



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106871837 B

(45)授权公告日 2019.06.14

(21)申请号 201710077138.5

(22)申请日 2017.02.13

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106871837 A

(43)申请公布日 2017.06.20

(73)专利权人 郑州信工智能化系统有限公司
地址 450000 河南省郑州市高新技术产业
开发区长椿路11号河南大学科技园孵
化园区一号孵化楼807号

(72)发明人 杨东升 丁英强 赵彭波 李希魁
武吉庆 李宏伟 敖彬仪 秦利涛
王飞虎 李宁

(74)专利代理机构 北京超凡志成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11371
代理人 宋南

(51)Int.Cl.

G01B 21/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 102230784 A,2011.11.02,
CN 102721371 A,2012.10.10,
CN 107101763 A,2017.08.29,
CN 103323167 A,2013.09.25,
CN 101750019 A,2010.06.23,
US 8155921 B2,2012.04.10,
JP H02306102 A,1990.12.19,
张江华.《高压输电线路弧垂在线监测研
究》.《中国优秀硕士学位论文全文数据库工程科
技II辑》.2013,

审查员 李萍

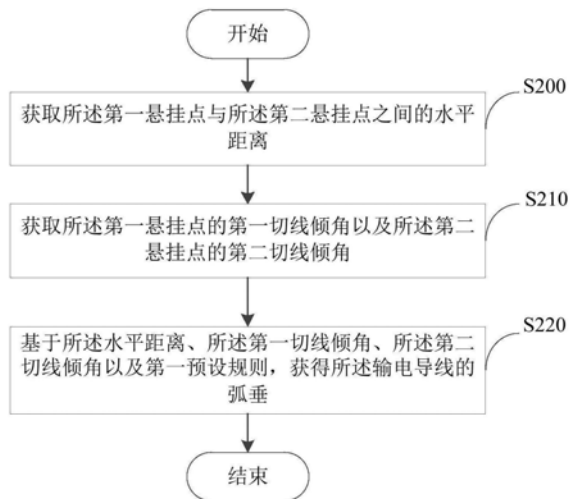
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

弧垂测量方法及装置

(57)摘要

本发明实施例提供了一种弧垂测量方法及装置,属于电力输电技术领域。所述方法包括:获取所述第一悬挂点与所述第二悬挂点之间的水平距离;获取所述第一悬挂点的第一切线倾角以及所述第二悬挂点的第二切线倾角;基于所述水平距离、所述第一切线倾角、所述第二切线倾角以及第一预设规则,获得所述输电导线的弧垂。以此实现精确测量输电导线的弧垂。



1. 一种弧垂测量方法,其特征在于,应用于输电导线,所述输电导线的第一端设置于第一输电塔的第一端,所述输电导线的第二端设置于第二输电塔的第一端,所述输电导线的第一端设置有第一悬挂点,所述输电导线的第二端设置有第二悬挂点,所述方法包括:

获取所述第一悬挂点与所述第二悬挂点之间的水平距离;

获取所述第一悬挂点的第一切线倾角以及所述第二悬挂点的第二切线倾角;

基于所述水平距离、所述第一切线倾角、所述第二切线倾角以及第一预设规则,获得所述输电导线的弧垂;

其中,所述第一预设规则包括:以所述输电导线的最低点为坐标原点,以所述输电导线的最低点的切线方向为X轴,以经过所述坐标原点并与所述X轴垂直的方向为Y轴,基于

$$H = \frac{(\tan \theta_2 - \tan \theta_1)}{2} x + \frac{\tan \theta_1 \tan \theta_2}{2(\tan \theta_1 + \tan \theta_2)} l - \frac{(\tan \theta_1 + \tan \theta_2)}{2l} x^2, \text{ 获得所述输电导线测量点的}$$

弧垂,其中,H为所述输电导线测量点的弧垂,x为所述测量点的横坐标,l为所述水平距离, θ_1 为所述第一切线倾角, θ_2 为所述第二切线倾角。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,当所述测量点为所述第一悬挂点和所述第二悬挂点的档中点时,基于

$$H_1 = \frac{(\tan \theta_1 + \tan \theta_2)}{8} \times l, \text{ 获得所述输电导线的档中间弧垂,}$$

其中, H_1 为所述输电导线的档中间弧垂,l为所述水平距离, θ_1 为所述第一切线倾角, θ_2 为所述第二切线倾角。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,当x为0时,基于

$$H_2 = \frac{(\tan \theta_1 \times \tan \theta_2)}{2 \times (\tan \theta_1 + \tan \theta_2)} \times l, \text{ 获得所述输电导线的最低点弧垂,其中,} H_2 \text{ 为所述输电导线的}$$

最低点弧垂,l为所述水平距离, θ_1 为所述第一切线倾角, θ_2 为所述第二切线倾角。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

基于所述水平距离、所述第一切线倾角、所述第二切线倾角以及第二预设规则,获得所述输电导线的第一端与所述输电导线的第二端之间的高度差;

其中,所述第二预设规则包括:基于 $\Delta h = \frac{l \cdot (\tan \theta_2 - \tan \theta_1)}{2}$, 获得所述输电导线的第一端与所述输电导线的第二端之间的高度差,其中, Δh 为所述高度差,l为所述水平距离, θ_1 为所述第一切线倾角, θ_2 为所述第二切线倾角。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

基于所述水平距离、所述第一切线倾角、所述高度差以及第三预设规则,获得所述输电导线的弧垂;

其中,所述第三预设规则包括:基于 $H_3 = \frac{(\tan \theta_1 \times l + \Delta h)}{4}$, 获得所述输电导线的弧垂,其中, H_3 为所述输电导线的弧垂, Δh 为所述高度差,l为所述水平距离, θ_1 为所述第一切线倾角。

6. 一种弧垂测量装置,其特征在于,应用于输电导线,所述输电导线的第一端设置于第一输电塔的第一端,所述输电导线的第二端设置于第二输电塔的第一端,所述输电导线的第一端设置有第一悬挂点,所述输电导线的第二端设置有第二悬挂点,所述装置包括:

第一获取单元,用于获取所述第一悬挂点与所述第二悬挂点之间的水平距离;

第二获取单元,用于获取所述第一悬挂点的第一切线倾角以及所述第二悬挂点的第二切线倾角;

弧垂获得单元,用于基于所述水平距离、所述第一切线倾角、所述第二切线倾角以及第一预设规则,获得所述输电导线的弧垂;其中,所述第一预设规则包括:以所述输电导线的最低点为坐标原点,以所述输电导线的最低点的切线方向为X轴,以经过所述坐标原点并与所述X轴垂直的方向为Y轴,基于
$$H = \frac{(\tan \theta_2 - \tan \theta_1)}{2} x + \frac{\tan \theta_1 \tan \theta_2}{2(\tan \theta_1 + \tan \theta_2)} l - \frac{(\tan \theta_1 + \tan \theta_2)}{2l} x^2,$$
获得所述输电导线测量点的弧垂,其中,H为所述输电导线测量点的弧垂,x为所述测量点的横坐标,l为所述水平距离, θ_1 为所述第一切线倾角, θ_2 为所述第二切线倾角。

弧垂测量方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及电力输电技术领域,具体而言,涉及一种弧垂测量方法及装置。

背景技术

[0002] 弧垂是高压输电线路安全运行的一个关键指标。现在常见的弧垂测量方法有观测法和电子测量法两种。观测法常用的工具有弧垂板、经纬仪等,但是弧垂板测量需要专业的有丰富使用经验的人员操作,并且精度很难量化;经纬仪的操作过程繁琐,测量结果也不确定。电子测量法一般先建立数学模型,不论是精密的悬链线方程,还是简化版的抛物线方程,都需要已知导线两个悬挂点的高度差。在某些应用和专利中,却直接忽略掉这个参数或者用输电塔呼称高差作为悬挂点的高度差,这种计算方法很显然会造成弧垂测量精度的偏差,如果是在地理环境复杂的场合,甚至引发安全事故。

发明内容

[0003] 有鉴于此,本发明实施例的目的在于提供一种弧垂测量方法及装置,以改善上述问题。为了实现上述目的,本发明采取的技术方案如下:

[0004] 第一方面,本发明实施例提供了一种弧垂测量方法,应用于输电导线,所述输电导线的第一端设置于第一输电塔的第一端,所述输电导线的第二端设置于第二输电塔的第一端,所述输电导线的第一端设置有第一悬挂点,所述输电导线的第二端设置有第二悬挂点,所述方法包括:获取所述第一悬挂点与所述第二悬挂点之间的水平距离;获取所述第一悬挂点的第一切线倾角以及所述第二悬挂点的第二切线倾角;基于所述水平距离、所述第一切线倾角、所述第二切线倾角以及第一预设规则,获得所述输电导线的弧垂。

[0005] 第二方面,本发明实施例提供了一种弧垂测量装置,应用于输电导线,所述输电导线的第一端设置于第一输电塔的第一端,所述输电导线的第二端设置于第二输电塔的第一端,所述输电导线的第一端设置有第一悬挂点,所述输电导线的第二端设置有第二悬挂点,所述装置包括:第一获取单元,用于获取所述第一悬挂点与所述第二悬挂点之间的水平距离;第二获取单元,用于获取所述第一悬挂点的第一切线倾角以及所述第二悬挂点的第二切线倾角;弧垂获得单元,用于基于所述水平距离、所述第一切线倾角、所述第二切线倾角以及第一预设规则,获得所述输电导线的弧垂。

[0006] 本发明实施例提供了一种弧垂测量方法及装置,应用于输电导线,所述输电导线的第一端设置于第一输电塔的第一端,所述输电导线的第二端设置于第二输电塔的第一端,所述输电导线的第一端设置有第一悬挂点,所述输电导线的第二端设置有第二悬挂点,所述方法包括:获取所述第一悬挂点与所述第二悬挂点之间的水平距离;获取所述第一悬挂点的第一切线倾角以及所述第二悬挂点的第二切线倾角;基于所述水平距离、所述第一切线倾角、所述第二切线倾角以及第一预设规则,获得所述输电导线的弧垂。以此实现精确测量输电导线的弧垂。

[0007] 本发明的其他特征和优点将在随后的说明书阐述,并且,部分地从说明书中变得

显而易见,或者通过实施本发明实施例了解。本发明的目的和其他优点可通过在所写的说明书、权利要求书、以及附图中所特别指出的结构来实现和获得。

附图说明

[0008] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本发明的某些实施例,因此不应被看作是对范围的限定,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

[0009] 图1为一种可应用于本申请实施例中的电子设备的结构框图;

[0010] 图2为本发明第一实施例提供的弧垂测量方法的流程图;

[0011] 图3为本发明第一实施例提供的弧垂测量方法的输电导线的受力分析示意图;

[0012] 图4为本发明第一实施例提供的弧垂测量方法的输电导线和输电塔的数学模型示意图;

[0013] 图5为本发明第一实施例提供的弧垂测量方法的计算结果示意图;

[0014] 图6为本发明第二实施例提供的弧垂测量装置的结构框图。

具体实施方式

[0015] 下面将结合本发明实施例中附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本发明实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。因此,以下对在附图中提供的本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围,而是仅仅表示本发明的选定实施例。基于本发明的实施例,本领域技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0016] 应注意到:相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。同时,在本发明的描述中,术语“第一”、“第二”等仅用于区分描述,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0017] 请参照图1,图1示出了一种可应用于本申请实施例中的电子设备100的结构框图。该电子设备100可以作为用户终端,也可以是计算机或服务器,所述用户终端可以为手机或平板电脑。如图1所示,电子设备100可以包括存储器110、存储控制器111、处理器112和弧垂测量装置。

[0018] 存储器110、存储控制器111、处理器112各元件之间直接或间接地电连接,以实现数据的传输或交互。例如,这些元件之间可以通过一条或多条通讯总线或信号总线实现电连接。弧垂测量方法分别包括至少一个可以以软件或固件(firmware)的形式存储于存储器110中的软件功能模块,例如所述弧垂测量装置包括的软件功能模块或计算机程序。

[0019] 存储器110可以存储各种软件程序以及模块,如本申请实施例提供的弧垂测量方法及装置对应的程序指令/模块。处理器112通过运行存储在存储器110中的软件程序以及模块,从而执行各种功能应用以及数据处理,即实现本申请实施例中的弧垂测量方法。存储器110可以包括但不限于随机存取存储器(Random Access Memory,RAM),只读存储器(Read Only Memory,ROM),可编程只读存储器(Programmable Read-Only Memory,PROM),可擦除

只读存储器 (Erasable Programmable Read-Only Memory, EPROM), 电可擦除只读存储器 (Electric Erasable Programmable Read-Only Memory, EEPROM) 等。

[0020] 处理器112可以是一种集成电路芯片, 具有信号处理能力。上述处理器可以是通用处理器, 包括中央处理器 (Central Processing Unit, 简称CPU)、网络处理器 (Network Processor, 简称NP) 等; 还可以是数字信号处理器 (DSP)、专用集成电路 (ASIC)、现成可编程门阵列 (FPGA) 或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。其可以实现或者执行本申请实施例中的公开的各方法、步骤及逻辑框图。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

[0021] 第一实施例

[0022] 请参照图2, 本发明实施例提供了一种弧垂测量方法, 应用于输电导线, 所述输电导线的第一端设置于第一输电塔的第一端, 所述输电导线的第二端设置于第二输电塔的第一端, 所述输电导线的第一端设置有第一悬挂点, 所述输电导线的第二端设置有第二悬挂点, 所述方法包括:

[0023] 步骤S200: 获取所述第一悬挂点与所述第二悬挂点之间的水平距离;

[0024] 步骤S210: 获取所述第一悬挂点的第一切线倾角以及所述第二悬挂点的第二切线倾角;

[0025] 请参见图3, 输电导线连接在相邻的输电塔A和输电塔B之间。实际上, 输电导线悬在空中的曲线形态, 从数学角度用什么方程来描述是进行导线力学分析的前提。由于假定视导线为柔索, 则可按照理论力学中的悬链线关系来进行分析, 即将导线架设在空中的几何形态视为悬链形态, 而由此导出的方程式为悬链线方程。

[0026] 以输电导线的最低点为坐标原点O, 建立数学模型, 在输电导线上任取一点D(x, y), 分析OD段输电导线的受力关系, 如图3所示, OD段输电导线受三个力而保持平衡, 其中D点承受拉力为 $T_x = \sigma_x S$, 拉力 T_x 与输电导线曲线相切, 与水平方向夹角为 θ ; 0点承受拉力为 $T_0 = \sigma_0 S$, T_0 为输电导线0点的切线方向, 与水平方向平行, 又称为水平张力; OD段导线自身的荷载为 $G = gSL_x$, L_x 为OD段导线的弧长。

[0027] 由静力学平衡条件可知, OD段导线水平分力、垂直分力的代数和分别为0, 垂直分力 $G = T_x \times \sin \theta = gSL_x$; 水平分力为 $T_0 = T_x \times \cos \theta = \sigma_0 S$ 。其中, σ_0 为纵向应力 (输电导线最低点应力), 单位Mpa ($1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$); g 为输电导线的比载, 单位: $\text{N}/\text{m} \cdot \text{mm}^2$ 。

$$[0028] \quad g = 9.8 \times \frac{m_0}{S} \times 10^{-3}$$

[0029] 其中, m_0 为每公里输电导线的重量, 单位是 kg/km ; S 是输电导线截面积, 单位是 mm^2 。

[0030] 将以上垂直分力和水平分力的表达式相比, 则可获得导线任意一点D的斜率为:

$$[0031] \quad \tan \theta = \frac{dy}{dx} = \frac{gL_x}{\sigma_0} \quad (1)$$

[0032] 然后利用微积分的知识即取曲线上任一点的导数为切线的斜率, 分离变量, 求得D点纵坐标的表达式即悬链线方程式 (2):

$$[0033] \quad y = \frac{\sigma_0}{g} \left(ch \frac{gx}{\sigma_0} - 1 \right) \quad (2)$$

[0034] 其中, $ch \frac{gx}{\sigma_0}$ 为: $ch \frac{gx}{\sigma_0} = \cosh \frac{gx}{\sigma_0} = \frac{e^{\frac{gx}{\sigma_0}} + e^{-\frac{gx}{\sigma_0}}}{2}$ 。

[0035] 在线路设计中,为了计算上的方便,一般不需要使用精确式方程,而是将其展开为泰勒级数形式。将悬链线方程式(2)展开为无穷级数表达式(3)(在 $x=0$ 点):

$$[0036] \quad y = \frac{g}{2\sigma_0} x^2 + \frac{g^3}{24\sigma_0^3} x^4 + \frac{g^5}{720\sigma_0^5} x^6 + \dots \quad (3)$$

[0037] 根据 $\frac{g}{\sigma_0}$ 的物理意义,可以判断其数值远小于1,所以对无穷级数表达式(3)取近似值为:

$$[0038] \quad y = \frac{g}{2\sigma_0} x^2 \quad (4)$$

[0039] 由此可知,简化之后悬链线方程(4)是常见的抛物线方程。

[0040] 步骤S220:基于所述水平距离、所述第一切线倾角、所述第二切线倾角以及第一预设规则,获得所述输电导线的弧垂。

[0041] 以所述输电导线的最低点为坐标原点,以所述输电导线的最低点的切线方向为X轴,以经过所述坐标原点并与所述X轴垂直的方向为Y轴,基于

$$H = \frac{(\tan \theta_2 - \tan \theta_1)}{2} x + \frac{\tan \theta_1 \tan \theta_2}{2(\tan \theta_1 + \tan \theta_2)} l - \frac{(\tan \theta_1 + \tan \theta_2)}{2l} x^2, \text{ 获得所述输电导线测量点}$$

的弧垂,其中,H为所述输电导线测量点的弧垂,x为所述测量点的横坐标,l为所述水平距离, θ_1 为所述第一切线倾角, θ_2 为所述第二切线倾角。

[0042] 具体地,请参照图4,T1表示第一输电塔,T2表示与所述第一输电塔相邻的第二输电塔,C1表示输电导线,悬垂在第一输电塔和第二输电塔之间,A点为所述第一输电塔与所述输电导线的连接点,B点为所述第二输电塔与所述输电导线的连接点。l为A点和B点之间的水平距离, Δh 为A点和B点之间的高度差。可以理解的是,A点为第一悬挂点,B点为第二悬挂点。

[0043] 以所述输电导线C1的最低点为坐标原点O,以所述输电导线的最低点的切线方向为X轴,以经过所述坐标原点并与所述X轴垂直的方向为Y轴,建立如图4所示的XOY直角坐标系,A点在输电导线上切线与X轴的角度为 θ_1 , θ_1 为所述第一切线倾角;B点在输电导线上切线与X轴的角度为 θ_2 , θ_2 为所述第二切线倾角。设点A(x_1, y_1),点B(x_2, y_2),点A和点B满足(4)的抛物线方程,令 $\beta = \frac{g}{2\sigma_0}$,同时可以建立以下六个方程组:

$$[0044] \quad y_1 = f(x_1) = \beta x_1^2 \quad (5)$$

$$[0045] \quad y_2 = f(x_2) = \beta x_2^2 \quad (6)$$

$$[0046] \quad y'_1 = f'(x_1) = 2\beta x_1 = -\tan \theta_1 \quad (7)$$

$$[0047] \quad y'_2 = f'(x_2) = 2\beta x_2 = \tan \theta_2 \quad (8)$$

$$[0048] \quad x_2 - x_1 = l \quad (9)$$

$$[0049] \quad y_2 - y_1 = \Delta h \quad (10)$$

[0050] 将方程(9)左右两边同时乘以2 β ,然后将方程(7)和方程(8)带入方程(9),获得方

程(11)：

$$[0051] \quad \tan\theta_2 + \tan\theta_1 = 2\beta l \quad (11)$$

[0052] 将方程(11)两边同时除以 $2l$,得到 β 的表达式即方程(12)：

$$[0053] \quad \beta = \frac{\tan\theta_1 + \tan\theta_2}{2l} \quad (12)$$

[0054] 将方程(12)分别带入方程(7)和(8),获得 x_1 和 x_2 的表达式：

$$[0055] \quad x_1 = -\frac{\tan\theta_1}{2\beta} = -\frac{l \cdot \tan\theta_1}{\tan\theta_1 + \tan\theta_2} \quad (13)$$

$$[0056] \quad x_2 = \frac{\tan\theta_2}{2\beta} = \frac{l \cdot \tan\theta_2}{\tan\theta_1 + \tan\theta_2} \quad (14)$$

[0057] 根据点A和点B的坐标建立直线AB方程为：

$$[0058] \quad g(x) - g(x_1) = \frac{g(x_2) - g(x_1)}{x_2 - x_1} (x - x_1) = \beta(x_1 + x_2)(x - x_1) \quad (15)$$

[0059] 对方程(15)进行化简,得到方程(16)：

$$[0060] \quad g(x) = \beta(x_1 + x_2)x - \beta x_1 x_2 \quad (16)$$

[0061] 根据弧垂的定义,输电导线上任意一点弧垂 H 为：

$$[0062] \quad H = g(x) - f(x) = \beta(x_1 + x_2)x - \beta x_1 x_2 - \beta x_1^2$$

$$[0063] \quad \text{即 } H = \frac{(\tan\theta_2 - \tan\theta_1)}{2} x + \frac{\tan\theta_1 \tan\theta_2}{2(\tan\theta_1 + \tan\theta_2)} l - \frac{(\tan\theta_1 + \tan\theta_2)}{2l} x^2 \quad (17)$$

[0064] 公式(17)中, x 为所述测量点的横坐标。

[0065] 当所述测量点为所述第一悬挂点和所述第二悬挂点的档中点时,基于

$H_1 = \frac{(\tan\theta_1 + \tan\theta_2)}{8} \times l$,获得所述输电导线的档中间弧垂,其中, H_1 为所述输电导线的

档中间弧垂, l 为所述水平距离, θ_1 为所述第一切线倾角, θ_2 为所述第二切线倾角。

[0066] 具体地,当所述测量点为所述第一悬挂点和所述第二悬挂点的档中点时,即

$x = \frac{x_1 + x_2}{2}$ 时：

[0067]

$$H_1 = g\left(\frac{x_1 + x_2}{2}\right) - f\left(\frac{x_1 + x_2}{2}\right) = \frac{\tan\theta_1 \tan\theta_2}{2(\tan\theta_1 + \tan\theta_2)} l + \frac{(\tan\theta_2 - \tan\theta_1)^2}{8(\tan\theta_1 + \tan\theta_2)} l$$

$$= \frac{(\tan\theta_2 + \tan\theta_1)^2}{8(\tan\theta_1 + \tan\theta_2)} l$$

[0068] 化简得到：

$$[0069] \quad H_1 = \frac{(\tan\theta_1 + \tan\theta_2)}{8} \times l \quad (18)$$

[0070] 当 x 为0时,基于 $H_2 = \frac{(\tan\theta_1 \times \tan\theta_2)}{2 \times (\tan\theta_1 + \tan\theta_2)} \times l$,获得所述输电导线的最低点弧垂,其

中, H_2 为所述输电导线的最低点弧垂, l 为所述水平距离, θ_1 为所述第一切线倾角, θ_2 为所述

第二切线倾角。

[0071] 具体地,当所述测量点为最低点时,公式(17)中,令 x 为0,获得所述输电导线的最

$$\text{低点弧垂: } H_2 = \frac{(\tan \theta_1 \times \tan \theta_2)}{2 \times (\tan \theta_1 + \tan \theta_2)} \times l。$$

[0072] 所述方法还包括:基于所述水平距离、所述第一切线倾角、所述第二切线倾角以及第二预设规则,获得所述输电导线的第一端与所述输电导线的第二端之间的高度差。

[0073] 作为一种实施方式,基于 $\Delta h = \frac{l \cdot (\tan \theta_2 - \tan \theta_1)}{2}$, 获得所述输电导线的第一端与所述输电导线的第二端之间的高度差,其中, Δh 为所述高度差, l 为所述水平距离, θ_1 为所述第一切线倾角, θ_2 为所述第二切线倾角。

[0074] 具体地,将表达式(12)、(13)、(14)带入方程(10)中,计算得到:

$$\Delta h = y_2 - y_1 = \beta x_2^2 - \beta x_1^2 = \beta(x_2 - x_1)(x_2 + x_1)$$

$$[0075] \quad = \frac{\tan \theta_1 + \tan \theta_2}{2l} \times l \times \frac{l \cdot (\tan \theta_2 - \tan \theta_1)}{\tan \theta_2 + \tan \theta_1}$$

[0076] 化简得到:

$$[0077] \quad \Delta h = \frac{l \cdot (\tan \theta_2 - \tan \theta_1)}{2} \quad (19)$$

[0078] 基于所述水平距离、所述第一切线倾角、所述高度差以及第三预设规则,获得所述输电导线的弧垂。

[0079] 具体地,基于 $H_3 = \frac{(\tan \theta_1 \times l + \Delta h)}{4}$, 获得所述输电导线的弧垂,其中, H_3 为所述输电导线的弧垂, Δh 为所述高度差, l 为所述水平距离, θ_1 为所述第一切线倾角。

[0080] 具体地,根据公式(18)、(19),计算推导可以获得:

$$[0081] \quad H_3 = \frac{(\tan \theta_1 \times l + \Delta h)}{4} \quad (20)$$

[0082] 在已知 l 、 θ_1 、 Δh 的情况下,可以利用公式(20)计算获得档中间弧垂。

[0083] 通过现有测量工具测量出A点的第一切线倾角 θ_1 ,B点的第二切线倾角 θ_2 ,A点与B点的水平距离 l ;基于以上公式,而获得输电导线的弧垂或高度差。以此实现精确测量输电导线的弧垂。例如,测量出两个相邻输电塔即A点和B点间距为90米,通过25次测量得出A点的第一切线倾角 θ_1 和B点的第二切线倾角 θ_2 ,并计算得到高度差、档中间弧垂、最低点弧垂,结果如图5所示,A点倾角表示A点的第一切线倾角 θ_1 ,单位为度;B点倾角表示B点的第二切线倾角 θ_2 ,单位为度。其中,测量得出A点的第一切线倾角的最大值为6.362度,最小值为6.158度,相差为0.204度;其中,测量得出B点的第二切线倾角的最大值为10.397度,最小值为10.173度,相差为0.224度;测量高度差的最大值为3.306102988米,最小值为3.068293583米,相差为0.237809405米;测量档中间弧垂的最大值3.317850922米,最小值为3.231899946米,相差为0.084022143米;测量最低点弧垂的最大值为3.120269431米,最小值为3.031507539米,相差为0.083838669米。通过多次测量,提高计算精确度。

[0084] 需要说明的是,由于在实际工程上,一般相邻输电塔之间的距离为200多米,近的有100多米,远的有500多米。实际中安装现场测量设备如下:在第一输电塔的实际悬挂点附

近固定一个测量装置,作为测量标志点A,测量标志点A位于第一输电塔的实际悬挂点1米之内,1米相对于200多米来说,可以忽略不计;在与第一输电塔的相邻的第二输电塔的悬挂点固定第二个测量装置,作为测量标志点B,测量标志点B位于第一输电塔的实际悬挂点1米之内,1米相对于200多米来讲,可以忽略不计。由此利用两个测量装置实时测量测量标志点A和测量标志点B的切线倾角和A、B两点水平距离,从而获得输电导线的弧垂。

[0085] 本发明实施例提供了一种弧垂测量方法,应用于输电导线,所述输电导线的第一端设置于第一输电塔的第一端,所述输电导线的第二端设置于第二输电塔的第一端,所述输电导线的第一端设置有第一悬挂点,所述输电导线的第二端设置有第二悬挂点,所述方法包括:获取所述第一悬挂点与所述第二悬挂点之间的水平距离;获取所述第一悬挂点的第一切线倾角以及所述第二悬挂点的第二切线倾角;基于所述水平距离、所述第一切线倾角、所述第二切线倾角以及第一预设规则,获得所述输电导线的弧垂。以此实现精确测量输电导线的弧垂。

[0086] 第二实施例

[0087] 请参见图6,本发明实施例提供了一种弧垂测量装置300,应用于输电导线,所述输电导线的第一端设置于第一输电塔的第一端,所述输电导线的第二端设置于第二输电塔的第一端,所述输电导线的第一端设置有第一悬挂点,所述输电导线的第二端设置有第二悬挂点,所述装置300包括:

[0088] 第一获取单元310,用于获取所述第一悬挂点与所述第二悬挂点之间的水平距离。

[0089] 第二获取单元320,用于获取所述第一悬挂点的第一切线倾角以及所述第二悬挂点的第二切线倾角。

[0090] 弧垂获得单元330,用于基于所述水平距离、所述第一切线倾角、所述第二切线倾角以及第一预设规则,获得所述输电导线的弧垂。

[0091] 具体地,所述弧垂获得单元330,用于以所述输电导线的最低点为坐标原点,以所述输电导线的最低点的切线方向为X轴,以经过所述坐标原点并与所述X轴垂直的方向为Y

轴,基于 $H = \frac{(\tan \theta_2 - \tan \theta_1)}{2} x + \frac{\tan \theta_1 \tan \theta_2}{2(\tan \theta_1 + \tan \theta_2)} l - \frac{(\tan \theta_1 + \tan \theta_2)}{2l} x^2$, 获得所述输电导线

测量点的弧垂,其中,H为所述输电导线测量点的弧垂,x为所述测量点的横坐标,l为所述水平距离, θ_1 为所述第一切线倾角, θ_2 为所述第二切线倾角。

[0092] 需要说明的是,本实施例中的各单元可以是由软件代码实现,此时,上述的各单元可存储于存储器110内。以上各单元同样可以由硬件例如集成电路芯片实现。

[0093] 本发明实施例提供的弧垂测量装置300,其实现原理及产生的技术效果和前述方法实施例相同,为简要描述,装置实施例部分未提及之处,可参考前述方法实施例中相应内容。

[0094] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的装置和方法,也可以通过其它的方式实现。以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如,附图中的流程图和框图显示了根据本发明的多个实施例的装置、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上,流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段或代码的一部分,所述模块、程序段或代码的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意,在有些作为替换的实现方式中,方框中所标注的功能也可以以不同于

附图中所标注的顺序发生。例如,两个连续的方框实际上可以基本并行地执行,它们有时也可以按相反的顺序执行,这依所涉及的功能而定。也要注意的,框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合,可以用执行规定的功能或动作的专用的基于硬件的系统来实现,或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

[0095] 另外,在本发明各个实施例中的各功能模块可以集成在一起形成一个独立的部分,也可以是各个模块单独存在,也可以两个或两个以上模块集成形成一个独立的部分。

[0096] 所述功能如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备)执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0097] 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。应注意到:相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。

[0098] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,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,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应所述以权利要求的保护范围为准。

[0099] 需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

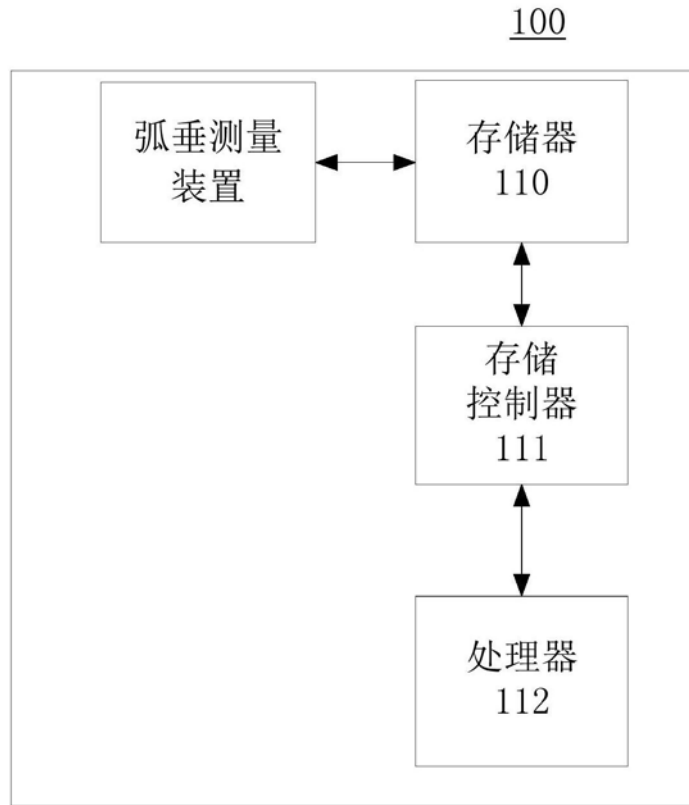


图1

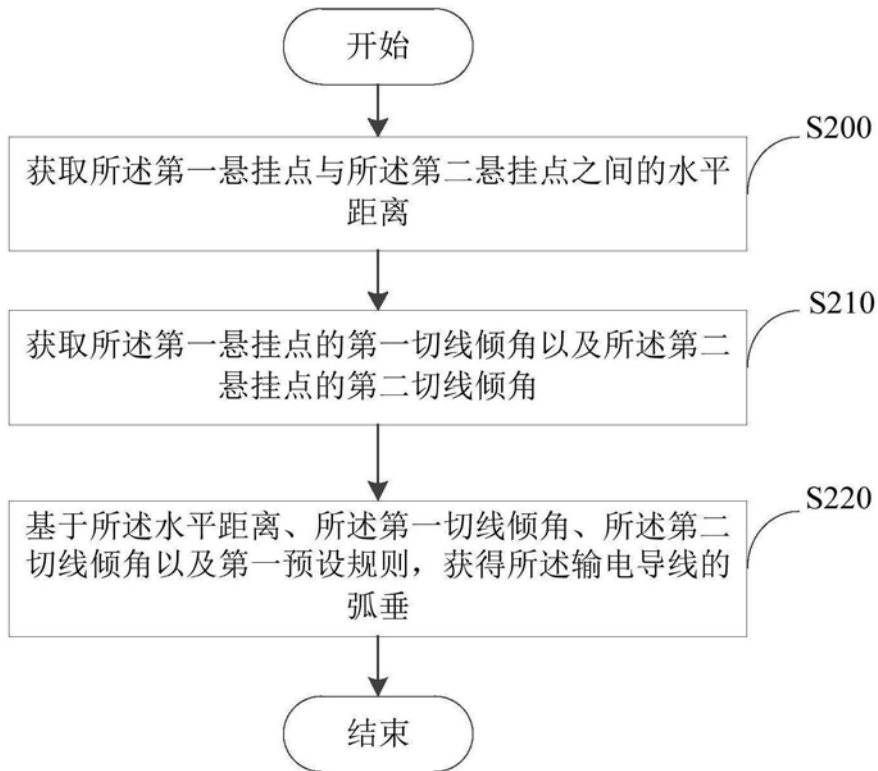


图2

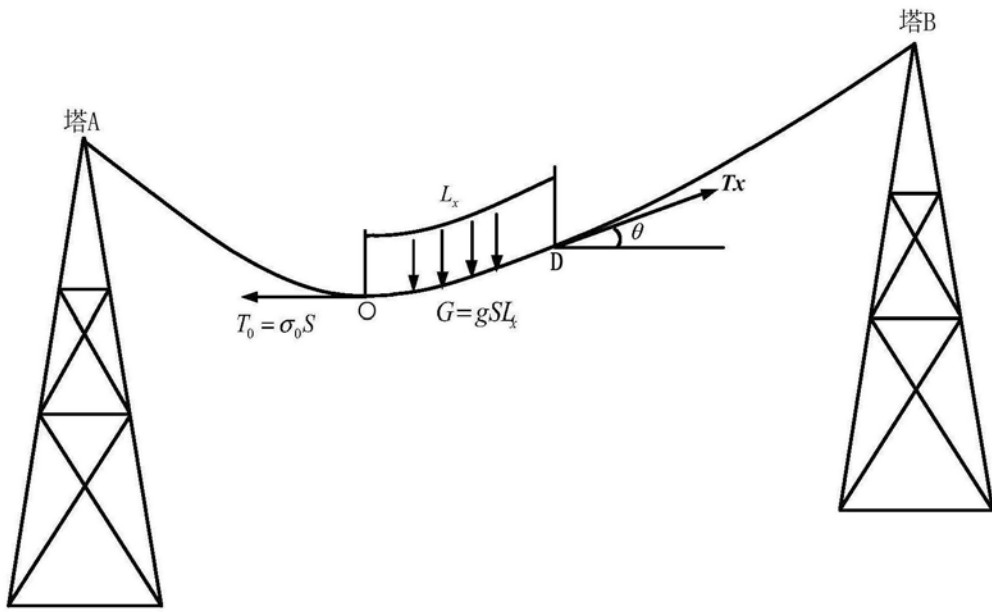


图3

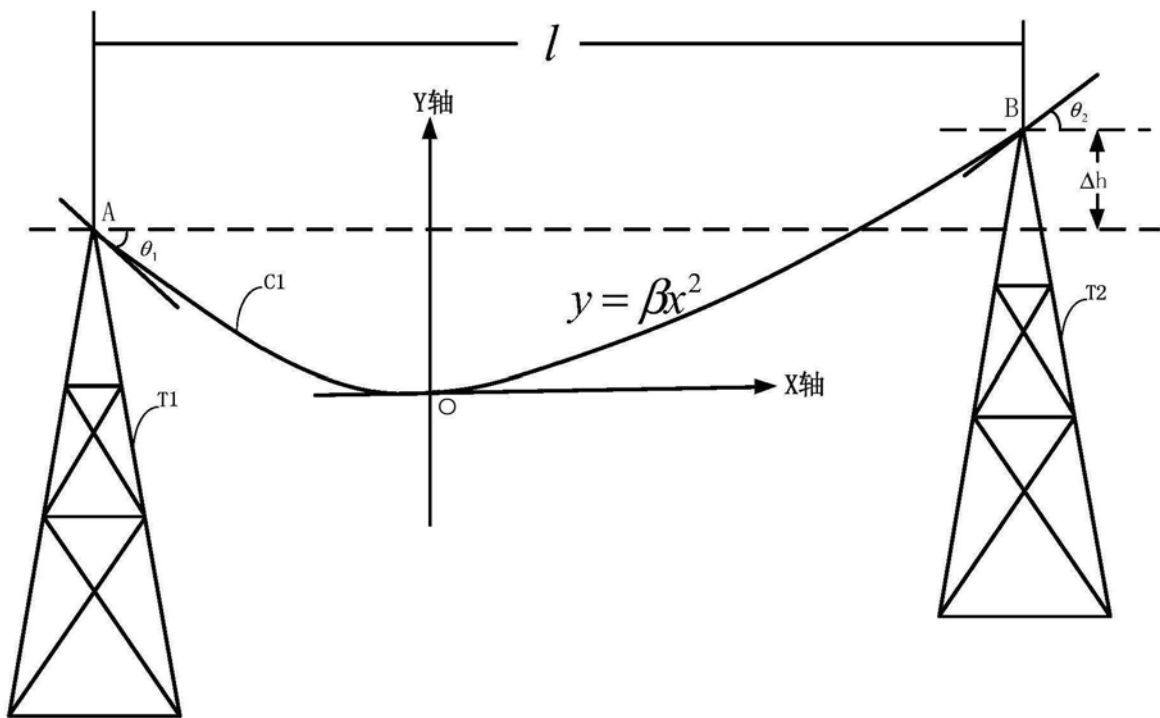


图4

次数	A点倾角(度)	B点倾角(度)	高度差(米)	档中间弧垂(米)	最低点弧垂(米)
1	6.256	10.347	3.282307942	3.286643207	3.081769558
2	6.362	10.187	3.068293583	3.275266408	3.095616413
3	6.172	10.219	3.245231541	3.244002756	3.041098957
4	6.207	10.187	3.191482994	3.244469055	3.048258914
5	6.256	10.351	3.285553648	3.287454634	3.082226274
7	6.193	10.272	3.271525256	3.258918025	3.053656697
8	6.302	10.314	3.218975378	3.289089388	3.092192139
9	6.253	10.272	3.223850271	3.270836772	3.0722406
11	6.158	10.251	3.282300158	3.247709051	3.04038032
12	6.175	10.297	3.306102988	3.260412269	3.050885143
13	6.337	10.18	3.082493773	3.268879337	3.087208363
14	6.249	10.287	3.239194969	3.27308361	3.072730035
15	6.351	10.24	3.120007222	3.283822367	3.098549612
16	6.33	10.319	3.200775413	3.295667526	3.101379056
17	6.313	10.397	3.277583332	3.308112999	3.105154535
19	6.27	10.269	3.207907308	3.273605979	3.077135532
20	6.211	10.258	3.245869986	3.259654885	3.057645923
21	6.253	10.29	3.238449641	3.274486614	3.074311035
22	6.263	10.2304	3.182168966	3.264389891	3.070513706
23	6.232	10.244	3.217830925	3.260988193	3.062535392
24	6.358	10.269	3.137959596	3.291092907	3.104095937
25	6.291	10.173	3.113383546	3.258319994	3.07238911

图5

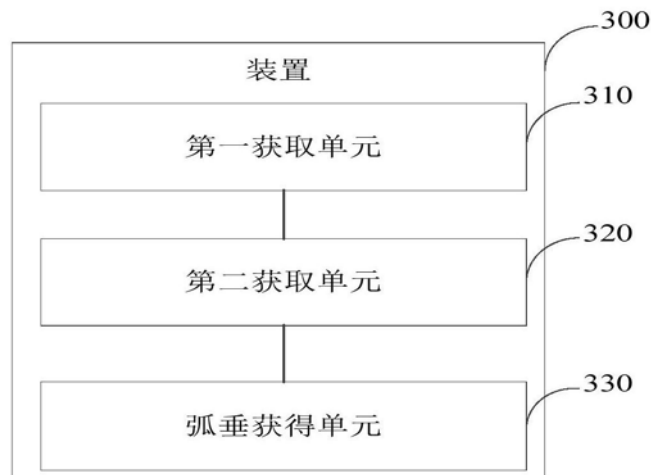


图6