



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105300385 B

(45)授权公告日 2017.11.21

(21)申请号 201510606666.6

(22)申请日 2015.09.22

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105300385 A

(43)申请公布日 2016.02.03

(73)专利权人 中国科学院上海技术物理研究所

地址 200083 上海市虹口区玉田路500号

(72)发明人 孔晓健 周士兵 崔维鑫 朱进兴  
于远航 刘石神 孙浩

(74)专利代理机构 上海新天专利代理有限公司  
31213

代理人 郭英

(51)Int.Cl.

G01C 21/24(2006.01)

(56)对比文件

CN 101462599 A, 2009.06.24,

CN 102175247 A, 2011.09.07,

US 6026337 A, 2000.02.15,

苏威等.红外地球敏感器修正的卫星姿态角  
动量反馈控制.《西安交通大学学报》.2014,第48  
卷(第4期),

沈国权等.面向微小卫星的红外静态焦平面  
地球敏感器设计.《传感技术学报》.2012,第25卷  
(第5期),

审查员 吴黎舒

权利要求书3页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

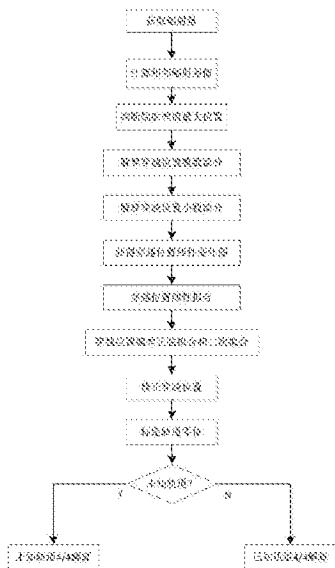
一种线阵红外地球敏感器的四通道姿态解  
算方法

(57)摘要

本发明公开了一种线阵红外地球敏感器的  
四通道姿态解算方法,首先对相邻辐射数据进  
行判断,获得穿越位置的整数部分,进而计算其  
小数部分,然后通过单镜头线性扫描标定试验,  
线性拟合线性运动轨迹,将误差项正弦拟合以  
及二次拟合得到辐射量校正公式,进行各通道穿  
越位置的修正。继而通过获得轨道零位标定表,  
得到姿态角零位,在任意轨道、未知轨道应用相  
应模式解算姿态角。本发明提高了线阵红外地球  
敏感器的测量精度,降低测量偏差,并有效解决  
了线阵红外地球敏感器在轨应用于不同轨道、甚  
至未知轨道的姿态测量问题。

B

CN 105300385



1. 一种线阵红外地球敏感器的四通道姿态解算方法,其特征在于包括以下步骤:

(1)、获得为线阵列探测器A通道从当前第i元到第i-5元的辐射量数据灰度值,依次记为D<sub>6</sub>、D<sub>5</sub>、D<sub>4</sub>、D<sub>3</sub>、D<sub>2</sub>、D<sub>1</sub>,其中i是0-N的整数,N为线阵红外地球敏感器所用线阵列探测器的元素,N为大于6的整数;当前5元不足,i<5时,由上一周期最末像元依次补齐;

(2)、根据步骤(1)获得的当前位置i,按以下公式计算相邻辐射量差值diff,除法运算分子da和整数部分z;

当i=0时,分别计算D<sub>4</sub>-D<sub>3</sub>、D<sub>5</sub>-D<sub>4</sub>、D<sub>6</sub>-D<sub>5</sub>:当D<sub>4</sub>-D<sub>3</sub>最大时,diff=D<sub>4</sub>-D<sub>3</sub>,da=D<sub>1</sub>+D<sub>6</sub>-2D<sub>3</sub>,z=N-4;当D<sub>5</sub>-D<sub>4</sub>最大时,diff=D<sub>5</sub>-D<sub>4</sub>,da=D<sub>2</sub>+D<sub>6</sub>-2D<sub>4</sub>,z=N-3;当D<sub>6</sub>-D<sub>5</sub>最大时,diff=D<sub>6</sub>-D<sub>5</sub>,da=D<sub>2</sub>+D<sub>6</sub>-2D<sub>4</sub>,z=N-2;

当i=1,2,3时,diff=0,da=0,z=0;

当i=4时,diff=D<sub>4</sub>-D<sub>3</sub>,da=D<sub>6</sub>-D<sub>3</sub>,z=0;

当i=5时,diff=D<sub>4</sub>-D<sub>3</sub>,da=D<sub>2</sub>+D<sub>6</sub>-2D<sub>3</sub>,z=1;

当4< i < N时,diff=D<sub>4</sub>-D<sub>3</sub>,da=D<sub>1</sub>+D<sub>6</sub>-2D<sub>3</sub>,z=i-4;

(3)、根据步骤(2)的计算结果,判断相邻辐射量差值diff首次出现最大值的情况,使用该情况下的相邻辐射量差值diff、除法运算分子da和整数部分z的数据;

(4)、根据步骤(3)的数据,按以下方法获得A通道穿越位置的整数部分Z<sub>a</sub>:

若步骤(2)计算所得的除法运算分子da大于2倍的相邻辐射量差值diff,则穿越位置的整数部分Z<sub>a</sub>的值为z-1,同时修正除法运算分子da为除法运算分子da与相邻辐射量差值diff的差;否则,穿越位置的整数部分Z<sub>a</sub>的值即为z;

(5)、根据步骤(3)和(4)的计算结果,计算A通道穿越位置的小数部分X<sub>a</sub>:小数计算的分子为除法运算分子da,分母为2倍的相邻辐射量差值diff,均采用M位有效数字,M为不大于32的正整数,并将分子、分母等倍扩大,使得分母最高位为1;

循环采用二分逼近的判断:如果分子值大于分母值的二分之一,则结果左移一位,舍最高位,并添最低位为1;否则,则结果左移一位,舍最高位,并添最低位为0;如此循环Y次进行二分逼近判断的方法,计算可得具有Y位有效数字的小数部分X<sub>a</sub>,其中Y为不大于16的正整数;

(6)、针对四通道,进行单镜头线性扫描试验,获得各通道穿越位置的线性变化曲线图;

(7)、将步骤(6)中的曲线进行线性拟合,A通道姿态线性校准参数K<sub>a</sub>的值即为其线性函数斜率均值的倒数;同时获得拟合值与实际值的差指,再作差值与实际值的变化曲线;

(8)、将步骤(7)中的曲线进行正弦函数拟合,拟合后再进行二次拟合修正;

(9)、由步骤(8)得到拟合函数f<sub>A</sub>(x)=a<sub>1a</sub>x<sup>2</sup>+a<sub>2a</sub>x+a<sub>3a</sub>+b<sub>1a</sub>\*sin(2π(x-b<sub>2a</sub>)),a<sub>1a</sub>、a<sub>2a</sub>、a<sub>3a</sub>分别为二次拟合的二次项系数、一次项系数和常数项系数,b<sub>1a</sub>、b<sub>2a</sub>分别为正弦函数拟合的幅度系数、相位系数,即为A通道辐射量校正公式;

(10)、由步骤(4)获得的整数部分满足大于1且小于(N-2)时,代入由步骤(9)获得辐射量校正公式,按公式A' = f<sub>A</sub>(Z<sub>a</sub> + X<sub>a</sub> / Y + 0.5)计算,得到A通道穿越位置A';

(11)、按步骤(1)-(10),依次获得B通道穿越位置B'、C通道穿越位置C'、D通道穿越位置D';

(12)、将线阵红外地球敏感器置于地球模拟系统中,设置地球模拟系统在线阵红外地

球敏感器的工作轨道高度H下保持俯仰角和滚动角均为0,由步骤(1)–(11)获得的四通道穿越位置,依次对应即为各通道在当前轨道高度H下的穿越位置零位,依次对应记作A<sub>0</sub>、B<sub>0</sub>、C<sub>0</sub>、D<sub>0</sub>;

(13)、按步骤(12),线阵红外地球敏感器的工作轨道要求,设置不同轨道高度,形成轨道零位标定表,该表包括不同轨道高度下,A、B、C、D通道穿越位置零位的值;

(14)、由步骤(13),按公式dp=−A<sub>0</sub>+B<sub>0</sub>+C<sub>0</sub>−D<sub>0</sub>计算不同轨道高度下的俯仰角零位偏差dp,取其均值即为未知轨道俯仰零位参数P<sub>0</sub>;

(15)、由步骤(13),按公式dr=A<sub>0</sub>+B<sub>0</sub>−C<sub>0</sub>−D<sub>0</sub>计算不同轨道高度下的滚动角零位偏差dr,取其均值即为未知轨道俯仰零位参数R<sub>0</sub>;

(16)、若未知轨道高度时,利用以下拓展4/4模式公式解算姿态:

$$P = \frac{\theta(K_a + K_b + K_c + K_d)}{8\sqrt{2}} (A' - B' - C' + D' + P_0),$$

$$R = \frac{\theta(K_a + K_b + K_c + K_d)}{8\sqrt{2}} (-A' + B' + C' + D' + R_0),$$

其中P为卫星姿态俯仰角,R为卫星姿态滚动角,θ为每个像元的视场角,K<sub>b</sub>为B通道姿态线性校准参数,K<sub>c</sub>为C通道姿态线性校准参数,K<sub>d</sub>为D通道姿态线性校准参数;

(17)、在任意轨道高度下,根据 $\frac{N}{2} + \frac{\arcsin \frac{6371 + 40}{6371 + H_0} - \arcsin \frac{6371 + 40}{6371 + h}}{\theta}$ 公式,计算

零姿态穿越位置的理论值L,其值为1,其中h为线阵红外地球敏感器工作的轨道高度,单位为km,θ为地球敏感器每个像元的视场角,H<sub>0</sub>为线阵红外地球敏感器设计的标称轨道高度,单位为km;

(18)、根据步骤(13)获得的轨道零位标定表按以下方法进行,获得在理论值为1时,A、B、C、D通道穿越位置标定零位的值a<sub>0</sub>、b<sub>0</sub>、c<sub>0</sub>、d<sub>0</sub>;线阵红外地球敏感器的轨道零位标定表的内容为不同理论值L对应的A通道穿越位置标定零位A<sub>0</sub>、B通道穿越位置标定零位B<sub>0</sub>、C通道穿越位置标定零位C<sub>0</sub>和D通道穿越位置标定零位D<sub>0</sub>:

若由步骤(17)获得的1在该表中可查,则直接从表中获得;

若由步骤(17)获得的1在表中不可查,则选取不大于1的最小组数据,这组数据的理论值L和A、B、C、D通道穿越位置标定零位A<sub>0</sub>、B<sub>0</sub>、C<sub>0</sub>、D<sub>0</sub>的值分别记为l<sub>1</sub>、a<sub>1</sub>、b<sub>1</sub>、c<sub>1</sub>、d<sub>1</sub>,和不小于1的最大组数据,这组数据的理论值L和A、B、C、D通道穿越位置标定零位A<sub>0</sub>、B<sub>0</sub>、C<sub>0</sub>、D<sub>0</sub>的值分别记为l<sub>2</sub>、a<sub>2</sub>、b<sub>2</sub>、c<sub>2</sub>、d<sub>2</sub>;

按以下公式,计算获得:

$$a_0 = a_2 + \frac{l_1 - l_2}{l_1 - l_2} (a_1 - a_2), \quad b_0 = b_2 + \frac{l_1 - l_2}{l_1 - l_2} (b_1 - b_2),$$

$$c_0 = c_2 + \frac{l_1 - l_2}{l_1 - l_2} (c_1 - c_2), \quad d_0 = d_2 + \frac{l_1 - l_2}{l_1 - l_2} (d_1 - d_2);$$

(19)、利用以下标准4/4模式公式解算姿态:

$$P = \frac{\theta}{2\sqrt{2}} [(A' - a_0)K_a + (B' - b_0)K_b + (C' - c_0)K_c + (D' - d_0)K_d]$$

$$R = \frac{\theta}{2\sqrt{2}} [-(A' - a_0)K_a - (B' - b_0)K_b + (C' - c_0)K_c + (D' - d_0)K_d]。$$

## 一种线阵红外地球敏感器的四通道姿态解算方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种星载红外地球敏感器的姿态解算方法,可用于空间低轨、变轨航天器的在轨使用,或可用于未知轨道的对地自主导航。

### 背景技术

[0002] 红外地球敏感器,是基于地球红外辐射敏感原理的卫星姿态光学敏感器,可用于航天器相对于地球局地垂线的俯仰、滚动姿态角信号的测量、初始状态时航天器对地球的捕获和稳态运行时航天器的姿态控制。

[0003] 根据红外地球敏感器内部是否含机械扫描机构,可分为扫描式和静态两类:其中扫描式又可分为圆锥扫描式(单圆锥、双圆锥)和摆动扫描式两种,而静态则分为线阵和面阵两种。如今,国内外已研发出多种类型的扫描式红外地平仪,并广泛用于空间,其精度已可达到 $0.07^\circ$  ( $3\sigma$ )。

[0004] 近年来,随着探测器的发展,我国已利用线阵和面阵焦平面红外探测器研制出两类静态红外地球敏感器,具有体积小、重量轻、无扫描机构等优点,并分别在小卫星、高轨卫星上得到应用。其中,面阵红外地球敏感器具有精度高的优势,可达到 $0.06^\circ$  ( $3\sigma$ ),但相对研发成本较高,且主要适用于高轨卫星的;而已在轨应用的线阵红外地球敏感器虽然成本较低,但其精度低,测量理论偏差最大将达到 $0.6^\circ$  ( $3\sigma=0.5^\circ$ )。

[0005] 线阵红外地球敏感器中探测器位于光学系统的焦平面上,属于凝视型结构。当航天器运行于地球上空时,从太空航天器上观察地球时,得到相当于在4K冷背景中的一个平均亮温约为220K~240K的圆盘,圆盘的边缘称为地平圆。航天器运行于地球上空时,红外地球敏感器通过线列红外探测器检测地平圆的4个方位上 $14\mu\text{m}\sim16.25\mu\text{m}$ 波段的地球红外辐射能量,确定线列阵红外探测器对应地平圆4个点的方位角位置,根据之间的几何关系,实现对卫星姿态的测量,得到航天器相对于地球当地垂线的俯仰角和滚动角。一般采用典型设计,按“X”结构对称排列四个探头(光学系统和探测器组成,探测器位于光学系统焦平面上),滚动轴与星体飞行方向一致,而俯仰轴垂直与轨道面。A、B、C、D四个探头与滚动轴和俯仰轴成 $45^\circ$ 分布,相邻两个探头光轴夹角为 $90^\circ$ 。

[0006] 目前,已有人提出提高其精度的方法,确实能够在一定程度上提高精度( $3\sigma$ ),但未改变测量的绝对偏差。且因为航天型号产品需要高可靠性,产品内部一般采用反熔丝的FPGA芯片进行处理,使得这种方法在应用上存在较大难度:FPGA难以进行如此复杂的乘除运算,且将远远超出芯片使用容量。

[0007] 同时,随着应用领域的进一步拓宽,航天器的飞行情况要求红外地球敏感器在轨能够适应于不同轨道、甚至未知轨道下的姿态测量。

### 发明内容

[0008] 本发明的目的在于提高解决线阵红外地球敏感器姿态解算能力,提高精度,降低测量偏差,同时可适用于不同轨道、甚至未知轨道下的姿态解算。该方法能够提高线阵列红

外地球敏感器的各项性能，并使其应用领域进一步拓宽。

[0009] 一种线阵红外地球敏感器的四通道姿态解算方法的处理步骤为：

[0010] (1)、获得为线阵列探测器A通道从当前第*i*元到第*i*-5元的辐射量数据灰度值，依次记为D<sub>6</sub>、D<sub>5</sub>、D<sub>4</sub>、D<sub>3</sub>、D<sub>2</sub>、D<sub>1</sub>，其中*i*是0-N的整数，N为线阵红外地球敏感器所用线阵列探测器的元素，N为大于6的整数。当前5元不足(*i*<5)时，由上一周期最末像元依次补齐。

[0011] (2)、根据步骤(1)获得的当前位置*i*，按以下公式计算相邻辐射量差值diff，除法运算分子da和整数部分z。

[0012] 当*i*=0时，分别计算D<sub>4</sub>-D<sub>3</sub>、D<sub>5</sub>-D<sub>4</sub>、D<sub>6</sub>-D<sub>5</sub>：当D<sub>4</sub>-D<sub>3</sub>最大时，diff=D<sub>4</sub>-D<sub>3</sub>，da=D<sub>1</sub>+D<sub>6</sub>-2D<sub>3</sub>，z=N-4；当D<sub>5</sub>-D<sub>4</sub>最大时，diff=D<sub>5</sub>-D<sub>4</sub>，da=D<sub>2</sub>+D<sub>6</sub>-2D<sub>4</sub>，z=N-3；当D<sub>6</sub>-D<sub>5</sub>最大时，diff=D<sub>6</sub>-D<sub>5</sub>，da=D<sub>2</sub>+D<sub>6</sub>-2D<sub>4</sub>，z=N-2；

[0013] 当*i*=1,2,3时，diff=0，da=0，z=0；

[0014] 当*i*=4时，diff=D<sub>4</sub>-D<sub>3</sub>，da=D<sub>6</sub>-D<sub>3</sub>，z=0；

[0015] 当*i*=5时，diff=D<sub>4</sub>-D<sub>3</sub>，da=D<sub>2</sub>+D<sub>6</sub>-2D<sub>3</sub>，z=1；

[0016] 当4<*i*<N时，diff=D<sub>4</sub>-D<sub>3</sub>，da=D<sub>1</sub>+D<sub>6</sub>-2D<sub>3</sub>，z=i-4。

[0017] (3)、根据步骤(2)的计算结果，判断相邻辐射量差值diff首次出现最大值的情况，使用该情况下的相邻辐射量差值diff、除法运算分子da和整数部分z的数据。

[0018] (4)、根据步骤(3)的数据，按以下方法获得A通道穿越位置的整数部分Z<sub>a</sub>：

[0019] 若步骤(2)计算所得的除法运算分子da大于2倍的相邻辐射量差值diff，则穿越位置的整数部分Z<sub>a</sub>的值为z-1，同时修正除法运算分子da为除法运算分子da与相邻辐射量差值diff的差。否则，穿越位置的整数部分Z<sub>a</sub>的值即为z。

[0020] (5)、根据步骤(3)和(4)的计算结果，计算A通道穿越位置的小数部分X<sub>a</sub>：小数计算的分子为除法运算分子da，分母为2倍的相邻辐射量差值diff，均采用M位有效数字，M为不大于32的正整数，并将分子、分母等倍扩大，使得分母最高位为1。

[0021] 循环采用二分逼近的判断：如果分子值大于分母值的二分之一，则结果左移一位，舍最高位，并添最低位为1；否则，则结果左移一位，舍最高位，并添最低位为0。如此循环Y次进行二分逼近判断的方法，计算可得具有Y位有效数字的小数部分X<sub>a</sub>，其中Y为不大于16的正整数。

[0022] (6)、针对四通道，进行单镜头线性扫描试验，获得各通道穿越位置的线性变化曲线图。

[0023] (7)、将步骤(6)中的曲线进行线性拟合，A通道姿态线性校准参数K<sub>a</sub>的值即为其线性函数斜率均值的倒数；同时获得拟合值与实际值的差指，再作差值与实际值的变化曲线。

[0024] (8)、将步骤(7)中的曲线进行正弦函数拟合，拟合后再进行二次拟合修正。

[0025] (9)、由步骤(8)得到拟合函数f<sub>A</sub>(x)=a<sub>1a</sub>x<sup>2</sup>+a<sub>2a</sub>x+a<sub>3a</sub>+b<sub>1a</sub>\*sin(2π(x-b<sub>2a</sub>))，a<sub>1a</sub>、a<sub>2a</sub>、a<sub>3a</sub>分别为二次拟合的二次项系数、一次项系数和常数项系数，b<sub>1a</sub>、b<sub>2a</sub>分别为正弦函数拟合的幅度系数、相位系数，即为A通道辐射量校正公式。

[0026] (10)、由步骤(4)获得的整数部分满足大于1且小于(N-2)时，代入由步骤(9)获得

辐射量校正公式，按公式A' = f<sub>A</sub>(Z<sub>a</sub> + X<sub>a</sub> / Y + 0.5)计算，得到A通道穿越位置A'。

[0027] (11)、按步骤(1)-(10)，依次获得B通道穿越位置B'、C通道穿越位置C'、D通道穿越

位置D'。

[0028] (12)、将线阵红外地球敏感器置于地球模拟系统中,设置地球模拟系统在线阵红外地球敏感器的工作轨道高度H下保持俯仰角和滚动角均为0,由步骤(1)-(11)获得的四通道穿越位置,依次对应即为各通道在当前轨道高度H下的穿越位置零位,依次对应记作A<sub>0</sub>、B<sub>0</sub>、C<sub>0</sub>、D<sub>0</sub>。

[0029] (13)、按步骤(12),线阵红外地球敏感器的工作轨道要求,设置不同轨道高度,形成轨道零位标定表,该表包括不同轨道高度下,A、B、C、D通道穿越位置零位的值。

[0030] (14)、由步骤(13),按公式dp=-A<sub>0</sub>+B<sub>0</sub>+C<sub>0</sub>-D<sub>0</sub>计算不同轨道高度下的俯仰角零位偏差dp,取其均值即为未知轨道俯仰零位参数P<sub>0</sub>。

[0031] (15)、由步骤(13),按公式dr=A<sub>0</sub>+B<sub>0</sub>-C<sub>0</sub>-D<sub>0</sub>计算不同轨道高度下的滚动角零位偏差dr,取其均值即为未知轨道俯仰零位参数R<sub>0</sub>。

[0032] (16)、若未知轨道高度时,利用以下公式(拓展4/4模式)解算姿态:

$$[0033] P = \frac{\theta(K_a + K_b + K_c + K_d)}{8\sqrt{2}} (A - B - C + D + P_0),$$

$$[0034] R = \frac{\theta(K_a + K_b + K_c + K_d)}{8\sqrt{2}} (-A - B + C + D + R_0),$$

[0035] 其中P为卫星姿态俯仰角,R为卫星姿态滚动角,θ为每个像元的视场角

$$[0036] (17)、在任意轨道高度下,根据 \frac{N}{2} + \frac{\arcsin \frac{6371 + 40}{6371 + H_0} - \arcsin \frac{6371 + 40}{6371 + h}}{\theta} 公$$

式,计算零姿态穿越位置的理论值L,其值为1,其中h为线阵红外地球敏感器工作的轨道高度,单位为km,θ为地球敏感器每个像元的视场角,H<sub>0</sub>为线阵红外地球敏感器设计的标称轨道高度,单位为km。

[0037] (18)、根据步骤(13)获得的轨道零位标定表按以下方法进行,获得在理论值为1时,A、B、C、D通道穿越位置标定零位的值a<sub>0</sub>、b<sub>0</sub>、c<sub>0</sub>、d<sub>0</sub>。线阵红外地球敏感器的轨道零位标定表的内容为不同理论值L对应的A通道穿越位置标定零位A<sub>0</sub>、B通道穿越位置标定零位B<sub>0</sub>、C通道穿越位置标定零位C<sub>0</sub>和D通道穿越位置标定零位D<sub>0</sub>:

[0038] 若由步骤(17)获得的1在该表中可查,则直接从表中获得;

[0039] 若由步骤(17)获得的1在表中不可查,则选取不大于1的最小组数据,这组数据的理论值L和A、B、C、D通道穿越位置标定零位A<sub>0</sub>、B<sub>0</sub>、C<sub>0</sub>、D<sub>0</sub>的值分别记为l<sub>1</sub>、a<sub>1</sub>、b<sub>1</sub>、c<sub>1</sub>、d<sub>1</sub>,和不小于1的最大组数据,这组数据的理论值L和A、B、C、D通道穿越位置标定零位A<sub>0</sub>、B<sub>0</sub>、C<sub>0</sub>、D<sub>0</sub>的值分别记为l<sub>2</sub>、a<sub>2</sub>、b<sub>2</sub>、c<sub>2</sub>、d<sub>2</sub>。按以下公式,计算获得:

$$[0040] a_0 = a_2 + \frac{l - l_2}{l_1 - l_2} (a_1 - a_2), \quad b_0 = b_2 + \frac{l - l_2}{l_1 - l_2} (b_1 - b_2),$$

$$[0041] c_0 = c_2 + \frac{l - l_2}{l_1 - l_2} (c_1 - c_2), \quad d_0 = d_2 + \frac{l - l_2}{l_1 - l_2} (d_1 - d_2).$$

[0042] (19)、利用以下公式(标准4/4模式)解算姿态:

$$[0043] P = \frac{\theta}{2\sqrt{2}} [(A-a_0)K_a - (B-b_0)K_b - (C-c_0)K_c + (D-d_0)K_d]$$

$$[0044] R = \frac{\theta}{2\sqrt{2}} [-(A-a_0)K_a - (B-b_0)K_b + (C-c_0)K_c + (D-d_0)K_d]$$

[0045] 本专利的优点：

[0046] (1)、本专利提高了线阵红外地球敏感器的测量精度，降低测量偏差。

[0047] (2)、本专利有效解决了线阵红外地球敏感器在轨如何应用于不同轨道、甚至未知轨道的姿态测量问题。

[0048] (3)、本专利实用性高，能够在轨应用条件苛刻下进行实现。

### 附图说明

[0049] 图1为整体处理方法流程图。

### 具体实施方式

[0050] 按照本发明所述方法，在某型号飞行器红外地球敏感器做了验证性实验，并结合地球模拟器进行误差评估。

[0051] 验证性实验中，FPGA芯片采用A54SX72，其内容量为72000门，算法占资源为54.3%，各参量的取值如下：

[0052]

文中及公式中的标号	取值或参数
N	16元
$\theta$	2°
$H_0$	500km
Y	8位
M	12位

[0053] 测试结果：

[0054]	测试项	测试值		
		200km	500km	1000km
	精度 $3\delta$	$<0.093$	$<0.071$	$<0.05$
	测角偏差 ( $<5^\circ$ )	$<0.03^\circ$	$<0.03^\circ$	$<0.04^\circ$
	测角偏差 ( $>5^\circ$ )	$<0.13^\circ$	$<0.09^\circ$	$<0.15^\circ$
	测角范围	$\pm 10^\circ$	$\pm 18^\circ$ 20° 时偏差 $<1^\circ$	$\pm 7^\circ$

[0055] 标定参数如下：

[0056] 1. 四通道辐射量校正公式

- [0057]  $f_A = 0.0030x^2 + 0.9561x + 0.1343 - 0.070\sin(2\pi(x-0.42))$  ;  
 [0058]  $f_B = 0.0018x^2 + 0.9739x + 0.0772 - 0.070\sin(2\pi(x-0.42))$  ;  
 [0059]  $f_C = 0.0028x^2 + 0.9598x + 0.1212 - 0.070\sin(2\pi(x-0.42))$  ;  
 [0060]  $f_D = 0.0021x^2 + 0.9697x + 0.0924 - 0.078\sin(2\pi(x-0.42))$  。  
 [0061] 2. 轨道零位标定表  
 [0062]

轨道高度 (Km)	标称值	标定值			
		A <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	D <sub>0</sub>
200	3.79	3.25	3.33	3.31	3.30
250	4.69	4.13	4.22	4.20	4.18
300	5.48	4.91	5.00	4.99	4.98
350	6.19	5.57	5.68	5.67	5.67
420	7.09	6.44	6.55	6.52	6.53
500	8.00	7.31	7.44	7.39	7.41
600	9.02	8.30	8.41	8.39	8.41
700	9.93	9.15	9.30	9.26	9.29
800	10.77	9.95	10.12	10.07	10.10
900	11.53	10.70	10.87	10.82	10.86
1000	12.24	11.39	11.56	11.53	11.56

- [0063] 3. 其他参数  
 [0064] A通道姿态线性校准参数K<sub>a</sub>=1.038,  
 [0065] B通道姿态线性校准参数K<sub>b</sub>=1.038,  
 [0066] C通道姿态线性校准参数K<sub>c</sub>=1.038,  
 [0067] D通道姿态线性校准参数K<sub>d</sub>=1.038,  
 [0068] 未知轨道俯仰零位参数P<sub>0</sub>=0.113,  
 [0069] 未知轨道滚动零位参数R<sub>0</sub>=-0.082。

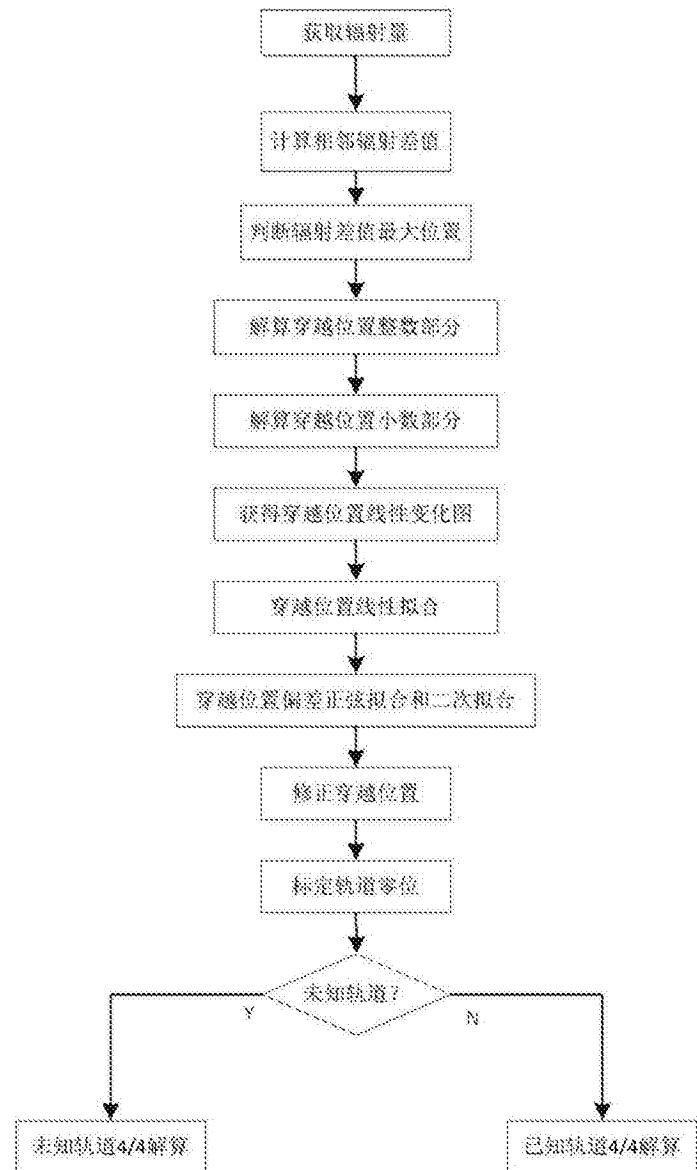


图1