\lambda_1) & 0 \\ -\sin(L_1)\cos(\lambda_1) & -\sin(L_1)\sin(\lambda_1) & \cos(L_1) \\ \cos(L_1)\cos(\lambda_1) & \cos(L_1)\sin(\lambda_1) & \sin(L_1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_a \\ y_a \\ z_a \end{bmatrix} \quad (3)。$$

[0020] 优选地,根据式(4)得出基线的方位角 $\psi_1$ 俯仰角 $\theta_1$

$$[0021] \quad \begin{cases} \psi_1 = \arctan\left(\frac{x_{an}}{y_{an}}\right) \\ \theta_1 = \arctan\left(\frac{z_{an}}{\sqrt{x_{an}^2 + y_{an}^2}}\right) \end{cases} \quad (4)。$$

[0022] 优选地,步骤200的具体计算方法为:

[0023] 设地磁传感器测得转台基线的方位角 $\psi_2$ 俯仰角 $\theta_2$ ,其测量精度为 $\sigma_{\psi_2}$ 和 $\sigma_{\theta_2}$ ,根据所述基线的计算公式(1)到(4),可以将方位角 $\psi_1$ 俯仰角 $\theta_1$ 看作是转台位置和参考点的经度纬度和高度的函数,设, GPS经度纬度和高度的测量精度为 $\sigma_\lambda, \sigma_L$ 和 $\sigma_h$ ,且

$$[0024] \quad \begin{cases} \psi_1 = f(\lambda_1, L_1, h_1, \lambda_2, L_2, h_2) \\ \theta_1 = g(\lambda_1, L_1, h_1, \lambda_2, L_2, h_2) \end{cases} \quad (5)。$$

[0025] 优选地,根据误差传递公式,得出GPS测量基线的误差为

$$[0026] \quad \begin{cases} \sigma_{\psi_1}^2 = \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial \lambda_1} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial \lambda_2} \right)^2 \right] \sigma_\lambda^2 + \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial L_1} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial L_2} \right)^2 \right] \sigma_L^2 + \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial h_1} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial h_2} \right)^2 \right] \sigma_h^2 \\ \sigma_{\theta_1}^2 = \left[ \left( \frac{\partial g}{\partial \lambda_1} \right)^2 + \left( \frac{\partial g}{\partial \lambda_2} \right)^2 \right] \sigma_\lambda^2 + \left[ \left( \frac{\partial g}{\partial L_1} \right)^2 + \left( \frac{\partial g}{\partial L_2} \right)^2 \right] \sigma_L^2 + \left[ \left( \frac{\partial g}{\partial h_1} \right)^2 + \left( \frac{\partial g}{\partial h_2} \right)^2 \right] \sigma_h^2 \end{cases} \quad (6)。$$

[0027] 优选地,利用最小二乘法将基线的计算结果和地磁传感器的测量结果进行融合,得到最终的转台基线测量值 $\psi$ 和 $\theta$

$$[0028] \quad \begin{cases} \psi = \psi_1 + \frac{\sigma_{\psi_1}^2}{\sigma_{\psi_1}^2 + \sigma_{\psi_2}^2} (\psi_2 - \psi_1) \\ \theta = \theta_1 + \frac{\sigma_{\theta_1}^2}{\sigma_{\theta_1}^2 + \sigma_{\theta_2}^2} (\theta_2 - \theta_1) \end{cases} \quad (7)。$$

[0029] 融合后的测量误差 $\sigma_{\psi}$ 和 $\sigma_{\theta}$ 为

$$[0030] \quad \begin{cases} \sigma_{\psi}^2 = \frac{\sigma_{\psi_1}^2 \sigma_{\psi_2}^2}{\sigma_{\psi_1}^2 + \sigma_{\psi_2}^2} \\ \sigma_{\theta}^2 = \frac{\sigma_{\theta_1}^2 \sigma_{\theta_2}^2}{\sigma_{\theta_1}^2 + \sigma_{\theta_2}^2} \end{cases}。$$

[0031] 综上所述,采用了上述实施例,由于GPS接收机、地磁传感器和水平仪这三种设备在市面上应用十分广泛,因此,本发明具有操作简单且成本低等优点,满足试验中转台对准的要求。实现二维转台基线的快速对准,并保证对准精确度,解决现有技术中精度不足、成本高等技术问题。

### 附图说明

[0032] 图1本发明一个实施例的一种二维转台基线对准方法实施步骤示意图;

[0033] 图2本发明一个实施例的二维转台基线对准示意图;

[0034] 图3本发明一个实施例的基线向量坐标转换示意图。

### 具体实施方式

[0035] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明进一步详细说明。

[0036] 图1为本发明一个实施例的一种二维转台基线对准方法实施步骤示意图;图2为本发明一个实施例的二维转台基线对准示意图;图3为本发明一个实施例的基线向量坐标转换示意图。

[0037] 具体实施细则如下:

[0038] 首先将二维转台的方位角和俯仰角调至0度,将雷达设备固定在二维机械转台上,雷达设备的基座前视方向即二维转台的基线方向,利用水平仪对转台进行调平。

[0039] 然后在距离雷达设备400米(或更远)以外设置参考点,放置一个朝向雷达设备方向的角反射器。在转台上和参考点处放置GPS接收机,测量转台位置和参考点位置的经纬度和高度。

[0040] 此时,参考点与转台安装位置构成一条参考基线。旋转二维转台的载荷平台将雷达基座前视方向大致调向基准线方向。控制雷达设备将天线发出波束方位角和俯仰角设置为0。然后雷达开机,控制转台旋转,将设备轴线方向对准参考点的位置的角反射器,通过接收到角反射器回波的角度信息继续对转台进行微调,直至角反射器回波信息中的方位角和俯仰角的角误差为0,这时转台的基线与参考基线重合。

[0041] 利用之前GPS接收机测得的转台和参考点的位置信息,按照之前描述的方法计算出一组转台基线的方位角和俯仰角。然后将地磁传感器安装于转台载荷平台上,又得出一

组转台基线的方位角和俯仰角,利用最小二乘法将这两组测量值融合,得到一组精度较高的转台基线测量值,完成二维转台的对准。

[0042] 在实施过程中要注意:转台安装位置尽量高于角反射器位置,避免遮挡视线;同时要将角反的最强反射方向尽量对准雷达设备,并清理放置角反射器周围的其它强反射体。

[0043] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

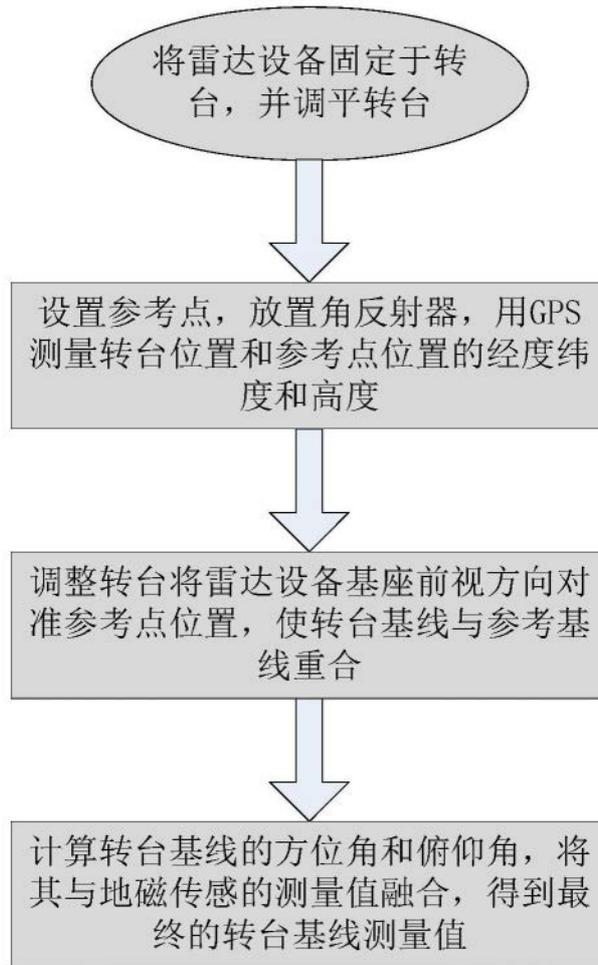


图1

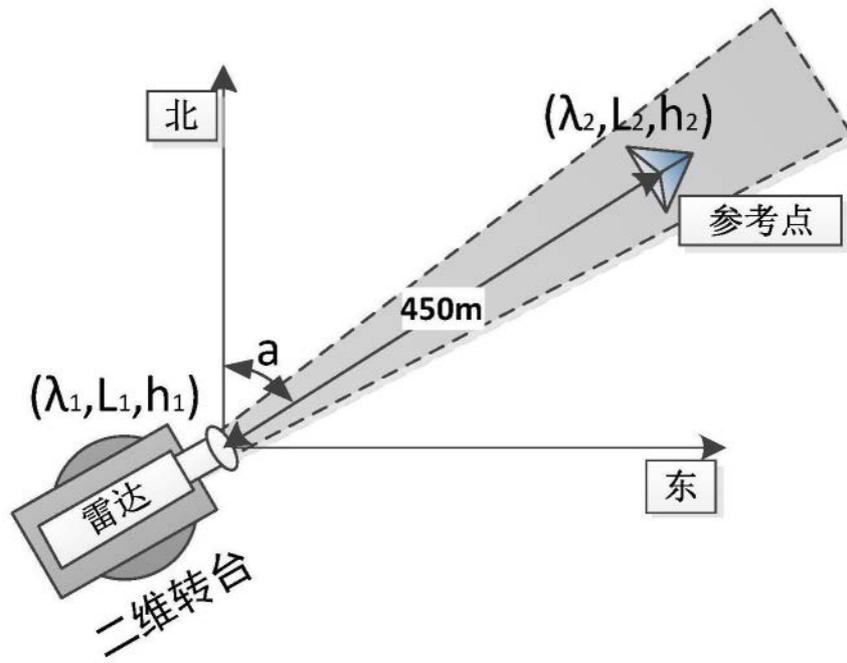


图2

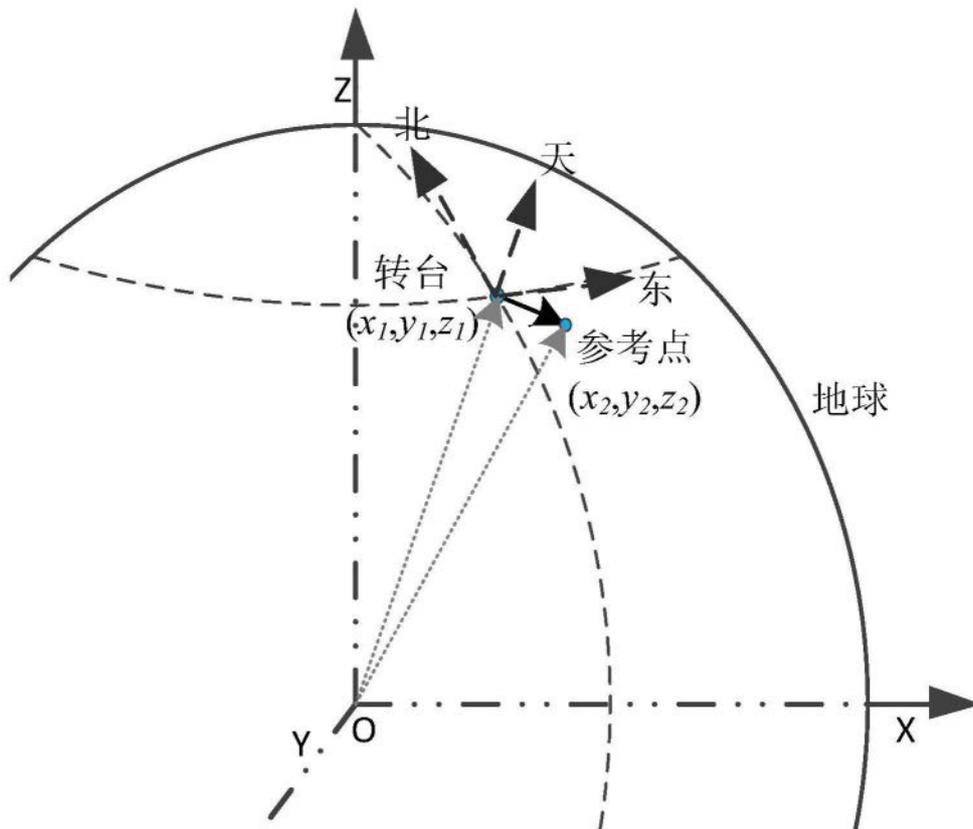


图3