

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102252649 A

(43) 申请公布日 2011. 11. 23

(21) 申请号 201110095512. 7

(22) 申请日 2011. 04. 15

(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 吉林省长春市东南湖大路
3888 号

(72) 发明人 修吉宏 李友一 黄浦 李军
陈黎 汪龙祺

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 陶尊新

(51) Int. Cl.

G01C 1/00 (2006. 01)

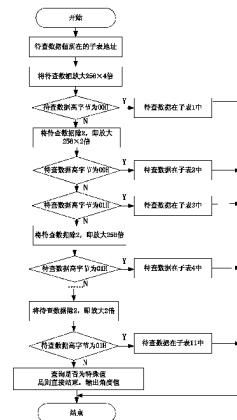
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

航空遥感器目标指向定位角的计算方法

(57) 摘要

航空遥感器成像时目标指向定位角的计算方法,涉及一种目标指向定位角的计算方法,它解决解决因正切函数具有单调递增特性而难以用传统查表方式获得高精度的目标指向定位角的问题,该方法首先通过坐标变换的方式将待拍照目标从地理坐标系转换到载机坐标系,然后在载机坐标系采用反正切函数计算的方法求得目标指向角。为实现反正切函数计算结果的快速性和精确性,提出了一种快速查表方式,根据精度要求按角度均匀递增的顺序将各个角度对应的正切值排列在表内建立多个有序表,采用顺序查找的方式和二分法查找方法获得待拍照目标的指向定位角。本发明减少了计算时间,最终实现了航空遥感器目标指向定位角计算的快速性和精确性。



1. 航空遥感器成像时目标指向定位角的计算方法,其特征是,该方法包括以下步骤:

步骤一、采用坐标平移的方法将待拍摄目标在地理坐标系下的坐标转换到航空遥感器所在的载机坐标系下的坐标,所述待拍摄目标在载机坐标系下的坐标计算公式用公式一表示为:

$$\text{公式一: } \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta\cos\gamma & \cos\theta\sin\gamma & -\sin\theta \\ -\cos\varphi\sin\gamma + \sin\varphi\sin\theta\cos\gamma & \cos\varphi\cos\gamma + \sin\varphi\sin\theta\sin\gamma & \sin\varphi\cos\theta \\ \sin\varphi\sin\gamma + \cos\varphi\sin\theta\cos\gamma & -\sin\varphi\cos\gamma + \cos\varphi\sin\theta\sin\gamma & \cos\varphi\cos\theta \end{pmatrix} \left(\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix} \right)$$

式中: γ 为航向角, θ 为俯仰角, φ 为滚动角; (X_0, Y_0, Z_0) 为航空遥感器所在位置的地理坐标; (x, y, z) 为待拍摄目标在地理坐标系下的坐标; (x', y', z') 为待拍摄目标在载机坐标系下的坐标;

步骤二、根据步骤一所述的待拍摄目标在载机坐标系下的坐标获得目标指向定位角,所述目标指向定位角用公式二和公式三表示为:

$$\text{公式二: } \alpha = \arctan \frac{x'}{z'}$$

$$\text{公式三: } \beta = \arctan \left(\frac{y'}{\sqrt{x'^2 + z'^2}} \right)$$

式中: α 为垂直飞行方向的旋转角; β 为沿飞行方向的旋转角;

所述目标指向定位角通过逆向查表结构和二分查找法获得,具体步骤为:

步骤 a:设置总表结构,将待查数据的正切值按角度均匀递增的顺序放入总表中,将所述总表分成多个子表,确定每个子表的表首地址;

步骤 b:采用顺序查找法确定待查数据所属的子表在总表中的偏移量地址;然后采用二分法进行查找,获得与待查数据相等或相近角度的正切值在子表中的地址;

步骤 c:根据步骤 b 所述子表在总表中的偏移量地址、与待查数据相同的数据正切值在子表中的地址及总表中设置的角度间隔计算待查数据的角度,所述待查数据的角度为目标指向定位角。

2. 根据权利要求 1 所述的航空遥感器成像时目标指向定位角的计算方法,其特征在于,所述子表中间地址的计算公式用公式四表示:

$$\text{公式四: } \text{Addr}_{\text{中}} = \text{Addr}_{\text{表首}} + L/2$$

式中 L 表示表长,计算公式用公式五表示:

$$\text{公式五: } L = \text{Addr}_{\text{表尾}} - \text{Addr}_{\text{表首}} + 1。$$

3. 根据权利要求 1 所述的航空遥感器成像时目标指向定位角的计算方法,其特征在于,步骤 A 所述的将待查数据的正切值按角度均匀递增的顺序放入表中,设置多个子表的具体原则为:以待查数据的正切值占用 1~2 个字节为原则,并将待查数据的正切值按不同的放大倍数放入不同的子表中,相同子表中的数据正切值的放大倍数相同,所述相同子表中的数据正切值的高字节相同。

4. 根据权利要求 1 所述的航空遥感器成像时目标指向定位角的计算方法,其特征在于,步骤 c 所述的待查数据角度的计算方法为:子表在总表中的偏移量地址与与待查数据相同的数据正切值在子表中的相对位置求和后与总表中设置的角度间隔相除。

航空遥感器目标指向定位角的计算方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种目标指向定位角的计算方法,具体涉及采用航空遥感器时待拍摄目标指向定位角的计算方法。

背景技术

[0002] 航空遥感器对地面预定目标拍照时,需首先根据航空遥感器所在位置的地理坐标、待拍照目标地理坐标等数据信息计算出航空遥感器伺服指向机构的指向定位角,然后控制指向机构运动到计算出的指向角度位置,最终实现对地面预定目标成像。

[0003] 为保证成像的快速性及成像位置的准确性,要求在进行目标指向定位角计算时,计算结果精度高且计算速度快。在进行指向定位角的计算过程中,需执行反正切三角函数的运算,当航空遥感器中采用的微处理器工作频率较低时,直接采用高级语言中提供的库函数进行运算的方式,其计算时间较长;利用泰勒公式展开的方式虽然可将复杂的三角函数运算转化为乘除运算,进而适当缩短计算时间,但由于其计算精度同乘除法的运算次数成反比,为减少运算次数而减少展开级数的同时,也降低了运算精度,因此,航空遥感器在进行快速反正切函数运算时,一般采用查表的工作方式。

[0004] 由于正切函数具有单调递增特性,且随着角度增大,其数值递增程度越大,当角度为90°时,其对应的正切值增加到正无穷大。因此采用查表方式进行正切函数的逆运算——反正切函数的计算时,若采用传统的查表方式,按正切值成比例递增的原则设置表格结构,在表中存放角度值,则难以根据角度对应的正切值查找到均匀分布的角度,进而导致目标指向定位角计算结果的精度难以满足系统要求。

发明内容

[0005] 本发明为解决因正切函数具有单调递增特性而难以用传统查表方式获得高精度的目标指向定位角的问题,提供一种航空遥感器目标指向定位角的计算方法。

[0006] 航空遥感器目标指向定位角的计算方法,该方法由以下步骤实现:

[0007] 步骤一、采用坐标平移的方法将待拍摄目标在地理坐标系下的坐标转换到航空遥感器所在的载机坐标系下的坐标,所述待拍摄目标在载机坐标系下的坐标计算公式用公式一表示为:

$$[0008] \text{公式一: } \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta\cos\gamma & \cos\theta\sin\gamma & -\sin\theta \\ -\cos\varphi\sin\gamma + \sin\varphi\sin\theta\cos\gamma & \cos\varphi\cos\gamma + \sin\varphi\sin\theta\sin\gamma & \sin\varphi\cos\theta \\ \sin\varphi\sin\gamma + \cos\varphi\sin\theta\cos\gamma & -\sin\varphi\cos\gamma + \cos\varphi\sin\theta\sin\gamma & \cos\varphi\cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix}$$

[0009] 式中: γ 为航向角, θ 为俯仰角, φ 为滚动角; (X_0, Y_0, Z_0) 为航空遥感器所在位置的地理坐标; (x, y, z) 为待拍摄目标在地理坐标系下的坐标; (x', y', z') 为待拍摄目标在载机坐标系下的坐标;

[0010] 步骤二、根据步骤一所述的待拍摄目标在载机坐标系下的坐标获得目标指向定位角,所述目标指向定位角用公式二和公式三表示为:

[0011] 公式二 : $\alpha = \arctan \frac{x'}{z'}$

[0012] 公式三 : $\beta = \arctan\left(\frac{y'}{\sqrt{x'^2 + z'^2}}\right)$

[0013] 式中 : α 为垂直飞行方向的旋转角 ; β 为沿飞行方向的旋转角 ;

[0014] 所述目标指向定位角通过逆向查表结构和二分查找法获得,具体步骤为 :

[0015] 步骤 a :设置总表结构,将待查数据的正切值按角度均匀递增的顺序放入总表中,将所述总表分成多个子表,确定每个子表的表首地址 ;

[0016] 步骤 b :采用顺序查找法确定待查数据所属的子表在总表中的偏移量地址;然后采用二分法进行查找,获得与待查数据相等或相近的角度的正切值在子表中的位置 ;

[0017] 步骤 c :根据步骤 b 所述子表在总表中的偏移量地址、与待查数据相同的数据正切值在子表中的地址及总表中设置的角度间隔计算待查数据的角度,所述待查数据的角度为目标指向定位角。

[0018] 本发明的有益效果 :本发明在目标指向定位角计算过程中,反正切函数的计算采用了逆向查表模式,同时在查表过程中采用了二分法,其平均查表次数为 $\log_2 n$ (n 为表长),同平均查找法的查找次数 $n/2$ 相比,减少了计算时间,实现了航空遥感器目标指向定位角计算的快速性和精确性。

附图说明

[0019] 图 1 为本发明所述的航空遥感器目标指向定位角的计算方法中确定待查数据值 A 所在子表的流程图 ;

[0020] 图 2 为本发明所述的航空遥感器目标指向定位角的计算方法中采用二分法确定待查数据值 A 在子表中的相对位置的流程图。

具体实施方式

[0021] 具体实施方式一、航空遥感器目标指向定位角的计算方法,该方法由以下步骤实现 :

[0022] 步骤一、采用坐标平移的方法将待拍摄目标在地理坐标系下的坐标转换到航空遥感器所在的载机坐标系下的坐标,所述待拍摄目标在载机坐标系下的坐标计算公式用公式一表示为 :

[0023] 公式一 :
$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta\cos\gamma & \cos\theta\sin\gamma & -\sin\theta \\ -\cos\varphi\sin\gamma + \sin\varphi\sin\theta\cos\gamma & \cos\varphi\cos\gamma + \sin\varphi\sin\theta\sin\gamma & \sin\varphi\cos\theta \\ \sin\varphi\sin\gamma + \cos\varphi\sin\theta\cos\gamma & -\sin\varphi\cos\gamma + \cos\varphi\sin\theta\sin\gamma & \cos\varphi\cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix}$$

[0024] 式中 : γ 为航向角, θ 为俯仰角, φ 为滚动角 ; (X_0, Y_0, Z_0) 为航空遥感器所在位置的地理坐标 ; (x, y, z) 为待拍摄目标在地理坐标系下的坐标 ; (x', y', z') 为待拍摄目标在载机坐标系下的坐标 ;

[0025] 步骤二、根据步骤一所述的待拍摄目标在载机坐标系下的坐标获得目标指向定位角,所述目标指向定位角用公式二和公式三表示为 :

[0026] 公式二 : $\alpha = \arctan \frac{x'}{z'}$

[0027] 公式三 : $\beta = \arctan\left(\frac{y'}{\sqrt{x'^2 + z'^2}}\right)$

[0028] 式中 : α 为垂直飞行方向的旋转角 ; β 为沿飞行方向的旋转角 ;

[0029] 所述目标指向定位角通过逆向查表结构和二分查找法获得,具体步骤为 :

[0030] 步骤 a :设置总表结构,将待查数据的正切值按角度均匀递增的顺序放入总表中,将所述总表分成多个子表,确定每个子表的表首地址 ;

[0031] 步骤 b :采用顺序查找法确定待查数据所属的子表在总表中的偏移量地址 ;然后采用二分法进行查找,获得与待查数据相等或相近的角度的正切值在子表中的位置 ;

[0032] 步骤 c :根据步骤 b 所述子表在总表中的偏移量地址、与待查数据相同的数据正切值在子表中的地址及总表中设置的角度间隔计算待查数据的角度,所述待查数据的角度为目标指向定位角。

[0033] 本实施方式所述子表中间地址的计算公式用公式四表示 :

[0034] 公式四 : $Addr_{\text{中}} = Addr_{\text{表首}} + L/2$

[0035] 式中 L 表示表长,计算公式用公式五表示 :

[0036] 公式五 : $L = Addr_{\text{表尾}} - Addr_{\text{表首}} + 1$ 。

[0037] 本实施方式中步骤 a 所述的将待查数据的正切值按角度均匀递增的顺序放入表中,设置多个子表的具体原则为 :以待查数据的正切值占用 1 ~ 2 个字节为原则,并将待查数据的正切值按不同的放大倍数放入不同的子表中,相同子表中的数据正切值的放大倍数相同,所述相同子表中的数据正切值的高字节相同。

[0038] 本实施方式中步骤 c 所述的待查数据角度的计算方法为 :子表在总表中的偏移量地址与与待查数据相同的数据正切值在子表中的相对位置求和后与总表中设置的角度间隔相除。

[0039] 具体实施方式二、结合图 1 和图 2 说明本实施方式,本实施方式为具体实施方式一所述的航空遥感器成像时目标指向定位角的计算方法的实施例 :

[0040] 步骤 a1、根据

[0041] 公式一 : $\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta\cos\gamma & \cos\theta\sin\gamma & -\sin\theta \\ -\cos\varphi\sin\gamma + \sin\varphi\sin\theta\cos\gamma & \cos\varphi\cos\gamma + \sin\varphi\sin\theta\sin\gamma & \sin\varphi\cos\theta \\ \sin\varphi\sin\gamma + \cos\varphi\sin\theta\cos\gamma & -\sin\varphi\cos\gamma + \cos\varphi\sin\theta\sin\gamma & \cos\varphi\cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix}$

[0042] 计算出待拍摄目标在载机坐标系下的坐标 (x' , y' , z') 后,根据公式二和公式三

[0043] 公式二 : $\alpha = \arctan\frac{x'}{z'}$

[0044] 公式三 : $\beta = \arctan\left(\frac{y'}{\sqrt{x'^2 + z'^2}}\right)$

[0045] 计算出目标指向定位角的正切值 $\frac{x'}{z'}$ (记作 A1) 和正切值 $\frac{y'}{\sqrt{x'^2 + z'^2}}$ (记作 A2) ;

[0046] 设目标指向定位角的正切值为 A,为实现计算结果的快速性和准确性,本实施例中提出的反正切函数计算方法为 :

[0047] 1、按目标指向定位角的计算精度要求设置查找总表的结构,将角度对应的正切值按角度递增的顺序放入总表内,根据总表的排列情况可设置多个子表,并确定各个子表的

表首地址；

[0048] 2、采用顺序查找法初步确定 A 对应的角度所在的子表地址；

[0049] 3、采用二分法进行精确查找，找到同 A 值相等或相近的值 B 在子表中的对应位置；

[0050] 4、根据子表在总表中的偏移量地址、B 值在子表中的位置及总表设置的角度间隔计算出 A 值所对应的角度，即为待求的目标指向定位角。

[0051] 本实施例在设置查找表时，考虑到正切函数递增较快，若将整个角度范围内的正切值按照相同的放大倍数进行放大，则大角度对应的正切值难以用 1~2 个字节来表示，因此根据角度递增情况，以正切值占用 1~2 个字节为原则，将角度对应的正切值按不同的放大倍数放入不同的子表中，相同子表中的角度正切值放大倍数相同，此外，为保证后续查表的快速性，设置同一子表中的正切值具有相同的特征，即高字节内容相同，在查表过程中，只查询低字节数据。

[0052] 在确定 A 值所在的子表地址时，采用顺序查询的方式，首先将 A 值按子表 1 的放大倍数进行放大，查询其是否具备子表 1 中内容的特征，若具备则可确定 A 值所对应的角度值在子表 1 中，记录子表 1 在总表中的偏移量地址及子表表首和表尾地址，并继续下一工作步骤；若不具备子表 1 的特征则将 A 值按子表 2 的放大倍数进行放大，按上述过程直到找到 A 所在子表地址为止。

[0053] 为进一步缩短查表时间，采取了二分法，首先将 A 与子表中间位置对应的数据 $A_{中值}$ 进行比较，若 $A = A_{中值}$ ，则直接执行下一工作步骤；若 $A > A_{中值}$ ，则将表首移到表中间位置的后一个地址；若 $A < A_{中值}$ ，则将表尾移到表中间位置的前一个地址，重复上述过程，直到查到与 A 值相等的正切值或表长为 1 时为止。当表长为 1 时，仍未找到子表中与 A 相等的数据，则查找表中最相近的数据位置，该数值记作 B。

[0054] 表中间位置的计算用公式四表示为：

[0055] $Addr_{中} = Addr_{表首} + L/2$

[0056] 式中 L 表示表长，其计算公式用公式五表示为：

[0057] $L = Addr_{表尾} - Addr_{表首} + 1$

[0058] 最终确定的 A 值对应的角度为其所在子表在总表中的偏移量地址与对应正切值 B 在子表中的相对地址之和。

[0059] 步骤 a2、分别求步骤 a1 中计算出目标指向定位角的正切值 A1 和 A2 对应的角度，首先根据目标指向定位角的精度要求，按照表 1 所示的结构设置表格，其角度间隔为 0.1° ，共包含 11 个子表，由于 89.8° 、 89.9° 正切值较大，且 90° 对应的正切值为无穷大，在此进行单独处理，不列在子表中；

[0060] 表 1

[0061]

表序号	角度值	表长	放大倍数	特征
子表 1	0.0 ~ 14.0	8CH	1024	高字节为 00H
子表 2	14.1 ~ 26.5	7CH	512	高字节为 00H

子表 3	26.6 ~ 45.0	B8H	512	高字节为 01H
子表 4	45.1 ~ 63.4	B7H	256	高字节为 01H
子表 5	63.5 ~ 75.9	7CH	128	高字节为 01H
子表 6	76.0 ~ 82.8	28H	64	高字节为 01H
子表 7	82.9 ~ 86.4	24H	32	高字节为 01H
子表 8	86.5 ~ 88.2	12H	16	高字节为 01H
子表 9	88.3 ~ 89.1	09H	8	高字节为 01H
子表 10	89.2 ~ 89.5	04H	4	高字节为 01H
子表 11	89.6 ~ 89.7	02H	2	高字节为 01H

[0062] 步骤 a3、调整待查数据 A1 或 A2 的放大倍数并查询其符合的子表特征，确定其对应的角度所在的子表地址并记录子表序号，若 A1 或 A2 不在任何子表中，则判断是否为 89.8° 、 89.9° 或 90° 三个特殊值，是则直接跳过步骤 a5 和步骤 a6，输出角度结果，结合图 1 所示；

[0063] 步骤 a4、根据步骤 a3 中记录的子表序号确定该子表表首和表尾地址，并根据公式四和公式五计算表中间值地址和表长，将 A1 和 A2 同表中间值进行比较判断，并根据判断结果转入不同的分支：

[0064] 1) 若待查数据值子表中间值相等则直接执行步骤 a6；

[0065] 2) 若待查数据值大于表中间值，则将表中间值对应的地址的下一个地址作为新表首地址，重复步骤 a4，直到找到相等的数据值或表长为 1 时为止；

[0066] 3) 若待查数据值小于表中间值，则将表中间值对应的地址的前一个地址作为新表尾地址，重复步骤 a4，直到找到相等的数据值或表长为 1 时为止；

[0067] 步骤 a5、当表长为 1 时，仍未找到相等的数据值，则将当前表首（即为表尾）所对应的数值同待查数据值进行比较判断：

[0068] 1) 若对应数值大于待查数据值，则求二者差值，并记录该差值，取该表首前一地址对应的数值同待查数据值进行差值，比较两个差值的大小，取差值小的地址所对应的数值地址；

[0069] 2) 若对应数值小于待查数据值，求二者差值，并记录该差值，然后取该表首后一地址对应的数值同待查数据值进行差值，比较两个差值的大小，取差值小的地址所对应的数值地址；

[0070] 步骤 a6、目标指向定位角为：(子表在总表中的偏移量地址 + 对应正切值在子表中的相对位置) / 角度间隔 0.1° 。

[0071] 本实施例所述的航空遥感器中负责目标指向定位角计算的微处理器选用 Intel 公司的 MD87C52，编程语言选用汇编语言。

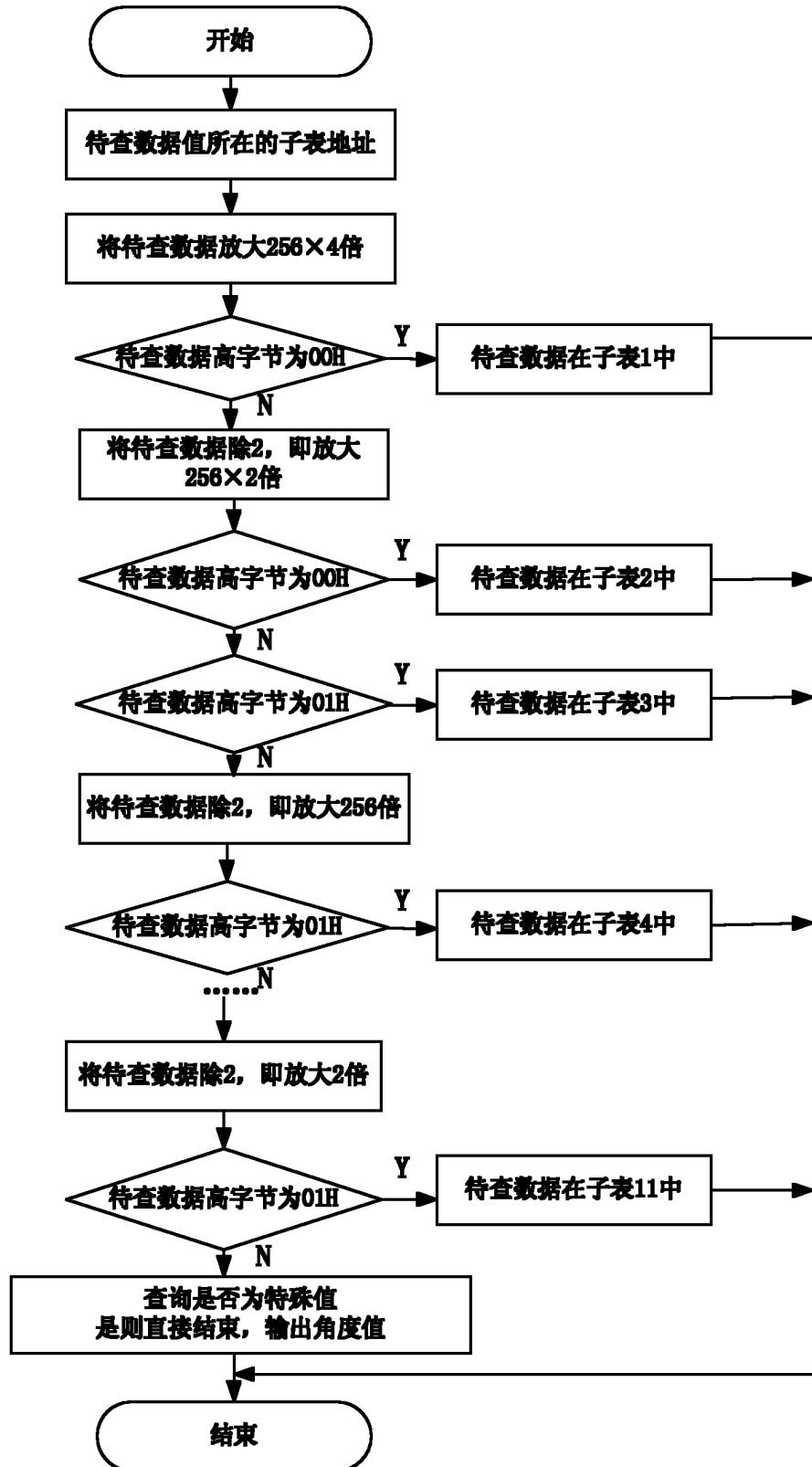


图 1

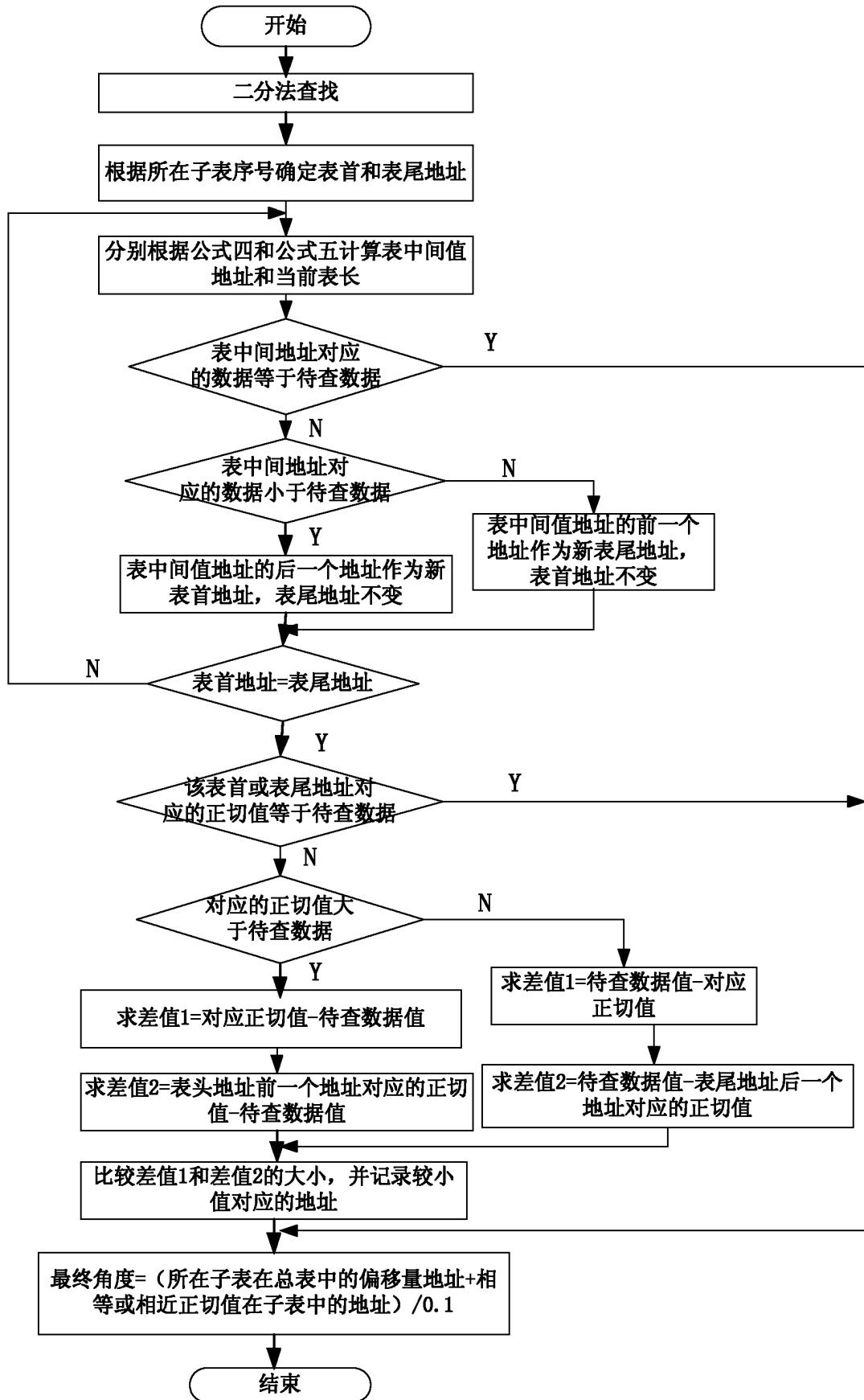


图 2