

基于无人机倾斜摄像的配电线路树障检测方法

黄绪勇, 林中爱, 唐 标, 缪 蕊, 滕启韬

(云南电网有限责任公司电力科学研究院, 云南 昆明 650012)

摘 要 在对配电线路树障进行检测时, 由于线路与树木之间的位置关系较为复杂, 导致树障距离的检测存在较大误差, 针对此, 本研究提出基于无人机倾斜摄像的配电线路树障检测方法。将无人机作为线路环境图像采集装置, 将线路作为核心点, 分别采用俯拍和仰拍的方式进行摄像, 考虑到无人机与线路之间的距离无法以统一的标准执行, 因此以无人机与线路之间的距离为基础, 设置了适应性的俯拍和仰拍角度, 以此实现对线路环境图像的完整采集。对于配电线路树障检测, 结合采集到的图像信息, 利用仰拍图像计算树木与线路之间的水平距离、垂直距离和净空距离, 利用俯拍图像对计算结果进行校正。在测试结果中, 设计检测方法对于树木与线路之间的水平距离的检测结果误差不超过 0.07m, 垂直距离的检测结果误差不超过 0.02m, 净空距离的检测结果误差不超过 0.06m。
关键词 无人机倾斜摄像; 配电线路; 树障检测; 线路环境图像; 水平距离

中图分类号: TM7

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)02-0008-03

面对着对电力资源需求不断提高的发展背景, 以电力资源运输为目标的输电线路建设开始受到了越来越多的关注^[1]。在具体的运行过程中, 除了由于线路自身老化问题带来的配电质量下降外, 外部因素的影响也是导致配电效果难以得到理想状态, 或出现异常的主要原因之一^[2]。其中, 由于输电线路周围树木导致的配电异常问题也是较为常见的一种类型。可能存在布设配电线路的阶段周围树木并未对线路造成影响, 但是由于后期的不合理栽种或原有树木的发展, 导致其对应的生长范围覆盖了线路所在空间^[3]。针对该问题, 开展有效的检测工作是十分必要的。其中, 文献 4 将机载激光点云技术应用到输电线路树障的检测研究中, 设计方法具有较高的检测效率, 在一定程度上实现了对输电线路树障检测需求的有效适应, 但是该方法的检测结果误差相对偏高。文献 5 将卫星遥感影像技术应用到输电线路树障的检测研究中, 实现了对线树距离的准确测量, 并能够对存在的树障隐患作出有效预警, 但是该方法在检测阶段的计算量相对较大, 导致对应的时间开销也相对较长, 对于覆盖面积广、配送距离长的线路而言, 其在应用方面存在一定的局限性。^[4-5]

在上述基础上, 本文提出基于无人机倾斜摄像的配电线路树障检测方法研究, 并通过对比测试的方式分析验证了设计检测方法的实际应用效果。借助本文的设计与研究, 希望能够为配电线路树障检测工作的

开展提供有价值的帮助, 同时也最大限度地降低由于树障带来的配电安全问题。

1 配电线路树障检测方法设计

1.1 基于无人机的线路环境图像采集

要实现配电线路树障的准确检测, 有效获取线路环境图像信息是极为重要的环节之一^[6]。由于线路和树木位置关系不唯一, 采用单一角度采集线路环境图像时, 可能会导致信息采集结果不完整, 或部分信息由于采集装置的视觉差出现异常^[7]。针对该问题, 本文利用无人机对线路环境图像信息进行采集时, 充分考虑了摄影角度对于最终图像信息质量的影响^[8], 结合实际情况, 对摄像角度进行适应性调整, 倾斜的方式获取线路环境图像。

本文在利用无人机采集线路环境图像信息的过程中, 以线路作为核心点, 分别采用俯拍和仰拍的方式进行摄影。需要注意的是, 具体的俯拍和仰拍角度主要取决于无人机与线路之间的距离。当树木分支的发散程度较高时, 无人机难以近距离采集线路环境图像, 此时需要适当加大俯拍和仰拍角度; 当树木分支的发散程度较低时, 无人机能够近距离采集线路环境图像, 此时可以适当减小俯拍和仰拍角度。针对该问题, 本文为无人机设置了具体的采集控制标准, 如表 1 所示。

从表 1 中可以看出, 在利用无人机从不同位置采

★基金项目: 云南电网有限责任公司电力科学研究院项目“云南电科院输电线路激光扫描数据分析与维护”, 项目编号: 2021-048。

表 1 无人机摄像角度设置标准

无人机与线路距离 /m	摄影角度	
	俯角 /°	仰角 /°
<1.0	20-25	20-25
1.0-1.5	25-30	25-30
1.5-2.0	30-35	30-35
2.0-2.5	35-40	35-40
2.5-3.0	40-45	40-45
>3.0	50	50

集线路环境图像信息时,本文设置对应的仰拍角度和俯拍角度是一致的。这样做的目的是降低后续对图像分析计算的难度,可以利用统一的参数实现对图像中具体数据信息的准确提取。

按照这样的方式,实现对待检测线路周围环境图像信息的完整获取,为后续的树障参数分析提供可靠基础。

1.2 配电线路树障检测

结合上述的线路环境图像采集结果,对于配电线路树障的检测主要是通过对图像进行进一步分析得到的。首先,本文假设在仰拍下图像中,显示树木与线路之间的直线距离为 l_y ,那么以此为基础,计算得到树木与线路之间的关系为:

$$\begin{cases} d_s = l_y \cos \alpha \\ d_c = l_y \sin \alpha \\ d_q = \sqrt{d_s^2 + d_c^2} \end{cases} \quad (1)$$

其中, d_s 表示树木与线路之间的水平距离, d_c 表示树木与线路之间的垂直距离, d_q 表示树木与线路之间的净空距离, α 表示摄影仰角。为了避免由于树叶遮挡等问题导致的检测结果异常,再按照同样的方式,对俯拍图像中蕴含的数据信息进行计算。通过比较不同图像资料中对应的树木与线路之间关系,对具体的树障结果进行校正。在具体的校正过程中,当不同拍摄角度下,反映出的树木与线路之间距离差异小于计算结果整体的 3.0% 时,则认为此时的计算结果准确,造成误差的原因为不可控因素;当树木与线路之间距离差异大于计算结果整体的 3.0% 时,则认为此时的计算结果需要进行校正。本文以仰角图像和俯角图像的对位信息为基础,调整距离参数为一致状态,此时再重复上述的计算与对比校准分析,直至达到要求。

通过这样的方式,实现对配电线路树障的准确检

测。但是需要注意的是,由于在图像采集过程中需要以线路的具体位置作为无人机摄像角度的控制基准,因此,当树木完全覆盖配电线路时,无人机是难以实现对目标图像有效采集的。针对这一情况,则默认此时的树木与线路之间的距离为非安全距离,需要直接采取对应的管控措施。

2 测试与分析

2.1 测试环境

在测试阶段,本文以实际的配电线路环境为基础开展对比测试,其中,对照组采用的检测方法分别为文献 4 提出的以机载激光点云技术为基础的配电线路树障检测方法,文献 5 提出的以卫星遥感影像技术为基础的配电线路树障检测方法。测试线路对应的总长度为 1126.30m,塔杆间距最大值为 200.0m,最小值为 120.0m。在测试环境范围内,存在某部分区域树木生长范围与线路所在空间范围重叠的情况,将该部分作为具体的测试位置。

在具体的检测过程中,本文从安全管理和隐患防治的角度出发,开展树障检测工作。对于实际树障信息的核实,本文根据三种方法的检测结果,采用人工测量的方式作出判定。检测方法输出的结果与人工实际测量结果之间的偏差越小,表明对应方法的可靠性越高,越具有实际应用价值。

2.2 测试结果与分析

在上述基础上,在测试阶段分别采用三种方法对 3 种不同类型的树障情况进行检测,并统计了对于树障水平距离、垂直距离以及净空距离的检测结果。具体不同方法对于线路树障的检测结果如表 2 所示。

结合表 1 所示的测试结果可以看出,在三种方法的测试结果中,对于不同类型树障的检测结果与实际值之间均存在一定的偏差。在文献 4 方法的测试结果中,对于线路与树之间水平距离的检测结果偏差较大,最

表2 不同方法检测结果统计表 /m

树障位置		测试点 1	测试点 2	测试点 3
水平距离	实际结果	0.42	0.56	1.08
	文献 4 检测结果	0.75	0.77	1.17
	文献 5 检测结果	0.61	0.79	1.19
	本文检测结果	0.47	0.61	1.01
垂直距离	实际结果	0.69	0.72	0.46
	文献 4 检测结果	0.62	0.64	0.51
	文献 5 检测结果	0.77	0.79	0.72
	本文检测结果	0.71	0.71	0.47
净空距离	实际结果	0.63	0.92	1.43
	文献 4 检测结果	0.79	1.17	1.72
	文献 5 检测结果	0.82	1.06	1.65
	本文检测结果	0.64	0.91	1.49

大误差达到了 0.33m (测试点 1), 对于线路与树之间垂直距离的检测结果显示偏差相对较小, 最大值仅为 0.08m (测试点 2), 对于线路与树之间净空距离的检测结果显示误差在 0.16m~0.29m 之间。在文献 5 方法的测试结果中, 对于线路与树之间水平距离、垂直距离以及净空距离的检测结果显示并未出现较为明显的波动, 基本稳定在 0.2m~0.3m 之间, 虽然不存在大幅偏差, 但是整体准确性存在进一步提升的空间。在本文设计方法的测试结果中, 对于线路与树之间水平距离、垂直距离以及净空距离的检测结果显示不仅表现出了较高的稳定性, 具体的误差水平也始终处于较低的状态, 最大值仅为 0.07m (测试点 3 的水平距离参数), 最小值仅为 0.01m (测试点 1 的净空距离参数、测试点 2 的垂直距离参数和净空距离参数以及测试点 3 的垂直距离参数)。综合上述测试结果可以得出结论, 本文设计的基于无人机倾斜摄像的配电线路树障检测方法可以在不同线路和树木位置关系下, 实现对树障隐患的准确检测, 具有良好的实际应用价值。

3 结语

为了最大限度保障配电线路运行的稳定性, 对线路周围环境中的安全隐患因素做出准确分析是十分必要的。

本文以配电线路树障为研究目标, 设计了一种基于无人机倾斜摄像的配电线路树障检测方法, 结合树障的存在特点, 通过调整无人机的摄像角度, 实现对线路与树木之间位置关系图像的准确获取, 并通过图

像进行进一步分析, 实现对树障的准确检测。通过本文的设计, 以期对配电线路的安全稳定运行提供帮助。

参考文献:

- [1] 林琼, 鲍新雪, 李彤, 等. 基于机载 LiDAR 的架空输电线路通道速生植被提取 [J]. 电工技术, 2022(15):135-137.
- [2] 吴亮, 许国伟, 范晟, 等. 基于无人机多光谱测绘的输电线路树障通道修缮工程面积计算方法 [J]. 电子测试, 2022, 36(13): 61-63.
- [3] 吴争荣, 樊灵孟, 吴新桥, 等. 基于机载激光点云的输电线路树障隐患快速检测方法 [J]. 应用激光, 2022, 42(03): 128-134.
- [4] 徐真, 者梅林, 孙斌. 基于三维成像激光雷达技术的输电线路树障预测模型 [J]. 电子设计工程, 2021, 29(22): 55-58, 63.
- [5] 刘兰兰, 李勃铖, 毛盾, 等. 基于卫星遥感影像的线树距离测量与树障预警技术 [J]. 南方电网技术, 2021, 15(08): 130-138.
- [6] 成广生, 罗培焱, 刘志武, 等. 基于多光谱和 LiDAR 数据融合技术的树种分布识别及树障分级预警系统研究 [J]. 东北电力技术, 2021, 42(03): 29-32.
- [7] 吴锦秋, 刘汉君, 杨家开, 等. 可见光影像与激光雷达点云融合技术在配网树障巡检中的应用 [J]. 湖南电力, 2020, 40(06): 45-48, 52.
- [8] 陈隽, 黄伟进, 丁武. 基于点云数据的输电线路保护区范围内安全隐患检测分析方法的研究 [J]. 电工技术, 2020(04): 119-120.