



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110658844 B

(45) 授权公告日 2022.06.14

(21) 申请号 201910784683.7

(22) 申请日 2019.08.23

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110658844 A

(43) 申请公布日 2020.01.07

(73) 专利权人 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局  
地址 650000 云南省昆明市经济技术开发区玉缘路21号

(72) 发明人 陶雄俊 汪洋 邓先友 刘鸿亮 张晓辉 赵玉龙 王彦国

(74) 专利代理机构 广州骏思知识产权代理有限公司 44425  
专利代理师 潘桂生

(51) Int. Cl.  
G05D 1/10 (2006.01)  
G01C 11/00 (2006.01)  
G01C 11/04 (2006.01)  
H02G 1/02 (2006.01)

(56) 对比文件  
CN 106371456 A, 2017.02.01  
CN 109800738 A, 2019.05.24

CN 109520479 A, 2019.03.26

CN 106504362 A, 2017.03.15

CN 102662179 A, 2012.09.12

CN 108377034 A, 2018.08.07

CN 109085604 A, 2018.12.25

CN 105511486 A, 2016.04.20

US 2019197311 A1, 2019.06.27

US 2019094149 A1, 2019.03.28

谢涛等. 基于倾斜摄影测量技术的输电线路走廊三维重建.《通讯世界》.2016, (第01期), 第261-267页.

柏文锋. 倾斜摄影测量辅助城市地铁前期规划研究.《铁道勘察》.2019, (第03期), 第34-37页.

徐卓知等. 无人机倾斜摄影测量技术在线路工程中的应用.《电力勘测设计》.2017, 第261-267页.

吴永亮等. 无人机低空遥感技术应用.《国土资源遥感》.2017, (第04期), 第123-128页.

韩志晟. 浅谈无人机低空摄影测量在南水北调工程中的应用.《数字通信世界》.2011, (第02期), 第72-74页. (续)

审查员 柯志江

权利要求书2页 说明书7页 附图2页

## (54) 发明名称

一种特高压直流线路通道无人机监控方法及其系统

## (57) 摘要

本发明公开了一种特高压直流线路通道无人机监控方法及其系统,通过摄影测量技术,结合重叠度计算原理,根据图像像素需求和导线重叠度标准,规划无人机飞行高度,并利用程序算法实现航线自动调整,实现输电线路导线点云模型的重建,且准确率高,实时性好。



CN 110658844 B

[接上页]

(56) 对比文件

张勇. 架空输电线路障碍物巡检的无人机低空摄影测量方法研究.《中国优秀博士学位论文

全文数据库 工程科技II辑》.2019, (第2期), 第1-49页.

1. 一种特高压直流线路通道无人机监控方法,包括以下步骤:

获取特高压直流线路通道的导线直径和无人机拍摄的照片中导线在宽度方向上的像素量;

选取特高压直流线路通道中的复数个导线挂点,获取每个所述导线挂点的相对地表高度;

获取无人机的传感器参数,所述传感器参数包括传感器宽度、镜头等效物焦距、传感器尺寸和照片宽高比例;

根据所述传感器宽度和镜头等效物焦距计算实际焦距;

根据所述实际焦距、传感器宽度、导线直径、导线挂点的相对地表高度和导线在宽度方向上的像素量计算无人机飞行高度;

根据所述无人机飞行高度将相对导线重叠度转化为相对地表重叠度;

以所述无人机飞行高度和相对地表重叠度修正特高压直流线路通道的巡检航线,并构建导线点云模型;

根据所述导线点云模型规划无人机监控航线,为特高压直流线路通道提供可视化安全排查服务。

2. 根据权利要求1所述的一种特高压直流线路通道无人机监控方法,其特征在于,所述传感器尺寸为13.2mm\*8.8mm,所述照片宽高比例为3:2。

3. 根据权利要求1所述的一种特高压直流线路通道无人机监控方法,其特征在于,根据所述传感器宽度和镜头等效物焦距计算实际焦距的步骤包括:

获取镜头为35mm时的等效物焦距 $F_{35}$ ,计算实际焦距 $F_R$ 的方法为:

$$F_R = (F_{35} * S_w) / 36$$

其中, $F_{35}$ 为35mm时的镜头等效物焦距, $S_w$ 为传感器宽度。

4. 根据权利要求1所述的一种特高压直流线路通道无人机监控方法,其特征在于,根据所述实际焦距、传感器宽度、导线直径、导线挂点的相对地表高度和导线在宽度方向上的像素量计算无人机飞行高度的步骤包括:

以导线挂点作为基准,令每根导线直径在所采集的相片中其宽度方向上不少于一个像素量,求出所述无人机的飞行高度 $H_f$ 为:

$$H_f = S_w * d * \frac{N_{WP}}{F_R} + H_d;$$

其中, $S_w$ 为传感器宽度, $d$ 为导线直径, $N_{WP}$ 为导线在宽度方向上的像素量, $F_R$ 为实际焦距, $H_d$ 为导线挂点的相对地表高度。

5. 根据权利要求1所述的一种特高压直流线路通道无人机监控方法,其特征在于,根据所述无人机飞行高度将相对导线重叠度转化为相对地表重叠度的步骤包括:

设置摄影测量标准对地重叠度 $P$ 为70%,根据无人机重叠度转换公式求得相对地表重叠度 $P_f$ :

$$P_f = 1 - (1 - P) \left(1 - \frac{H_d}{H_f}\right);$$

其中, $P$ 为70%, $H_d$ 为导线挂点的相对地表高度, $H_f$ 为无人机的飞行高度。

6. 根据权利要求1所述的一种特高压直流线路通道无人机监控方法,其特征在于,根据所述无人机飞行高度和相对地表重叠度修正线路通道巡检航线的步骤包括:

调节无人机飞行高度,使相对导线重叠度达到70%以上,计算出此时对应的相对地表重叠度,将所述相对地表重叠度录入无人机飞行控制程序,完成通道巡检航线规划。

7. 根据权利要求1所述的一种特高压直流线路通道无人机监控方法,其特征在于,所述导线点云模型的构建是通过无人机拍摄一组具有相对地表重叠度的图片,将图片导入摄影测量处理软件中,由摄影测量处理软件自动完成导线点云模型的重建。

8. 根据权利要求7所述的一种特高压直流线路通道无人机监控方法,其特征在于,所述摄影测量处理软件在重建导线点云模型时,以导线挂点的相对地表高度和导线弧垂参数为参考,构建导线点云模型;并通过调整导线位置与地表相切,计算导线的对地距离。

9. 根据权利要求8所述的一种特高压直流线路通道无人机监控方法,其特征在于,所述摄影测量处理软件在计算导线的对地距离时,多次选取导线点云和地表点云中的点测量,获取最小距离数值为测量值,并以空三射线编辑器刺点校正测量位置。

10. 一种特高压直流线路通道无人机监控系统,其特征在于,包括:

用于获取特高压直流线路通道的导线直径和无人机拍摄的照片中导线在宽度方向上的像素量的装置;

用于选取特高压直流线路通道中的复数个导线挂点,获取每个所述导线挂点的相对地表高度的装置;

用于获取无人机的传感器参数,所述传感器参数包括传感器宽度、镜头等效物焦距、传感器尺寸和照片宽高比例的装置;

用于根据所述传感器宽度和镜头等效物焦距计算实际焦距的装置;

用于根据所述实际焦距、传感器宽度、导线直径、导线挂点的相对地表高度和导线在宽度方向上的像素量计算无人机飞行高度的装置;

用于根据所述无人机飞行高度将相对导线重叠度转化为相对地表重叠度的装置;

用于以所述无人机飞行高度和相对地表重叠度修正特高压直流线路通道的巡检航线,并构建导线点云模型的装置;

用于根据所述导线点云模型规划无人机监控航线,为特高压直流线路通道提供可视化安全排查服务的装置。

## 一种特高压直流线路通道无人机监控方法及其系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及输电线路管控技术领域,尤其是指一种特高压直流线路通道无人机监控方法及其系统。

### 背景技术

[0002] 特高压直流输电线路是电网的重要组成部分,具有输送容量大、输电距离远,安全可靠高等特点。线路通道内的超高树木、交叉跨越、违章作业施工等目标对特高压直流线路运行存在着较大的安全隐患。线路通道管控一直是特高压直流线路运维管理的一项重要工作内容,但由于监控困难或查找不及时,时常发生树障放电或外力破坏导致的线路跳闸停电事件,严重时甚至会引发森林火灾。

[0003] 目前激光雷达测量技术已经成熟应用到输电线路勘测设计中,但其在线路巡检中的应用尚属探索阶段,且因设备成本昂贵、人员技术要求高,不利于基层单位大范围推广使用。而在基于遥感的电力线路巡检影像处理技术与建模方面,利用遥感技术进行电力线路运维管理经实践证明是可行的,不仅成本低,效率高,而且极大地节省了人力、物力。由于低空摄影测量具有成本低、速度快、操作简单等特点,因而在重点区段或小范围区域测量上更有优势。为便于开展特高压直流输电线路通道管控,提出了利用摄影测量构建通道模型的方法。但是因为导线直径小,采用常规的影像采集和影像处理,难以完整复原导线模型,致使导线与其它地物关系无法直接测量。

[0004] 在现有条件下,航线规划算法是无人机技术中的重要组成部分,对于提高无人机的生存能力和任务的成功率意义重大。由于常规摄影测量航线规划工具均以地表作为近似平面,无人机在飞行过程中保持水平飞行开展数据采集,此种作业方式在地形高差大的山区常常会因为重叠度不足,导致数据处理无法完成或导线点云残缺不全,因此需结合输电线路设备及通道地形特点,重新优化无人机飞行航线。

### 发明内容

[0005] 针对上述背景技术中的问题,提供了一种特高压直流线路通道无人机监控方法及其系统,可以利用无人机参数和摄影测量技术,精准计算导线和地表重叠度,并适应性调节无人机飞行高度,在优化无人机飞行航线的同时,也可以采集输电线路通道相关数据并构建导线点云模型。

[0006] 本发明所述的一种特高压直流线路通道无人机监控方法,包括以下步骤:

[0007] S1获取特高压直流线路通道的导线直径和无人机拍摄的照片中导线在宽度方向上的像素量;

[0008] S2选取特高压直流线路通道中的复数个导线挂点,获取每个所述导线挂点的相对地表高度;

[0009] S3获取无人机的传感器参数,所述传感器参数包括传感器宽度、镜头等效物焦距、传感器尺寸和照片宽高比例;

[0010] S4根据所述传感器宽度和镜头等效物焦距计算实际焦距；

[0011] S5根据所述实际焦距、传感器宽度、导线直径、导线挂点的相对地表高度和导线在宽度方向上的像素量计算无人机飞行高度；

[0012] S6根据所述无人机飞行高度将相对导线重叠度转化为相对地表重叠度；

[0013] S7以所述无人机飞行高度和相对地表重叠度修正特高压直流线路通道的巡检航线，并构建导线点云模型；

[0014] S8根据所述导线点云模型规划无人机监控航线，为特高压直流线路通道提供可视化安全排查服务。

[0015] 本发明通过摄影测量技术，结合重叠度计算原理，根据图像像素需求和导线重叠度标准，规划无人机飞行高度，并利用程序算法实现航线自动调整，实现输电线路导线点云模型的重建并提供输电线路的监控服务。

[0016] 具体地，所述传感器尺寸为13.2mm\*8.8mm，所述照片宽高比例为3:2。

[0017] 进一步地，根据所述传感器宽度和镜头等效物焦距计算实际焦距的步骤包括：

[0018] 获取镜头为35mm时的等效物焦距 $F_{35}$ ，计算实际焦距 $F_R$ 的方法为：

$$[0019] \quad F_R = (F_{35} * S_w) / 36$$

[0020] 其中， $F_{35}$ 为35mm时的镜头等效物焦距， $S_w$ 为传感器宽度。

[0021] 进一步地，根据所述实际焦距、传感器宽度、导线直径、导线挂点的相对地表高度和导线在宽度方向上的像素量计算无人机飞行高度的步骤包括：

[0022] 以导线挂点作为基准，令每根导线直径在所采集的相片中其宽度方向上不少于一个像素量，求出所述无人机的飞行高度 $H_f$ 为：

$$[0023] \quad H_f = S_w * d * \frac{N_{WP}}{F_R} + H_d;$$

[0024] 其中， $S_w$ 为传感器宽度， $d$ 为导线直径， $N_{WP}$ 为导线在宽度方向上的像素量， $F_R$ 为实际焦距， $H_d$ 为导线挂点的相对地表高度。

[0025] 进一步地，根据所述无人机飞行高度将相对导线重叠度转化为相对地表重叠度的步骤包括：

[0026] 设置摄影测量标准对地重叠度 $P$ 为70%，根据无人机重叠度转换公式求得相对地表重叠度 $P_f$ ：

$$[0027] \quad P_f = 1 - (1 - P) \left(1 - \frac{H_d}{H_f}\right);$$

其中， $P$ 为70%， $H_d$ 为导线挂点的相对地表高度， $H_f$ 为无人机的飞行高度。

度， $H_f$ 为无人机的飞行高度。

[0028] 进一步地，根据所述无人机飞行高度和相对地表重叠度修正线路通道巡检航线的步骤包括：

[0029] 调节无人机飞行高度，使相对导线重叠度达到70%以上，计算出此时对应的相对地表重叠度，将所述相对地表重叠度录入无人机飞行控制程序，完成通道巡检航线规划。

[0030] 进一步地，所述导线点云模型的构建是通过无人机拍摄一组具有相对地表重叠度的图片，将图片导入摄影测量处理软件中，由摄影测量处理软件自动完成导线点云模型的重建。

[0031] 进一步地，所述摄影测量处理软件在重建导线点云模型时，以导线挂点的相对地

表高度和导线弧垂参数为参考,构建导线点云模型;并通过调整导线位置与地表相切,计算导线的对地距离。

[0032] 进一步地,所述摄影测量处理软件在计算导线的对地距离时,多次选取导线点云和地表点云中的点测量,获取最小距离数值为测量值,并以空三射线编辑器刺点校正测量位置。

[0033] 进一步地,本发明还包括一种特高压直流线路通道无人机监控系统,其特征在于,包括:

[0034] 用于获取特高压直流线路通道的导线直径和无人机拍摄的照片中导线在宽度方向上的像素量的装置;

[0035] 用于选取特高压直流线路通道中的复数个导线挂点,获取每个所述导线挂点的相对地表高度的装置;

[0036] 用于获取无人机的传感器参数,所述传感器参数包括传感器宽度、镜头等效物焦距、传感器尺寸和照片宽高比例的装置;

[0037] 用于根据所述传感器宽度和镜头等效物焦距计算实际焦距的装置;

[0038] 用于根据所述实际焦距、传感器宽度、导线直径、导线挂点的相对地表高度和导线在宽度方向上的像素量计算无人机飞行高度的装置;

[0039] 用于根据所述无人机飞行高度将相对导线重叠度转化为相对地表重叠度的装置;

[0040] 用于以所述无人机飞行高度和相对地表重叠度修正特高压直流线路通道的巡检航线,并构建导线点云模型的装置;

[0041] 用于根据所述导线点云模型规划无人机监控航线,为特高压直流线路通道提供可视化安全排查服务的装置。

[0042] 为了能更清晰的理解本发明,以下将结合附图说明阐述本发明的具体实施方式。

#### 附图说明

[0043] 图1为本发明实施例的一种特高压直流线路通道无人机监控方法流程图。

[0044] 图2为本发明实施例的无人机传感器参数示意图。

[0045] 图3为本发明实施例的无人机飞行高度计算原理图。

[0046] 图4为本发明实施例的重叠度计算原理图。

#### 具体实施方式

[0047] 请参阅图1,其为本发明实施例的一种特高压直流线路通道无人机监控方法流程图。

[0048] 本发明所述的一种特高压直流线路通道无人机监控方法,包括以下步骤:

[0049] S1获取特高压直流线路通道的导线直径和无人机拍摄的照片中导线在宽度方向上的像素量;

[0050] S2选取特高压直流线路通道中的复数个导线挂点,获取每个所述导线挂点的相对地表高度;

[0051] S3获取无人机的传感器参数,所述传感器参数包括传感器宽度、镜头等效物焦距、传感器尺寸和照片宽高比例;

- [0052] S4根据所述传感器宽度和镜头等效物焦距计算实际焦距；
- [0053] S5根据所述实际焦距、传感器宽度、导线直径、导线挂点的相对地表高度和导线在宽度方向上的像素量计算无人机飞行高度；
- [0054] S6根据所述无人机飞行高度将相对导线重叠度转化为相对地表重叠度；
- [0055] S7以所述无人机飞行高度和相对地表重叠度修正特高压直流线路通道的巡检航线，并构建导线点云模型；
- [0056] S8根据所述导线点云模型规划无人机监控航线，为特高压直流线路通道提供可视化安全排查服务。
- [0057] 所述特高压直流线路通道是指 $\pm 800$ 千伏及以上的直流电电压等级输送电能线路通道。特高压输电是在超高压输电的基础上发展的，其目的是继续提高输电能力，实现大功率的中、远距离输电，以及实现远距离的电力系统互联，建成联合电力系统。
- [0058] 所述像素是指基本原色素及其灰度的基本编码。像素是构成数码影像的基本单元，通常以像素每英寸PPI (pixels per inch) 为单位来表示影像分辨率的大小，摄影图片中，若把影像放大数倍，会发现这些连续色调其实是由许多色彩相近的小方点所组成，这些小方点就是构成影像的最小单元--像素。这种最小的图形单元在屏幕上显示通常是单个的染色点。本实施例中获取导线在宽度方向上的像素量，是以像素为最小单位标准化导线宽度，避免因图像放大缩小产生视觉误差。
- [0059] 所述宽度方向上的像素量是指像素宽度，像素也叫分辨率，是指可以显示出的水平和垂直像素的数组，其值通常与若干显示方式相对应。像素是数码图片在表现图像方面的最基本单位，是一个一个的有色彩的小方块。像素宽度则是指，图片或者屏幕在横向上划分的像素点的数量。分辨率为 $1240 \times 768$ 时，就是指在图片或者屏幕的横向上划分了1240个像素点，竖向上划分了768个像素点。而1240就是其像素宽度。
- [0060] 所述点云是扫描资料以点的形式记录，每一个点包含有三维坐标，有些可能含有颜色信息或反射强度信息。点云分类技术是依据点云滤波算法实现地面点与非地面点的分离，然后依次进行原始点云数据中电力杆塔、电力线以及植被等地物的高精度自动提取。所述导线点云是电力线上的点云数据。
- [0061] 所述导线挂点是在所述导线点云中选取的属性点，一旦选定，其相对地表高度就是已知量，在输电线路系统中，选定的导线挂点的三维坐标和相对杆塔距离在系统中可查。
- [0062] 所述相对地表高度是导线电云中的点相对与垂直平面上地物点云的垂直距离，即点坐标相对地面的高度。
- [0063] 所述相对导线重叠度是指无人机拍摄的照片中前后两张照片里导线的重叠面积。
- [0064] 所述相对地表重叠度是指无人机拍摄的照片中前后两张照片里地表的重叠面积。
- [0065] 所述修正特高压直流线路通道的巡检航线，是通过实时调整无人机飞行高度并计算相对地表重叠度，使无人机拍摄导线重叠度达到低空数字航空摄影规范中的导线重叠度，录入飞行控制程序自动完成巡检航线规划。
- [0066] 本发明通过摄影测量技术，结合重叠度计算原理，根据图像像素需求和导线重叠度标准，规划无人机飞行高度，并利用程序算法实现航线自动调整，实现输电线路导线点云模型的重建。
- [0067] 具体地，所述传感器尺寸为 $13.2\text{mm} \times 8.8\text{mm}$ ，所述照片宽高比例为3:2。



[0068] 请参阅图2,其为本发明实施例的无人机传感器参数示意图。

[0069] 本发明实施例选用的无人机影像传感器参数为1英寸CMOS,在照片宽高比为3:2时,其照片分辨率为5472\*3648像素,其传感器尺寸为13.2mm\*8.8mm,传感器镜头标注为35mm格式等效镜头。

[0070] 根据所述传感器宽度和镜头等效物焦距计算实际焦距的步骤包括:

[0071] 获取镜头为35mm时的等效物焦距 $F_{35}$ ,计算实际焦距 $F_R$ 的方法为:

$$[0072] \quad F_R = (F_{35} * S_w) / 36$$

[0073] 其中, $F_{35}$ 为35mm时的镜头等效物焦距, $S_w$ 为传感器宽度。

[0074] 计算实际焦距,并借助实际传感器宽度参数,可以通过成像原理计算无人机飞行高度。实际传感器宽度和实际焦距,与无人机飞行高度和照片在宽度方向上的地表重叠度成比例关系,具体成像原理请参阅图3,其为本发明实施例的无人机飞行高度计算原理图。图3中, $S_w$ 为传感器宽度, $F_R$ 为实际焦距, $H$ 为飞行高度, $D_w$ 为宽度方向上的地表重叠度。

[0075] 在本实施例中,为保障采集影像拥有足够重叠度,无人机的飞行相对高度应以导线挂点作为基准进行计算。

[0076] 根据所述实际焦距、传感器宽度、导线直径、导线挂点的相对地表高度和导线在宽度方向上的像素量计算无人机飞行高度的步骤包括:

[0077] 以导线挂点作为基准,令每根导线直径在所采集的相片中其宽度方向上不少于一个像素量,求出所述无人机的飞行高度 $H_f$ 为:

$$[0078] \quad H_f = S_w * d * \frac{N_{WP}}{F_R} + H_d;$$

[0079] 其中, $S_w$ 为传感器宽度, $d$ 为导线直径, $N_{WP}$ 为导线在宽度方向上的像素量, $F_R$ 为实际焦距, $H_d$ 为导线挂点的相对地表高度。

[0080] 所述重叠度是连续两张照片的重叠面积,重叠度是摄影测量数据处理的重要依据,为保证无人机巡检区段导线点云模型的连续性和完整性,需将相对导线重叠度转化为相对地表重叠度。

[0081] 请参阅图4,其为本发明实施例的重叠度计算原理图。图4中, $D$ 为无人机飞行方向上一幅图像覆盖在地表的距离, $od$ 为飞行方向上两幅图像之间的重叠长度, $x$ 为飞行方向上两个拍照点之间的距离, $v$ 为飞行速度。

[0082] 在摄影测量中,重叠度达到70%以上即可,所有软件的航线规划都是相对地表而定。因此如果相对导线重叠度达到70%,需反算此时相对地表重叠度。根据所述无人机飞行高度将相对导线重叠度转化为相对地表重叠度的步骤包括:

[0083] 设置摄影测量标准相对导线重叠度 $P$ 为70%,根据无人机重叠度转换公式求得相对地表重叠度 $P_f$ :

[0084]  $P_f = 1 - (1 - P)(1 - \frac{H_d}{H_f})$ ;其中, $P$ 为70%, $H_d$ 为导线挂点的相对地表高度, $H_f$ 为无人机的飞行高度。

[0085] 计算相对地表重叠度可以辅助摄影测量技术实现导线点云模型的完整重建。

[0086] 进一步地,根据所述无人机飞行高度和相对地表重叠度修正线路通道巡检航线的步骤包括:

[0087] 调节无人机飞行高度,使相对导线重叠度达到70%以上,计算出此时对应的相对地表重叠度,将所述相对地表重叠度录入无人机飞行控制程序,完成通道巡检航线规划。

[0088] 在本实施例中,所述导线点云模型的构建是通过无人机拍摄一组具有相对地表重叠度的图片,将图片导入摄影测量处理软件中,由软件自动完成导线点云模型的重建。

[0089] 在其他可替换的实施例中,还可以在软件中人为加入标准参考点和连接点,以提升点云模型的精度。

[0090] 所述标准参考点的采集采用GPS-RTK完成,由于GPS-RTK与传统的测量技术相比,不受通视条件的限制,测量的距离远、速度快、精度高,在工程应用中可以显著地提高测量速度、测量精度和生产效率。考虑线路走廊带状特性,为使标准参考点在测区合理分布,可在输电线路测区范围内两端及中间加入标准参考点不少于3个,通常100张相片设置6个标准参考点。标准参考点可用石灰粉在地面撒出十字标记符号,并用RTK精确测量出相对坐标数据。

[0091] 所述连接点是在软件中以空三射线编辑器选择典型特征物体且位于地表表面上的点,并要求其选择在不同高程中均匀分布。

[0092] 进一步地,所述摄影测量处理软件在计算导线的对地距离时,多次选取导线点云和地表点云中的点测量,获取最小距离数值为测量值,并以空三射线编辑器刺点校正测量位置。

[0093] 进一步地,所述摄影测量处理软件在重建导线点云模型时,以导线挂点的相对地表高度和导线弧垂参数为参考,构建导线点云模型;并通过调整导线位置与地表相切,计算导线的对地距离。

[0094] 所述摄影测量处理软件在数据处理和构建导线点云模型过程中认为加入的测量点和参考点,可提升构建的导线点云模型精度。

[0095] 本发明所述的特高压直流线路通道无人机监控方法及其系统是在常规飞行控制程序上针对特高压直流线路开发出航线辅助规划工具,使采集相片经处理后能够完整复原导线点云模型。提出了针对特高压直流线路的数据处理方式,通过加入标准参考点与连接点,提高了数据处理精度。实际应用结果表明,本发明研究的导线模型构建方案可高效应用于特高压直流线路通道巡检及交叉跨越检查,其数据分析结果与人工地面巡查与测量结果一致,能可靠检查输电线路通道状况,发现多种安全隐患,为运维管理提供决策依据。生成的点云模型还可以为隐患评估提供可视化场景信息,方便人工辅助诊断和排查,提高了输电线路巡检质量和效率;投入成本低、操作简单,易于在特高压电直流线路运维管理中推广和使用。

[0096] 相对于现有技术,本发明研究特高压直流线路通道无人机监控方法及其系统,较好的解决了当前输电线路在地形高差大的山区因重叠度不足而导致导线点云残缺不全的难题,通过摄影测量技术,结合重叠度计算原理,根据图像像素需求和导线重叠度标准,规划无人机飞行高度,并利用程序算法实现航线自动调整,实现输电线路导线点云模型的重建。同时,借助于该方法,可构建完善的输电线路导线点云模型,为隐患评估提供可视化场景信息,方便人工辅助诊断和排查,提高了输电线路巡检质量和效率,具有广阔的应用前景。

[0097] 本发明并不局限于上述实施方式,如果对本发明的各种改动或变形不脱离本发明

的精神和范围,倘若这些改动和变形属于本发明的权利要求和等同技术范围之内,则本发明也一同包含这些改动和变形。



图1

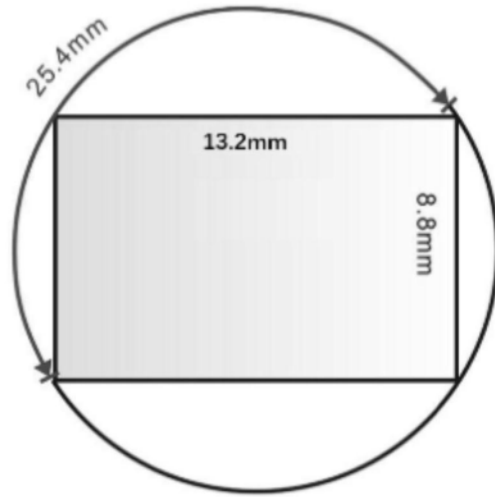


图2

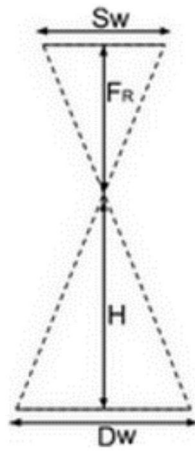


图3

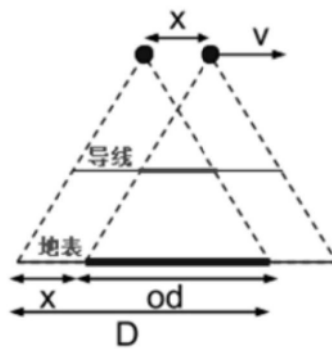


图4