



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104777372 B

(45)授权公告日 2017.05.31

(21)申请号 201510177503.0

(22)申请日 2015.04.15

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104777372 A

(43)申请公布日 2015.07.15

(73)专利权人 成都天衡电科科技有限公司
地址 610000 四川省成都市双流县西南航空
港经济开发区物联网产业园成都电
子科技大学成都研究院内

(72)发明人 王伟旭

(74)专利代理机构 成都华风专利事务所(普通
合伙) 51223

代理人 徐丰

(51)Int. Cl.
G01R 29/10(2006.01)

(56)对比文件
KR 10-2009-0029978 A,2009.03.24,
KR 10-2012-0072027 A,2012.07.03,

FR 2523375 A1,1983.09.16,
EP 1870718 A1,2007.12.26,
CN 203739885 U,2014.07.30,
CN 103245260 A,2013.08.14,
CN 101320062 A,2008.12.10,
CN 201229382 Y,2009.04.29,
CN 202421348 U,2012.09.05,
CN 103558459 A,2014.02.05,
CN 2888459 Y,2007.04.11,
刘辉.某型雷达天线方向图在线测量方法与
分析.《电子测量技术》.2013,第36卷(第6期),
问建等.天线方向图自动测试系统的设计.
《电子工程师》.2007,第33卷(第7期),
邱天等.相控阵天线方向图远场测试方法研
究.《火控雷达技术》.2008,第37卷(第2期),
刘瑾等.基于LabVIEW的天线方向图测试系
统设计.《电子测量技术》.2011,第34卷(第3期),

审查员 李龙

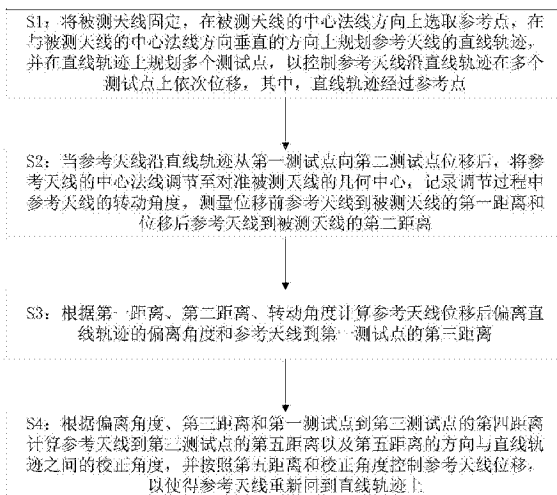
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

天线方向图测量中的直线轨迹校正方法

(57)摘要

本发明提供了一种天线方向图测量中的直
线轨迹校正方法。该方法包括：规划与被测天线
中心法线方向垂直的直线轨迹，在直线轨迹上规
划多个测试点，参考天线将在多个测试点上依次
位移，当参考天线沿直线轨迹从第一测试点向第
二测试点位移后，记录参考天线相对于被测天线
的转动角度，测量位移前和位移后参考天线到被
测天线的第一距离与第二距离，根据计算结果计
算参考天线位移后偏离直线轨迹的偏离角度和
参考天线到第一测试点的第三距离，再根据偏离
角度、第三距离和第一测试点到第三测试点的第
四距离计算参考天线到第三测试点的第五距离
和参考天线的校正角度，最后按照第五距离和校
正角度控制参考天线位移。本发明能够校正参考
天线的直线位移方向。



CN 104777372 B

1. 一种天线方向图测量中的直线轨迹校正方法,其特征在于,包括:

S1: 将被测天线固定,在所述被测天线的中心法线方向上选取参考点,在与所述被测天线的中心法线方向垂直的方向上规划参考天线的直线轨迹,并在所述直线轨迹上规划多个测试点,以控制所述参考天线沿所述直线轨迹在多个测试点上依次位移,其中,所述直线轨迹经过所述参考点;

S2: 当所述参考天线沿所述直线轨迹从第一测试点向第二测试点位移后,将所述参考天线的中心法线调节至对准所述被测天线的几何中心,记录调节过程中所述参考天线的转动角度,测量位移前所述参考天线到所述被测天线的第一距离和位移后所述参考天线到所述被测天线的第二距离;

S3: 根据所述第一距离、所述第二距离、所述转动角度计算所述参考天线位移后偏离所述直线轨迹的偏离角度和所述参考天线到所述第一测试点的第三距离;

S4: 根据所述偏离角度、所述第三距离和所述第一测试点到第三测试点的第四距离计算所述参考天线到所述第三测试点的第五距离以及所述第五距离的方向与所述直线轨迹之间的校正角度,并按照所述第五距离和所述校正角度控制所述参考天线位移,以使得所述参考天线重新回到所述直线轨迹上。

2. 根据权利要求1所述的直线轨迹校正方法,其特征在于,所述第三距离的计算式为:

$$A_1T = \sqrt{A_1O^2 + TO^2 - 2 \cdot A_1O \cdot TO \cdot \cos \alpha}$$

其中, A_1 表示所述第一测试点, T 表示所述参考天线向所述第二测试点位移后的位置, O 表示所述被测天线的位置, α 表示所述转动角度;

所述偏离角度的计算式为:

$$\theta = \arccos\left(\frac{A_1O^2 + A_1T^2 - TO^2}{2 \cdot A_1O \cdot A_1T}\right) - \angle OA_1B$$

$$\angle OA_1B = \arctan\left(\frac{OB}{A_1B}\right)$$

其中, B 表示所述参考点。

3. 根据权利要求2所述的直线轨迹校正方法,其特征在于,所述校正角度的计算式为:

$$\gamma = \angle A_1A_3T = \arctan\left(\frac{A_1T \cdot \sin \theta}{A_1A_3 - A_1T \cdot \cos \theta}\right)$$

其中, A_3 表示所述第三测试点;

所述第五距离的计算式为:

$$A_3T = \sqrt{(A_1T \cdot \sin \theta)^2 + (A_1A_3 - A_1T \cdot \cos \theta)^2}。$$

4. 根据权利要求1至3任一项所述的直线轨迹校正方法,其特征在于,所述直线轨迹的中点为所述参考点。

5. 根据权利要求1所述的直线轨迹校正方法,其特征在于,所述将所述参考天线的中心法线调节至对准所述被测天线的几何中心的步骤具体为:

利用全站仪对被测天线进行自动对准,并按照所述全站仪对被测天线进行自动对准过程将所述参考天线的中心法线调节至对准所述被测天线的几何中心;

所述记录调节过程中所述参考天线相对于所述被测天线的转动角度的步骤具体为：

当所述全站仪对被测天线进行自动对准后，通过所述全站仪记录调节过程中所述参考天线的转动角度。

天线方向图测量中的直线轨迹校正方法

技术领域

[0001] 本发明涉及天线测量技术领域,特别是涉及一种天线方向图测量中的直线轨迹校正方法。

背景技术

[0002] 天线作为空间辐射电磁波能量和传输线导行波的转换器,被广泛地应用在无线通信、广播、电视、雷达、导航、遥感、射电天文和电子对抗等系统中。天线的电参数性能,如驻波比、增益方向图、相位方向图等直接和系统的整体表现相关。而准确快速地测量天线的增益方向图,对天线的研发、调试、生产均有很大的参考和帮助。

[0003] 传统的天线增益方向图的测量方法是将被测天线放在一个可以调整俯仰角并可以水平转动的转台上,并采用一个参考天线,通过转台的转动,使参考天线与被测天线的中心法线由重合的状态逐渐变化为形成不同角度,分别测量不同角度条件下被测天线的增益,最终得到一定角度范围内被测天线的增益方向图。然而,在一些实际应用中,往往会遇到一些特殊情况导致被测天线不能随意转动,导致传统的测量方法不能使用。

[0004] 为了解决被测天线不能随意转动的问题,目前提出一种在距离被测天线合理的位置处设置参考天线,控制参考天线在指定的直线轨迹上位移来完成测量被测天线方向图。但是,目前在实施时主要靠人眼完成定位,然后再手动控制参考天线进行直线位移,因此测量过程效率低下、耗时较长、且受人眼定位的误差影响,当参考天线的直线位移方向偏离直线轨迹时,不能校正或者很难校正参考天线的直线位移方向。

发明内容

[0005] 本发明主要解决的技术问题是提供一种天线方向图测量中的直线轨迹校正方法,能够校正参考天线的直线位移方向。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明采用的一个技术方案是:提供一种天线方向图测量中的直线轨迹校正方法,包括:S1:将被测天线固定,在所述被测天线的中心法线方向上选取参考点,在与所述被测天线的中心法线方向垂直的方向上规划参考天线的直线轨迹,并在所述直线轨迹上规划多个测试点,以控制所述参考天线沿所述直线轨迹在多个测试点上依次位移,其中,所述直线轨迹经过所述参考点;S2:当所述参考天线沿所述直线轨迹从第一测试点向第二测试点位移后,将所述参考天线的中心法线调节至对准所述被测天线的几何中心,记录调节过程中所述参考天线的转动角度,测量位移前所述参考天线到所述被测天线的第一距离和位移后所述参考天线到所述被测天线的第二距离;S3:根据所述第一距离、所述第二距离、所述转动角度计算所述参考天线位移后偏离所述直线轨迹的偏离角度和所述参考天线到所述第一测试点的第三距离;S4:根据所述偏离角度、所述第三距离和所述第一测试点到第三测试点的第四距离计算所述参考天线到所述第三测试点的第五距离以及所述第五距离的方向与所述直线轨迹之间的校正角度,并按照所述第五距离和所述校正角度控制所述参考天线位移,以使得所述参考天线重新回到所述直线轨迹上。

[0007] 优选地,所述第三距离的计算式为:

$$[0008] \quad A_1T = \sqrt{A_1O^2 + TO^2 - 2 \cdot A_1O \cdot TO \cdot \cos \alpha}$$

[0009] 其中, A_1 表示所述第一测试点, T 表示所述参考天线向所述第二测试点位移后的位置, O 表示所述被测天线的位置, α 表示所述转动角度;

[0010] 所述偏离角度的计算式为:

$$[0011] \quad \theta = \arccos\left(\frac{A_1O^2 + A_1T^2 - TO^2}{2 \cdot A_1O \cdot A_1T}\right) - \angle OAB$$

$$[0012] \quad \angle OAB = \arctan\left(\frac{OB}{AB}\right)$$

[0013] 其中, B 表示所述参考点。

[0014] 优选地,所述校正角度的计算式为:

$$[0015] \quad \gamma = \angle A_1A_3T = \arctan\left(\frac{A_1T \cdot \sin \theta}{A_1A_3 - A_1T \cdot \cos \theta}\right)$$

[0016] 其中, A_3 表示所述第三测试点;

[0017] 所述第五距离的计算式为:

$$[0018] \quad A_1T = \sqrt{(A_1T \cdot \sin \theta)^2 + (A_1A_3 - A_1T \cdot \cos \theta)^2}$$

[0019] 优选地,所述直线轨迹的中点为所述参考点。

[0020] 优选地,所述将所述参考天线的中心法线调节至对准所述被测天线的几何中心的步骤具体为:利用全站仪对被测天线进行自动对准,并按照所述全站仪对被测天线进行自动对准过程将所述参考天线的中心法线调节至对准所述被测天线的几何中心;所述记录调节过程中所述参考天线相对于所述被测天线的转动角度的步骤具体为:当所述全站仪对被测天线进行自动对准后,通过所述全站仪记录调节过程中所述参考天线的转动角度。

[0021] 区别于现有技术的情况,本发明的有益效果是:通过在参考天线进行直线位移后计算相关的距离和角度,根据计算的距离和角度控制参考天线回到直线轨迹上,从而能够校正参考天线的直线位移方向,可以实现测量过程自动化。

附图说明

[0022] 图1是本发明天线方向图测量中的直线轨迹校正方法实施例的流程示意图。

[0023] 图2是采用本发明实施例的直线轨迹校正方法的一个应用场景的测量示意图。

具体实施方式

[0024] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,均属于本发明保护的范围。

[0025] 参见图1,是本发明天线方向图测量中的直线轨迹校正方法实施例的流程示意图。本发明实施例的直线轨迹校正方法包括以下步骤:

[0026] S1:将被测天线固定,在被测天线的中心法线方向上选取参考点,在与被测天线的

中心法线方向垂直的方向上规划参考天线的直线轨迹,并在直线轨迹上规划多个测试点,以控制参考天线沿直线轨迹在多个测试点上依次位移,其中,直线轨迹经过参考点。

[0027] 其中,参考点可以满足远场测量条件,即参考点与被测天线的距离大于 $2D^2/\lambda$,其中,D为被测天线物理口径的最大尺寸, λ 为被测天线的工作波长。物理口径的最大尺寸是指假设用一个圆球将天线包裹起来,该圆球最小的直径。参考点可以是其中一个测试点,也可以不是测试点。在本实施例中,参考点是直线轨迹的中点。

[0028] S2:当参考天线沿直线轨迹从第一测试点向第二测试点位移后,将参考天线的中心法线调节至对准被测天线的几何中心,记录调节过程中参考天线的转动角度,测量位移前参考天线到被测天线的第一距离和位移后参考天线到被测天线的第二距离。

[0029] 其中,参考天线进行位移之前是位于第一测试点,而第一测试点位于直线轨迹上,因此,参考天线位移之前是在直线轨迹上。第一测试点可以是多个测试点中的任意一个测试点。参考天线位移后,可能会由于各种因素的影响,参考天线的位移方向偏离了直线轨迹,造成参考天线位移后停在直线轨迹外的某一点,而不是规划中的第二测试点。在具体实施时,需要通过人工或其它方式将参考天线置于直线轨迹上的第一测试点。转动角度是第一距离和第二距离所在的直线方向的夹角。

[0030] 在本实施例中,将参考天线的中心法线调节至对准被测天线的几何中心的步骤具体为:利用全站仪对被测天线进行自动对准,并按照全站仪对被测天线进行自动对准过程将参考天线的中心法线调节至对准被测天线的几何中心;记录调节过程中参考天线相对于被测天线的转动角度的步骤具体为:当全站仪对被测天线进行自动对准后,通过全站仪记录调节过程中参考天线的转动角度。在使用时,被测天线处放置供全站仪定位的棱镜,以使得全站仪能够自动对准。

[0031] S3:根据第一距离、第二距离、转动角度计算参考天线位移后偏离直线轨迹的偏离角度和参考天线到第一测试点的第三距离。

[0032] 其中,可以通过利用参考点、参考天线位移前后所在的位置构筑三角形,然后根据第一距离、第二距离和转动角度利用解三角形的过程计算偏离角度和第三距离。

[0033] S4:根据偏离角度、第三距离和第一测试点到第三测试点的第四距离计算参考天线到第三测试点的第五距离以及第五距离的方向与直线轨迹之间的校正角度,并按照第五距离和校正角度控制参考天线位移,以使得参考天线重新回到直线轨迹上。

[0034] 其中,可以利用第一测试点、第三测试点和参考天线位移后所在的位置构筑三角形,然后根据偏离角度、第三距离和第一测试点到第三测试点的第四距离利用解三角形的过程计算校正角度和第五距离,最后参考天线按照校正角度和第五距离进行位移可以回到直线轨迹上。当参考天线从第三测试点继续向第四测试点、第五测试点进行位移时,可以重复前述过程实现参考天线直线位移方向的校正。

[0035] 通过上述方式,本发明实施例的天线方向图测量中的直线轨迹校正方法可以实时计算参考天线的位移方向和大小,根据计算结果能够校正参考天线的直线位移方向,从而可以减小位移过程中的各种误差,实现测量过程自动化。

[0036] 请一并参见图1和图2,图2是采用本发明实施例的直线轨迹校正方法的一个应用场景的测量示意图。在该应用场景中,被测天线位于0,参考点为B、直线轨迹的多个测试点为 $A_1, A_2, A_3, A_4, \dots, A_n$ 。当参考天线从第一测试点 A_1 向第二测试点 A_2 位移过程中,位移前参

考天线到被测天线的第二距离为 T_0 ,位移后参考天线到被测天线的第二距离为 T , T 表示参考天线向第二测试点位移后的位置。那么位移后,在三角形 $\triangle A_1OT$ 中利用余弦定理的性质,可得 $A_1T^2 = A_1O^2 + T_0^2 - 2 \cdot A_1O \cdot T_0 \cdot \cos\alpha$,而第一距离 A_1O 为已知,转动角度 α 和第二距离 T_0 可通过全站仪测量得到,因此第三距离的计算式为: $A_1T = \sqrt{A_1O^2 + T_0^2 - 2 \cdot A_1O \cdot T_0 \cdot \cos\alpha}$ 。

[0037] 对三角形 $\triangle A_1OT$ 再次应用余弦定理,可得 $\cos\angle OA_1T = \frac{A_1O^2 + A_1T^2 - T_0^2}{2 \cdot A_1O \cdot A_1T}$ 。而偏离角度是直线轨迹与参考天线位移方向的夹角,偏离角度的计算式为: $\theta = \angle BA_1T = \angle OA_1T - \angle OA_1B$
 $\approx \arccos\left(\frac{A_1O^2 + A_1T^2 - T_0^2}{2 \cdot A_1O \cdot A_1T}\right) - \angle OA_1B$ 。 $\angle OA_1B$ 为已知, $\angle OA_1B = \arctan\left(\frac{OB}{A_1B}\right)$ 。

[0038] 在计算校正角度时,可以在三角形 $\triangle A_1A_3T$ 中过点 T 作 A_1A_3 的垂线,垂点为 T' 。则 $TT' = A_1T \cdot \sin\theta$, $A_1T' = A_1T \cdot \cos\theta$,因此, $A_3T = A_1A_3 - A_1T' = A_1A_3 - A_1T \cdot \cos\theta$,其中,第四距离为 A_1A_3 ,是已知量。从而,在直角三角形 $\triangle A_3TT'$ 中,可计算得到第五距离

[0039] $A_3T = \sqrt{TT'^2 + T'A_3^2} = \sqrt{(A_1T \cdot \sin\theta)^2 + (A_1A_3 - A_1T \cdot \cos\theta)^2}$,而校正角度的计算式为:
 $\gamma = \angle A_3A_1T = \arctan\left(\frac{TT'}{T'A_3}\right) = \arctan\left(\frac{A_1T \cdot \sin\theta}{A_1A_3 - A_1T \cdot \cos\theta}\right)$ 。

[0040] 当参考天线从 T 点向第三测试点 A_3 位移时,根据校正角度 γ 可以确定位移方向,根据第五距离 A_3T 可以确定位移距离,从而可以按照第五距离和校正角度控制参考天线位移,以使得参考天线重新回到直线轨迹上。

[0041] 以上所述仅为本发明的实施例,并非因此限制本发明的专利范围,凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换,或直接或间接运用在其他相关的技术领域,均同理包括在本发明的专利保护范围内。

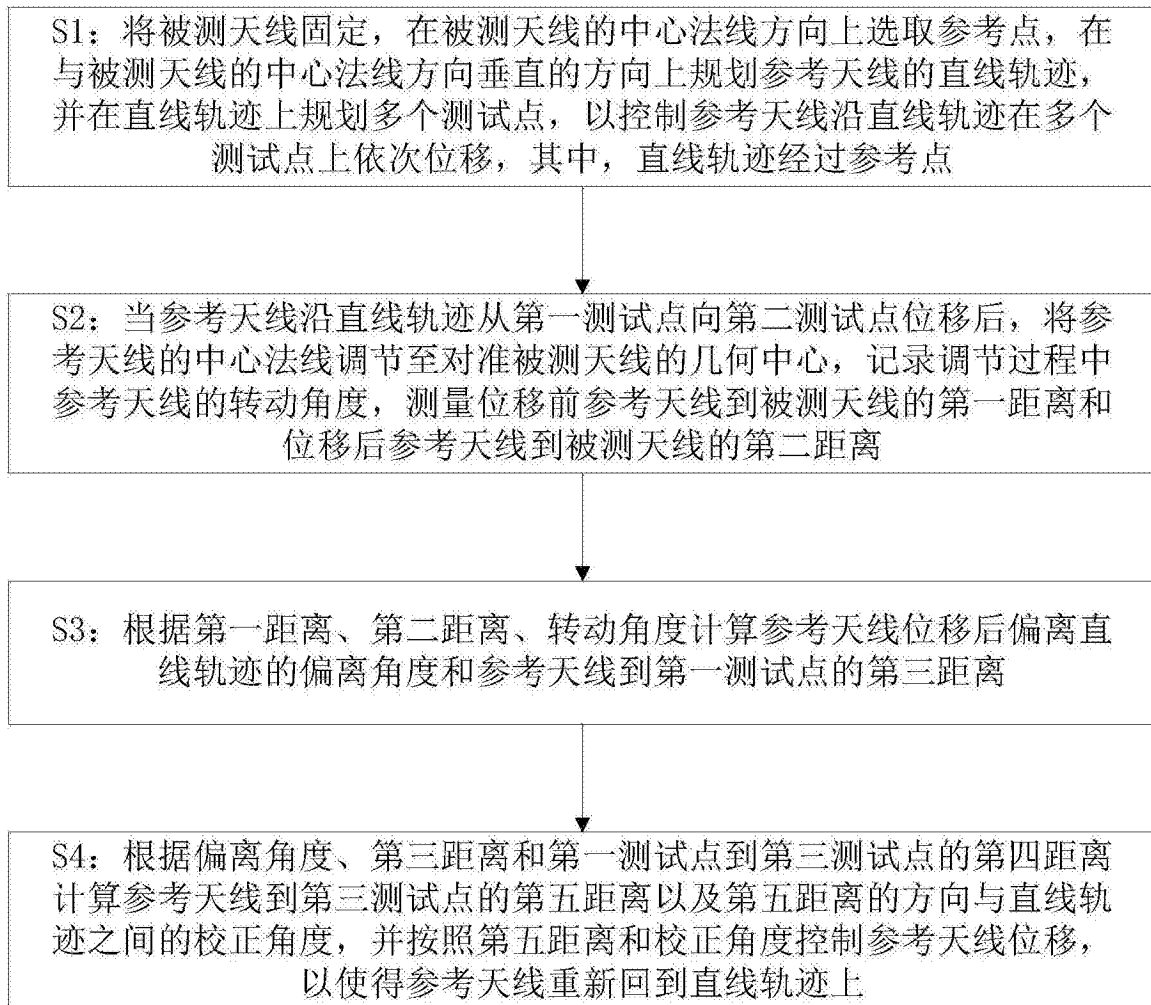


图1

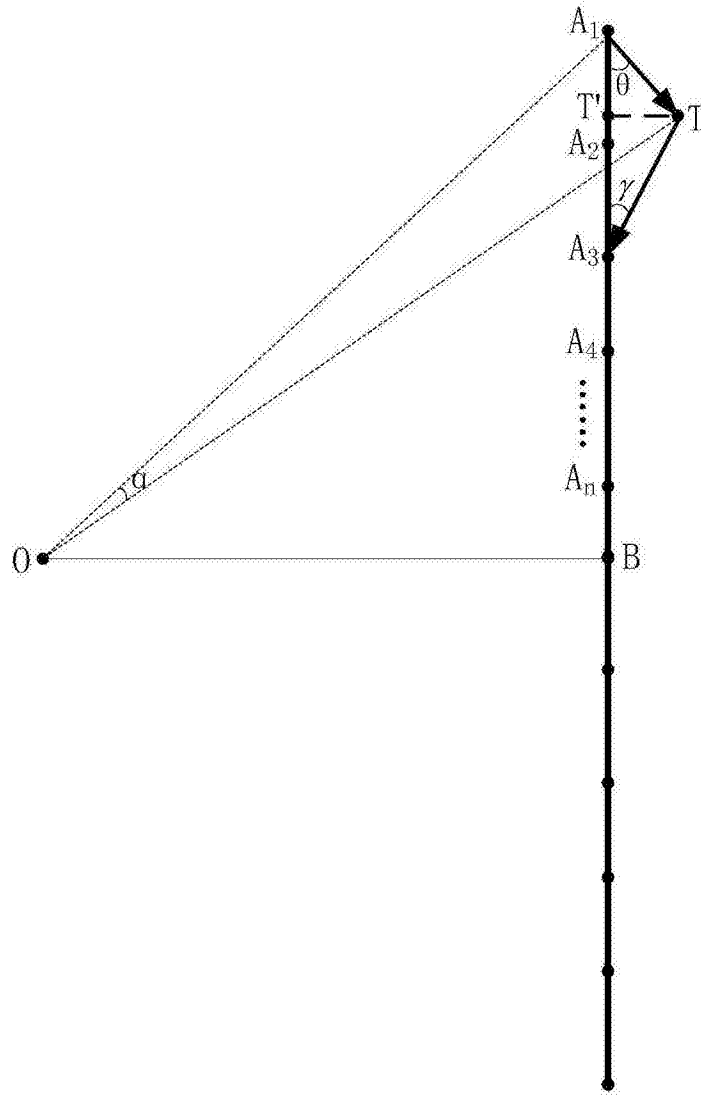


图2