

# 倾斜摄影测量技术在电力工程中的应用

耿子平 刘虎 苏中彬

枣庄力源送变电工程有限公司

**摘要:** 随着科学技术的发展,我国的倾斜摄影测量技术有了很大进展,并在各个行业中得到了广泛的应用。为缩小电力工程高程误差、缩短测量时间,以开展对倾斜摄影测量技术在电力工程中的应用研究。本文首先分析倾斜摄影测量概念,其次探讨倾斜摄影测量技术在电力工程中的应用,新的测量方法高程测量误差更小,测量效率更高。

**关键词:** 倾斜摄影测量; 电力工程; 测量方法

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.05.078

## 引言

电力工程测量测绘技术应用的过程中,要使得测量测绘技术水平有所提高,就要充分考虑到不同作业方式要选择相应的技术,并把握住其要点。尤其是航空摄影测量中应用无人机,上面安装倾斜摄影测量系统,其作为最主要的影像采集设备,具有很高的分辨率。进行影像数据采集,可以在空中操作而且角度不断变化,由此所获得的物体信息更加准确,且保证完整性,使测量以及数据处理效率大大提高。

## 一、倾斜摄影测量

传统的航空摄影测量技术是只搭载一个传感器,以垂直角度进行地面数据采集作业。倾斜摄影测量技术是测绘技术领域近年来的新技术和新方法。倾斜摄影测量技术是采用在无人机、直升机等飞行平台上搭载五个甚至多个影像采集设备,进行数据的采集操作,五镜头的倾斜摄影测量技术是从垂直拍摄方向和倾斜的四个拍摄方向,一共五个不同角度拍摄影像照片,在每张像片拍摄的瞬间记录飞机的飞行高度、方向、像片重叠率等相关姿态信息和特征,之后通过航摄数据处理软件对获得的航飞影像进行后期的数据处理。无人机技术的发展,助力了倾斜摄影测量技术的快速发展,使用无人机携带航摄像机在空中获取影像来建立三维立体模型。其中倾斜的四个倾斜角度拍摄得到的影像可以提供更丰富的影像信息,获得了大部分树下、屋檐下等遮挡物之下的影像信息,并且在两条航带和两次曝光瞬间记录的影像,验证重叠区的相互性和关联性,在内业制图时极大地方便了内业制图人员。倾斜摄影得到的数据可以获取地物的几何属性和非几何属性信息;通过无人机的搭载,可快速采集影像数据,实现全自动化三维建模;倾斜摄影数据是带有几何信息和属性信息的空间数据,能输出

为数字高程模型、数字正射影像等多种成果。随着技术的进步,近年来又出现了免相控的无人机倾斜摄影测量技术,使用无人机搭载了GNSS全球卫星导航定位系统获取位置信息,以及飞机上同步记录的飞机的姿态信息,通过惯性导航技术,实时同步无人机的相机姿态和无人机的坐标定位,使得每张照片都可以得到准确的姿态信息。无人机免相控倾斜摄影测量技术需要保证飞机上提供了厘米级的导航定位系统,搭载高精度的云平台,精确的数据采集系统和严格校准的相机内方位元素。倾斜摄影测量技术在坝面裂缝检测中具有以下3点优势:

①能够真实、准确地反映测量区域内的地物信息,如水电站大坝溢洪道的缺陷情况、坝面裂缝及渗漏等;②相比于正射影像,倾斜影像可以从多个角度获取地物信息,尤其是对于坝面裂缝这种对影像分辨率要求较高的信息,采用倾斜摄影测量能够让裂缝得到更加直观的体现;③在使用无人机倾斜摄影测量技术获取水电站坝面信息后,还可利用计算机软件重构实景三维模型,更加详细地展示裂缝的长度、宽度、位置等信息。

## 二、倾斜摄影测量技术在电力工程中的应用

### (一) 测量航带规划设计与像控点布设

航路规划和设计是航空摄影的一个重要方面。为此,在执行飞行任务时,必须确保无人机操作的规范化,并制定出相应的处理流程,实施全过程规划管理,发挥技术优势,避免存在的漏洞问题对最终测量效果造成影响。航路规划设计时,需要对航摄参数、航摄分区设计、航线铺设等基础要素进行管理,保证航迹规划设计的实施效果。根据电力系统的基本要求,改善数据分析的准确性。将倾斜摄影测量技术应用到电力工程测量任务当中,在进行测量航带规划设计和像控点布设前,为确保测量条件,在对于无人机和测量设备选择时,要求其各项性能参数符合下述要求:无人机在飞行时,必须通过电脑来控制。无人机设备在空中航行时巡航空速应当控制在90~100km/h范围内,最大飞行高度为3000~3500m,最大载重为3.2G~3.6G,持续飞行1个多小时。在高空中,其抗风力应该是12~15m/s,而在没有障碍的情况下,它的滑行距离应该是50m。测量设备的参数按照下述进行选择:畸变数值为 $1.526 \times 10^{-5}$ ;图像处理宽度为4200mm,长度为2800mm。无人机的基本飞行时间是有限制的,最多不超过一个小时,因此,在规划中需要确保设备的使用周期,保证在规定的时

内, 将所有的重要节点都进行最大限度地图像处理。通常, 在进行电力工程航拍作业之前, 必须对飞机起飞、降落、起飞架次等基本资料进行全面的规划, 并对航段设计规范进行有效的衔接和管理, 保证了电力项目的整体效益。完成对航带及航带上各个测点的布设, 在此基础上, 确定像控点的分布。在电力工程当中, 图像像控点的设置是决定最终成像效果的关键因素, 必须根据实际情况选择合适的布点, 同时对地形、水系、高程等因素进行有效的分析和评价, 以防止无人机的碰撞引起的安全隐患。此外, 为确保布设的正确性和科学性, 通常在拍摄作业开始之前, 采用涂漆的方法来设置像控点标志, 形成“L”型或“+”型, 以提高观测点的实时精度。

## (二) 数据处理

在计算机上建立多个数据表, 然后将倾斜影像数据导入计算机中。导入后自动进行数据分类, 并以此存放到相应的数据表中, 如POS数据表、传感器数据表、坐标信息表等。调用影像信息、POS数据和像控点数据, 建立起坐标系, 提交初步空三运行。在数据处理过程中, 有一定概率出现点云数据分层、照片内容丢失的情况。采取反复刺点的方式, 尽可能获取更多点云数据, 指导满足检测要求。最后, 利用外业像控点测量中采集到的像控点坐标, 与影像数据中的刺点进行密集匹配, 可以建立密集点云TIN模型, 实现纹理切片自动映射, 最终得到该坐标系统下具有真实坐标的倾斜摄影三维模型。

## (三) 影像匹配

在两张不同的像片或者多张不同像片之间建立关联叫做影像匹配。就能把所有拍摄得到的像片通过寻找大量的同名像点把全部拍摄像片连接起来, 再经过自动的空中三角测量和模型匹配就能得到一张完整且就有坐标信息的立体影像。在影像匹配过程中多数使用的方法SIFT特征匹配算法, 在运算速度方面有很大的优势。

## (四) 地形测量

测量测绘技术的应用中, 地形测量是主要完成的任务, 重在测量地形, 以对地形全面了解。应用该技术还有一个重要优点, 就是摄影对象不是固定不变的, 可以根据需要按照比例尺寸缩小或者放大, 而且保证高精度, 能够达到预期的测量效果。地形测量过程中应用航空摄影技术, 需要注意三方面内容: 其一, 将数据库建立起来。测量测绘技术的应用过程中会产生大量数据信息, 可以合理使用, 将相应的数据库建立起来, 将有价值的信息传输其中存储, 对于数据变化情况有所了解, 寻求其规律, 明确数据所属类别。其二, 测量测绘技术应用过程中所获得的图形等都要进行数据还原, 并且要符合预定比例尺寸, 这项操作完成之后还要将相关

的图片库建立起来。其三, 掌握图像数据并将其作为重要依据。完成地形整体测量工作之后, 最后将拍摄所获得的图像还原。测量测绘技术的应用过程中, 要根据实际工作需要合理分工, 确保拍摄获得的图像数据真实准确, 保证测量测绘数据符合规定标准。

## (五) 三维建模与工程规划

在完成上述操作后, 还需要结合空间三维加密、区域网整体平差、多视图像密集、三角网TIN创建、白模创建、纹理映射自动重构等技术, 完成对电力工程项目的三维模型构建, 以此更加真实地反映目标周围的实际情况。基于倾斜摄影测量技术的基础上, 充分发挥纹理信息清晰、数据量小等优点, 针对上述电力工程项目进行模型建立, 明确电力工程中厂区、铁路、居民区、管线等复杂地三维数字化体现。这一操作是传统的摄影测量方法无法为工程测量提供的服务功能, 更无法满足用户对三维数字设计的需要。除此之外, 在应用这一技术后构建的三维立体模型具有高精度、高质量、丰富纹理信息等突出特点, 在此基础上, 结合三维立体造型技术可以有效地改善3D数字正向设计制图质量, 模型当中包含平面剖面图、塔基地形图、跨屋图、路径图等。三维快速建模技术可以为电力工程的设计、建设、布局等提供重要依据。电力工程规划与设计, 必须保证与电力工程有关的数据的完整性、可靠性, 特别是在项目周围地区的供电状况和电力工程建设的基础上, 必须与电力工程的整体布局与分析相结合。通过对前期数据进行科学的整理与有效地分析, 掌握电力项目的规划与设计, 整理与研究数据的内容。在规划过程中还需要对电力数据库进行维护, 必须对有关数据进行持续的更新, 特别是涉及电力工程规划设计的重要问题, 必须通过数据库中的有关指标来进行分析和研究。不仅要准确预测电网的负荷, 还要掌握本地区电力工程的供电状况, 通过对电力工程的实际运行进行分析和整理, 确保电力工程后续运行中供电的稳定, 从而进行规划与设计。

## (六) 网络模型的训练

以常规的FCN模型作为对照, 使用2种网络模型分别对预处理后的影像数据进行训练。在训练时, 每经过一轮迭代, 都会输出一个相应的结果。输出结果与标准结果之间的差异, 被称为网络损失值。进行网络训练的作用就是通过不断的迭代, 减小网络损失值, 从而使网络模型不断收敛, 提高分析结果的精度。考虑到坝面裂缝识别是基于像素层面的检测, 可以把像素分成2种类型, 一种是以裂缝为主的正样本像素, 另一种是以背景为主的负样本像素。

## 三、电力工程测量测绘对策

### (一) 强化培训力度

电力工程测量测绘过程中存在一些问题, 一个重要的原因是工作人员普遍素质不高。承担测量测绘工作的单位要强化人力资源管理工作, 将专业技术培训工作做到位。电力工程单位要充分考虑到自身实际, 包括人员招聘、员工培训、规划、绩效考核以及薪酬管理等等都要做到位, 积极引进有效人才, 高层次的管理人才以及技术人才都是非常需要的, 可以开通绿色通道, 保证引进人才的途径合理化。在引进人才的同时还要注重培养人才, 根据测量测绘工作的具体需要让人才掌握新知识, 形成新的工作观念, 构建符合当前电力工程测量测绘工作的培训体系, 使得所有参与测量测绘工作人员专业能力不断加强。具体的工作中, 要保证测量测绘培训工作的科学合理性, 根据本单位负责的工程划定工作范围, 对周围环境变化情况进行分析, 最后将管理计划制定出来, 以提高施工团队整体质量, 保证电力工程测量测绘工作顺利展开并获得良好的效果。

### (二) 基于实景三维模型对数字地形图的质检

基于实景三维模型对数字地形图的质检由于现今大比例尺数字地形图的质检工作不能满足测绘地理信息行业需求, 因此, 研究针对测绘行业新需求, 设计新型大比例尺数字地形图的质检模式。根据国家标准要求, 大比例尺数字地形图的质检内容分为详查与概查, 详查内容包括样本单位成果的数学精度 (Mathematical Precision, MP)、数据及结构的正确性 (Correctness of Data and Structure, CODS)、地理精度 (Geographic Accuracy, GA)、整饰质量 (Finishing Quality, FQ) 与附件质量 (Accessory Quality, AQ); 概查内容包括成图范围、区域的符合性、图幅分幅与编号、测图控制覆盖面、密度的符合性和详查以外图幅的重要或特别关注的的质量要求或指标。地理精度检验首先根据数字线划图进行内业逻辑性判别, 然后按照国家规范中检查项内容和错漏分类, 逐地物和实景三维模型进行对照判别。数据与结构的正确性检验包括: 首先按照生产方提供经过审批的项目设计书的要求, 检查文件命名与大比例尺数字地形图文件格式是否合理。然后数据产品分层与层名代码执行CASS默认的分层方法与层名代码。最后检查地物属性代码与标识以及图幅边界分割地物属性接边。FQ内容包括图名图号、图廓外整饰质量等内容; AQ包括被检成果作业单位提交的成果附件和相关材料。

### (三) 强化测绘管理

电力工程测量测绘过程中应加强过程化管理, 做好跟踪检查。在这项工作中合理应用信息技术, 在线监测施工现场, 全面了解技术操作, 并将生成的数据信息实时传输到管理中心。管理人员实施远程监督管理, 并及

时指出不足之处, 迅速解决。为了确保跟踪检查工作到位, 将相应的管理制度制定出来, 做到管理有方向, 才能切实发挥其作用。在测量测绘现场跟踪检查中, 应严格按照计划展开。为了合理应用信息技术, 特别是其模拟功能, 应以三维模型呈现工程现场情况, 并可动态调整。特别是办公区、生活区以及现场机械设备和材料的放置区域, 可以利用信息技术合理布置, 还可以利用3D模拟技术演示现场情况, 及时发现存在的问题并迅速解决, 从而确保工程的连续性。工程现场有很多设备和车辆, 所有这些都同时运行, 此时, 测绘的过程中对于此都要充分考虑, 对测量测绘工作动态化监控, 结合使用GPS, 以准确定位每个环节的测量测绘情况, 对于存在的问题能够及时发现, 以有效解决, 为工程顺利开展提供依据。

### 结语

综上所述, 在引入倾斜摄影测量技术的基础上, 实现了对电力工程测量的优化。在按照上述应用逻辑将倾斜摄影测量技术应用到其他相似电力工程项目当中, 为确保航带规划设计、相控布设等能够满足标准质量要求, 还需要结合电力工程项目的实际情况, 对各项参数进行合理设置。为进一步提高倾斜摄影测量技术的应用适应性, 还将对影响测量精度的因素进行更深入分析, 从而实现对其在电力工程项目中应用的不断创新, 为电力工程发展提供条件。

### 参考文献

- [1] 闫焯琛, 高学飞, 于向吉, 等. 无人机倾斜摄影测量技术在地质灾害隐患调查中的应用研究[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(17): 193-196.
- [2] 委民正. 基于倾斜摄影测量的农村地籍调查与三维不动产登记平台升级完善[J]. 测绘与空间地理信息, 2022, 45(6): 210-212, 216.
- [3] 陈方圆, 于洪雨, 李雪杉, 等. 基于倾斜摄影测量技术的城市实景三维模型制作与质量分析[J]. 测绘与空间地理信息, 2022, 45(S1): 222-223+227+231.
- [4] 蔡小超, 唐红涛. 运用倾斜摄影测量技术精细提取新疆皮山县地质构造定量参数[J]. 地震研究, 2022, 45(3): 468-478.
- [5] 郭凯, 汪旭波, 杨荣欣. 无人机倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2022, 45(S1): 256-258, 261.
- [6] 毛亚. 建筑工程测绘技术存在的问题与优化措施探究[J]. 科学大众: 科技创新, 2020(03): 47-48.
- [7] 李斌, 马超, 常增亮, 等. 基于TrimbleGNSS系统的电力工程测绘内外业一体化作业[J]. 测绘通报, 2020(12): 39-40.