



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104457756 B

(45)授权公告日 2017.07.28

(21)申请号 201410681912.X

(22)申请日 2014.11.24

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104457756 A

(43)申请公布日 2015.03.25

(73)专利权人 中国运载火箭技术研究院
地址 100076 北京市丰台区北京9200信箱
38分箱

(72)发明人 王华 顾鑫 李潇 张尧 邓志均
岑小锋

(74)专利代理机构 中国航天科技专利中心
11009
代理人 范晓毅

(51)Int.Cl.
G01C 21/20(2006.01)

(56)对比文件

CN 101629999 A,2010.01.20,
CN 104007418 A,2014.08.27,
US 2010/0332126 A1,2010.12.30,
JP 特開平10-48321 A,1998.02.20,
查立宏.“基于ESM的空空无源定位系统分
析”.《弹箭与制导学报》.2003,
高翔.“仅有角度测量的双机协同机动目标
跟踪定位路径规划”.《红外与激光工程》.2013,
第42卷(第10期),

审查员 赵孟丹

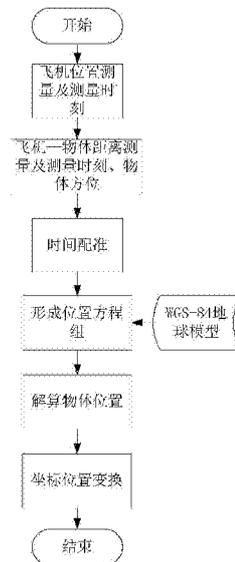
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种基于双机测距的海面物体定位方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于双机测距的海面物体定位方法,该方法通过两架飞机实时测量自身的位置信息,并利用机载测距设备测量飞机与海面物体之间的距离,在通过多源数据融合技术,实现测量数据的时间统一,在此基础上,利用测距交汇原理建立海面物体位置方程组,迭代解出方程组的解,并滤除方程组的模糊解,最终得出海面物体在WGS-84坐标系下的坐标,该方法减少了测距信息的维数,降低了系统的复杂性,使得数据处理过程更加简单可靠,实时性增强。



1. 一种基于双机测距的海面物体定位方法,其特征包括如下步骤:

步骤(一)、对两架飞机位置进行持续测量并记录对应的测量时刻,得到一系列飞机测量位置与对应的测量时刻的测量值;

步骤(二)、利用两架飞机分别对海面物体进行连续测距并记录对应的测距时刻和测距方向,得到一系列测距值和测距方向与对应的测距时刻的测量值;

步骤(三)、采用线性插值法得到同一时刻对应的两架飞机在WGS-84大地直角坐标系下的测量位置坐标 $P_1(x_1, y_1, z_1)$ 、 $P_2(x_2, y_2, z_2)$;两架飞机与海面物体之间的测距值 r_1 、 r_2 ;

步骤(四)、利用WGS-84椭球模型,位置坐标 $P_1(x_1, y_1, z_1)$ 、 $P_2(x_2, y_2, z_2)$,两架飞机与海面物体之间的测距值 r_1 、 r_2 ,建立海面物体位置方程组,具体方法如下:

(1)、WGS-84椭球模型的表示形式如下:

$$\begin{cases} x_{T,e} = (N + H_T) \cos B_T \cos L_T \\ y_{T,e} = (N + H_T) \cos B_T \sin L_T \\ z_{T,e} = [N(1 - e^2) + H_T] \sin B_T \end{cases} \quad (1)$$

其中:

N 为当地卯酉圈曲率半径;

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B_T}}, \quad (2)$$

地球长半径 $a=6378137\text{m}$;

第一偏心率平方 $e^2=0.00669437999013$;

L_T 为WGS-84地球大地坐标系下的经度;

B_T 为WGS-84地球大地坐标系下的纬度;

H_T 为WGS-84地球大地坐标系下的高程;

对于在海面漂浮物体,其高程 $H_T=0$,因此,WGS-84椭球模型可改写为如下标准形式:

$$x^2 + y^2 + \frac{z^2}{(1 - e^2)^2} = N^2 \quad (3)$$

(2)、根据测量位置坐标 $P_1(x_1, y_1, z_1)$ 、 $P_2(x_2, y_2, z_2)$;两架飞机与海面物体之间的测距值 r_1 、 r_2 建立海面物体的测量球体模型,具体表达形式如下:

$$(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 = r_1^2 \quad (4)$$

$$(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 = r_2^2 \quad (5)$$

(3)、将公式(3)、(4)、(5)联立,建立海面物体的位置方程组,如下所示:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 + \frac{z^2}{(1 - e^2)^2} = N^2 \\ (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 = r_1^2; \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 = r_2^2 \end{cases} \quad (6)$$

步骤(五)、解算得出海面物体的位置坐标 $T(x, y, z)$,具体方法如下:

(1)、设定海面物体的初始位置坐标 $T_0(x_0, y_0, z_0)$;

(2)、以测量的任一架飞机的纬度 B_1 代入公式(2)计算得到卯酉圈半径 N ;

(3)、将 N 带入公式(6)得到三元二次方程组,解出两组 x 、 y 、 z 值,即得到两个海面物体的位置坐标,保留与测距方向相同的位置坐标 $T'(x', y', z')$,去除另外一个位置坐标,计算两个位置坐标 $T_0(x_0, y_0, z_0)$ 与 $T'(x', y', z')$ 之间的距离;

(4)、判断步骤(3)计算得到的距离是否小于设定阈值;

(5)若小于设定的阈值,则海面物体位置坐标 $T'(x', y', z')$ 即为海面物体最终的位置坐标 $T(x, y, z)$,若大于设定的阈值,则计算海面物体位置坐标 $T'(x', y', z')$ 对应的纬度 B'_1 ,将纬度 B'_1 代入公式(2)计算得到卯酉圈半径 N ,返回步骤(3)。

2.根据权利要求1所述的一种基于双机测距的海面物体定位方法,其特征在于:将步骤(五)得到的海面物体在WGS-84大地直角坐标系下的位置 $T(x, y, z)$ 变换为WGS-84大地坐标系下的坐标 $T(B, L, H)$,具体方法如下:

$$B = \arctan \frac{z + be^2 \sin^3 U}{\sqrt{x^2 + y^2 - ae^2 \cos^3 U}}$$

$$L = \arctan \frac{y}{x}$$

$$H = \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{\cos B} - N$$

式中, $N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}}$, $U = \arctan\left(\frac{za}{\sqrt{x^2 + y^2}b}\right)$, a 为地球椭球的长半径, b 为地球椭

球短半径, e 是椭球的第一偏心率;

(B, L, H) 即为海面物体在WGS-84大地坐标系下的坐标。

3.根据权利要求1所述的一种基于双机测距的海面物体定位方法,其特征在于:所述步骤(一)中飞机位置采用GPS、BD-2或惯导信息进行测量。

4.根据权利要求1所述的一种基于双机测距的海面物体定位方法,其特征在于:所述步骤(二)中的连续测距方法采用激光测距仪或主动雷达测距方法。

一种基于双机测距的海面物体定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于双机测距的海面物体方法,适用于对海面物体检测和定位,属于天地信息一体化信息探测领域。

背景技术

[0002] 目前海面物体的定位方法主要包括以下两种:飞机携带单个主动雷达定位、基于辐射源的多雷达协同无源定位、飞机携带可见光/红外+激光测距定位等定位方法。

[0003] 其中飞机携带单个主动雷达定位是通过主动雷达测量物体相对于飞机的方位角、俯仰角和距离,辅以平台的位置、姿态信息实现对目标的定位。单个主动雷达定位精度易受平台的位置参数、平台的姿态信息、雷达测角信息、雷达测距信息等多个因素影响,特别是平台的姿态误差和雷达的测角信息受外部环境的影响较大难以实现对物体的精确定位,另外,主动雷达容易受到物体的材质影响。

[0004] 基于多雷达的无源定位仅与飞机的位置信息、辐射源到雷达的时间及各飞机的时间同步相关,该方法具有作用距离远,隐蔽性好等优点,但是该方法要求物体必须辐射相应的电磁波,对无辐射源物体无法实现定位。

[0005] 飞机携带可见光/红外+激光测距定位方法使用可见光/红外成像的方式测量物体相对于飞机的方位角和俯仰角,再结合激光测距仪测量的距离和飞机测量的偏航角、滚转角和俯仰角,实现物体的定位。该方法对角度测量信息的精度要求较高,且易收到气象等外界因素的影响,且每次只能定位一个目标。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服现有技术的上述不足,提供一种基于双机测距的海面物体定位方法,该方法通过双机携带的测距设备持续测量飞机与海面物体之间的距离,同时利用机载定位设备确定飞机自身的位置,综合上述测量信息建立关于海面物体位置的方程组,解方程组实现对物体的定位,该方法减少了测距信息的维数,降低了系统的复杂性,使得数据处理过程更加简单可靠,实时性增强。

[0007] 本发明的上述目的主要是通过如下技术方案予以实现的:

[0008] 一种基于双机测距的海面物体定位方法,包括如下步骤:

[0009] 步骤(一)、对两架飞机位置进行持续测量并记录对应的测量时刻,得到一系列飞机测量位置与对应的测量时刻的测量值;

[0010] 步骤(二)、利用两架飞机分别对海面物体进行连续测距并记录对应的测距时刻和测距方向,得到一系列测距值和测距方向与对应的测距时刻的测量值;

[0011] 步骤(三)、采用线性插值法得到同一时刻对应的两架飞机在WGS-84大地直角坐标系下的测量位置坐标 $P_1(x_1, y_1, z_1)$ 、 $P_2(x_2, y_2, z_2)$;两架飞机与海面物体之间的测距值 r_1 、 r_2 ;

[0012] 步骤(四)、利用WGS-84椭球模型,位置坐标 $P_1(x_1, y_1, z_1)$ 、 $P_2(x_2, y_2, z_2)$,两架飞机与海面物体之间的测距值 r_1 、 r_2 ,建立海面物体位置方程组,具体方法如下:

[0013] (1)、WGS-84椭球模型的表示形式如下：

$$[0014] \begin{cases} x_{T,e} = (N + H_T) \cos B_T \cos L_T \\ y_{T,e} = (N + H_T) \cos B_T \sin L_T \\ z_{T,e} = [N(1 - e^2) + H_T] \sin B_T \end{cases} \quad (1)$$

[0015] 其中：

[0016] N为当地卯酉圈曲率半径；

$$[0017] N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B_T}}, \quad (2)$$

[0018] 地球长半径 $a = 6378137\text{m}$ ；

[0019] 第一偏心率平方 $e^2 = 0.00669437999013$ ；

[0020] L_T 为WGS-84地球大地坐标系下的经度；

[0021] B_T 为WGS-84地球大地坐标系下的纬度；

[0022] H_T 为WGS-84地球大地坐标系下的高程；

[0023] 对于在海面漂浮物体，其高程 $H_T = 0$ ，因此，WGS-84椭球模型可改写为如下标准形式：

$$[0024] x^2 + y^2 + \frac{z^2}{(1 - e^2)^2} = N^2 \quad (3)$$

[0025] (2)、根据测量位置坐标 $P_1(x_1, y_1, z_1)$ 、 $P_2(x_2, y_2, z_2)$ ；两架飞机与海面物体之间的测距值 r_1 、 r_2 建立海面物体的测量球体模型，具体表达形式如下：

$$[0026] (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 = r_1^2 \quad (4)$$

$$[0027] (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 = r_2^2 \quad (5)$$

[0028] (3)、将公式(3)、(4)、(5)联立，建立海面物体的位置方程组，如下所示：

$$[0029] \begin{cases} x^2 + y^2 + \frac{z^2}{(1 - e^2)^2} = N^2 \\ (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 = r_1^2 ; \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 = r_2^2 \end{cases} \quad (6)$$

[0030] 步骤(五)、解算得出海面物体的位置坐标 $T(x, y, z)$ ，具体方法如下：

[0031] (1)、设定海面物体的初始位置坐标 $T_0(x_0, y_0, z_0)$ ；

[0032] (2)、以测量的任一架飞机的纬度 B_T 代入公式(2)计算得到卯酉圈半径 N ；

[0033] (3)、将 N 带入公式(6)得到三元二次方程组，解出两组 x 、 y 、 z 值，即得到两个海面物体的位置坐标，保留与测距方向相同的位置坐标 $T'(x', y', z')$ ，去除另外一个位置坐标，计算两个位置坐标 $T_0(x_0, y_0, z_0)$ 与 $T'(x', y', z')$ 之间的距离；

[0034] (4)、判断步骤(3)计算得到的距离是否小于设定阈值；

[0035] (5)若小于设定的阈值，则海面物体位置坐标 $T'(x', y', z')$ 即为海面物体最终的位置坐标 $T(x, y, z)$ ，若大于设定的阈值，则计算海面物体位置坐标 $T'(x', y', z')$ 对应的纬度 B'_T ，将纬度 B'_T 代入公式(2)计算得到卯酉圈半径 N ，返回步骤(3)。

[0036] 在上述基于双机测距的海面物体定位方法中,将步骤(五)得到的海面物体在WGS-84大地直角坐标系下的位置 $T(x, y, z)$ 变换为WGS-84大地坐标系下的坐标 $T(B, L, H)$,具体方法如下:

$$[0037] \quad B = \arctan \frac{z + be^2 \sin^3 U}{\sqrt{x^2 + y^2 - ae^2 \cos^3 U}}$$

$$[0038] \quad L = \arctan \frac{y}{x}$$

$$[0039] \quad H = \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{\cos B} - N$$

[0040] 式中, $N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}}$, $U = \arctan\left(\frac{za}{\sqrt{x^2 + y^2}b}\right)$, a 为地球椭球的长半径, b 为地球椭球短半径, e 是椭球的第一偏心率;

[0041] (B, L, H) 即为海面物体在WGS-84大地坐标系下的坐标。

[0042] 在上述基于双机测距的海面物体定位方法中,步骤(一)中飞机位置采用GPS、BD-2或惯导信息进行测量。

[0043] 在上述基于双机测距的海面物体定位方法中,步骤(二)中的连续测距方法采用激光测距仪或主动雷达测距方法。

[0044] 在上述基于双机测距的海面物体定位方法中,步骤(二)中的连续测距方法采用激光测距仪或主动雷达测距方法。

[0044] 本发明与现有技术相比的有益效果是:

[0045] (1)、本发明通过两架飞机实时测量自身的位置信息,并利用机载测距设备测量飞机与海面物体之间的距离,在通过多源数据融合技术,实现测量数据的时间统一,在此基础上,利用测距交汇原理建立海面物体位置方程组,迭代解出方程组的解,并滤除方程组的模糊解,最终得出海面物体在WGS-84坐标系下的坐标,相比于现有方法,本发明利用了测距交汇原理进行物体定位,利用物体海拔高度为零的特点,减少了测距信息的维数,降低了系统的复杂性;

[0046] (2)、本发明在定位过程中只使用了测距信息和定位信息,降低了传统方法中的对测姿信息的高精度要求,同时降低了设备的使用数量,使得数据处理过程更加简单可靠,实时性增强;

[0047] (3)、本发明可以对单个目标进行定位,也可实现对海面上可视范围内的多个物体的同时定位,对于集群目标具有较高的定位效率,实用性强;

[0048] (4)、本发明可兼容主动雷达、激光测距等测距设备,易于实现全天时、全天候的工作能力;

[0049] (5)、本发明采用迭代方法计算海面物体的位置坐标,并采用去模糊方法去除无效数据,可以在信息量不足的情况下对方程组进行解算,提高了解算方法的适用性。

附图说明

[0050] 图1为本发明双机测距的海面物体定位方法流程图;

[0051] 图2为本发明多源数据时间配准示意图;

[0052] 图3为本发明海面物体定位原理图。

[0053] 具体实施实例

[0054] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细的描述:

[0055] 如图1所示为本发明双机测距的海面物体定位方法流程图,本发明物体定位方法主要分为飞机位置测量、飞机—海面物体的距离测量、物体位置方程组建立、交汇方程组解算等,具体实施步骤如下:

[0056] (一)、飞机位置测量

[0057] 飞机位置可以采用GPS、BD-2、惯导信息等进行测量,飞机位置需在WGS-84大地直角坐标系下描述,如果测量的飞机位置不在WGS-84大地直角坐标系下,可通过坐标转换,将坐标转换至WGS-84大地直角坐标系下。在测量飞机位置的同时,需要记录飞机位置的测量时刻,得到一系列飞机测量位置与对应的测量时刻的测量值。

[0058] (二)、飞机—海面物体的距离测量

[0059] 利用飞机携带的测距设备,分别测量两架飞机到海面物体之间的距离和测量方向,如果有多个海面物体,可以同时测量飞机到多个物体之间的距离。在测量距离和测量方向的同时,需要记录对应的测量时间,得到一系列测距信息、测量方向与对应的测距时刻的测量值。距离测量可以使用主动雷达,也可以使用激光测距仪等测量。

[0060] (三)、物体位置方程组建立

[0061] (1)、时间配准

[0062] 如图2所示为本发明多源数据时间配准示意图,飞机—海面物体距离信息和飞机位置信息,须是在同一时刻的测量信息。由于两架飞机的位置测量时刻、飞机—海面物体距离测量时间可能不一致,若不一致需要将测量数据在时间上进行配准。时间配准方法采用线性插值法,本发明采用线性插值法得到同一时刻对应的两架飞机在WGS-84大地直角坐标系下得测量位置信息 $P_1(x_1, y_1, z_1)$ 、 $P_2(x_2, y_2, z_2)$;两架飞机与海面物体之间的测距信息 r_1 、 r_2 。

[0063] 例如:选择距离 r_2 为时间基准,将其它三个测量信息统一到距离 r_2 时间基准上。方法如下:

[0064] 距离 r_1 计算方法:根据在 t'_{m-1} 和 t'_m 时刻测距信息为 r'_{m-1} 、 r'_m ,计算对应于 β_1 的距离 r_1 ,如图2,公式如下:

$$[0065] \quad r_1 = r'_{m-1} + \frac{t'_m - t'_{m-1}}{t'_m - t'_{m-1}} \cdot (r'_m - r'_{m-1})$$

[0066] 同理,可以计算出飞机1和飞机2在 t_m 时刻的位置 β_3 、 β_2 。

[0067] (2)、WGS-84椭球模型

[0068] WGS-84椭球模型表示形式如下:

$$[0069] \quad \begin{cases} x_{T,e} = (N + H_T) \cos B_T \cos L_T \\ y_{T,e} = (N + H_T) \cos B_T \sin L_T \\ z_{T,e} = [N(1 - e^2) + H_T] \sin B_T \end{cases} \quad (1)$$

[0070] 式中,

[0071] N为当地卯酉圈曲率半径;

$$[0072] \quad N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B_T}}, \quad (2)$$

[0073] 地球长半径 $a=6378137\text{m}$;

[0074] 第一偏心率平方 $e^2=0.00669437999013$;

[0075] L_T 为WGS-84地球大地坐标系下的经度;

[0076] B_T 为WGS-84地球大地坐标系下的纬度;

[0077] H_T 为WGS-84地球大地坐标系下的高程。

[0078] 对于在海面漂浮物体,其高程 $H_T=0$,因此,WGS-84椭球模型可改写为如下标准形式:

$$[0079] \quad x^2 + y^2 + \frac{z^2}{(1 - e^2)^2} = N^2 \quad (3)$$

[0080] (3)海面物体测量球模型

[0081] 根据步骤(2)中时间配准后的两架飞机在WGS-84坐标系下的位置坐标 $P_1(x_1, y_1, z_1)$ 、 $P_2(x_2, y_2, z_2)$ 和两架飞机测量的到海面物体之间的距离 r_1, r_2 ,可以建立海面物体的测量球体模型,表达形式如下:

$$[0082] \quad (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 = r_1^2 \quad (4)$$

$$[0083] \quad (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 = r_2^2 \quad (5)$$

[0084] (4)将式(3)、(4)、(5)联立,建立海面物体的位置方程组,如下所示:

$$[0085] \quad \begin{cases} x^2 + y^2 + \frac{z^2}{(1 - e^2)^2} = N^2 \\ (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 = r_1^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 = r_2^2 \end{cases} \quad (6)$$

[0086] (四)、解算得出海面物体的位置 $T(x, y, z)$

[0087] 如图3所示为本发明海面物体定位原理图,图中 P_1, P_2 点为两架飞机的位置点, T 为海面物体。WGS-84椭球模型为图中的椭圆形,圆心为地球质量中心,两架飞机所确定的测量球模型如虚线圆所示。

[0088] 在步骤三(4)中构建的海面物体坐标方程组中,有4个未知数3个方程,无法得出方程组的解析解。以任一架飞机测量的位置为先验点,迭代解方程组,开展如下计算过程:

[0089] (1)、设定海面物体的初始位置 $T_0(x_0, y_0, z_0)$;

[0090] (2)、以测量的任一架飞机的纬度 B_T 代入式(2)计算得到卯西圈半径 N ;

[0091] (3)、将 N 带入式(6)得到三元二次方程组,解出两组 x, y, z 值,即得到两个海面物体的位置坐标,保留与该时刻测量方向相同的位置坐标 $T'(x', y', z')$,去掉另外一个位置坐标,根据 $T_0(x_0, y_0, z_0)$ 与 $T'(x', y', z')$ 计算两个位置坐标之间的距离;

[0092] (4)、判断步骤(3)得到的距离是否小于设定阈值;

[0093] (5)、若小于设定的阈值,则海面物体位置 $T'(x', y', z')$ 即为海面物体的位置 $T(x, y, z)$,若大于设定的阈值,则计算海面物体位置 $T'(x', y', z')$ 对应的纬度 B'_T ,将纬度 B'_T 代

入式(2)计算得到卯酉圈半径N,返回步骤(3)。

[0094] (五)、海面物体坐标变换

[0095] 将步骤(四)得到的海面物体在WGS-84大地直角坐标系下的位置T(x,y,z)变换为WGS-84大地坐标系下的坐标T(B,L,H),具体方法如下:

$$[0096] \quad B = \arctan \frac{z + be^2 \sin^3 U}{\sqrt{x^2 + y^2 - ae^2 \cos^3 U}}$$

$$[0097] \quad L = \arctan \frac{y}{x} \quad (7)$$

$$[0098] \quad H = \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{\cos B} - N$$

[0099] 式中, $N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}}$, $U = \arctan\left(\frac{za}{\sqrt{x^2 + y^2}b}\right)$, a为地球椭球的长半径, b为地球椭球短半径, e是椭球的第一偏心率。

[0100] (B,L,H)即为海面物体在WGS-84大地坐标系下的坐标。当同时定位多个海面物体时,针对每一个物体重复上述过程即可实现。

[0101] 采用本发明定位方法相较传统方法减少了2-3套飞机及测量设备的使用,降低了成本30%~50%,且可以实现多个目标同时定位,且没有降低测量精度和实时性。

[0102] 以上所述,仅为本发明最佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

[0103] 本发明说明书中未作详细描述的内容属于本领域专业技术人员的公知技术。

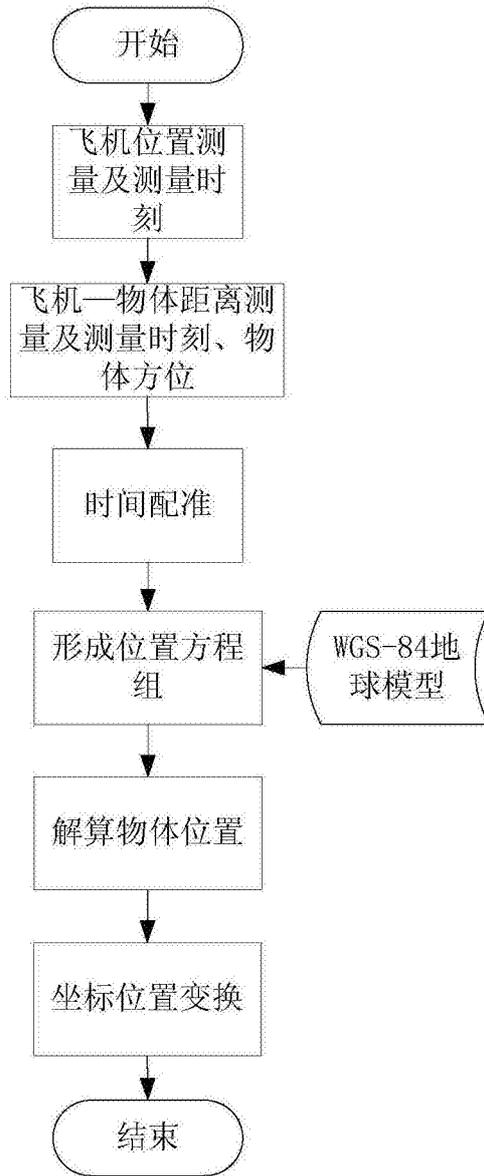


图1

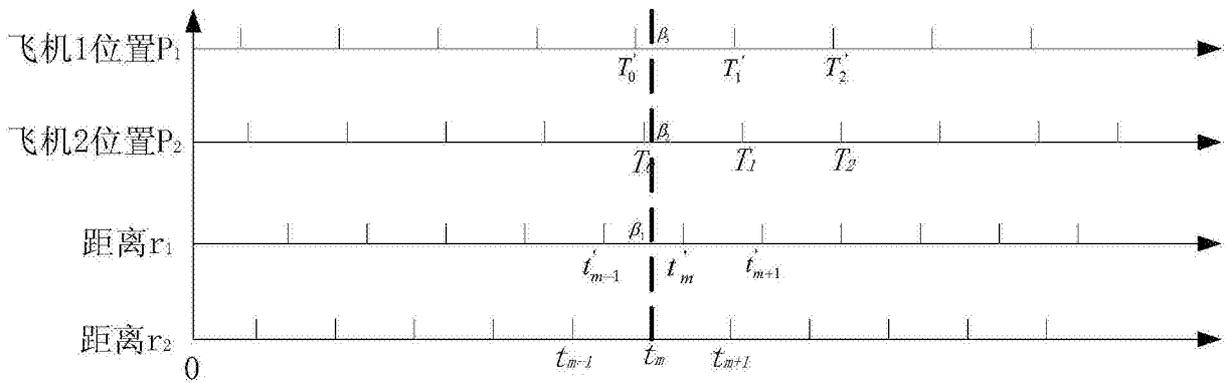


图2

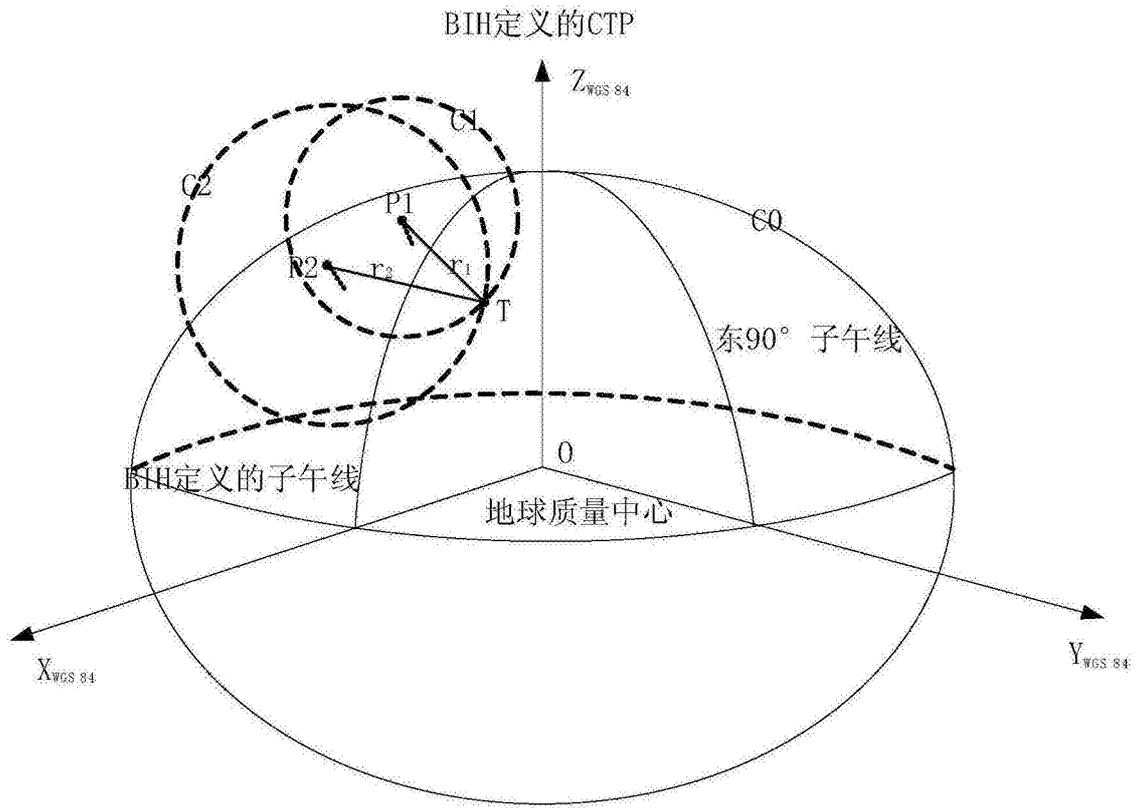


图3