

浅析高压电力线路测量技术

郑建军

沈阳电力勘测设计院有限责任公司, 辽宁 沈阳 110000

[摘要]高压电力线路在建设以及运行方面, 必须要依靠精准且高效的测量技术来给予相应的支撑。把高压电力线路测量当作是此次的研究对象, 从测量方面的概述、所涉及的主要技术、平时常用的设备以及相关的方法、精度还有质量控制这四个不同的维度展开较为系统的分析工作。细致地阐述了像航空摄影以及路线选测、控制测量还有像控点布设、平断面以及校核测量等这些关键技术环节, 同时也对全站仪、GPS/GNSS 以及无人机航测等平时常用的测量方法及其各自的应用特点进行了深入的分析。通过针对测量流程、方法以及技术展开系统的整理与归纳, 文中希望能够为高压电力线路的建设给予科学的测量技术方面的参考依据以及实践操作层面的指导建议。

[关键词]高压; 测量; 技术

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17947

中图分类号: TM7

文献标识码: A

Brief Analysis of High Voltage Power Line Measurement Technology

ZHENG Jianjun

Shenyang Electric Power Survey & Design Institute Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China

Abstract: High voltage power lines must rely on accurate and efficient measurement technology to provide corresponding support in construction and operation. High voltage power line measurement is taken as the research object of this study, and a systematic analysis is carried out from four different dimensions: overview of measurement, main technologies involved, commonly used equipment and related methods, accuracy, and quality control. Detailed explanations were given on key technical aspects such as aerial photography, route selection and measurement, control measurement, image control point layout, plane and cross-section, and verification measurement. At the same time, in-depth analysis was conducted on commonly used measurement methods such as total station, GPS/GNSS, and unmanned aerial vehicle surveying, as well as their respective application characteristics. By systematically organizing and summarizing the measurement process, methods, and technology, this article hopes to provide scientific reference and practical guidance for the construction of high voltage power lines in terms of measurement technology.

Keywords: high voltage; measurement; technology

引言

高压电力线路属于能源输送的关键通道, 其建设质量和电力系统的安全、稳定以及效率息息相关。在整个线路规划、施工以及运维过程里, 测量工作一直处在核心位置, 它给线路走廊的选测、导线张力与弧垂计算提供了基础数据, 同时也给电塔选址、施工放样以及后续维护给予了技术方面的保障。高压线路常常跨越山地、丘陵、河流还有林区, 地形较为复杂, 环境条件也十分苛刻, 这便对测量技术的精度、效率以及可操作性提出了较高的要求。本文围绕高压电力线路测量的技术体系, 联合航空摄影、控制测量、定线与地形测量、平断面与校核测量、电塔定位与塔基地形测量, 以及常用设备和质量控制等诸多环节, 全面且细致地分析测量方法和技术特点, 希望能够为相关工程建设给予一定的参考与借鉴。

1 高压电力线路测量概述

高压电力线路的测量工作属于高压输电线路规划、设计、施工以及运维环节当中的一项基础性技术工作。其最为关键的核心目标在于要获取到线路沿线极为精确的空

间信息, 从而能够为线路的具体布置、塔位的选定、导线的架设以及施工时的放样等工作给予可靠的依据。测量工作涵盖有路线的选测、控制方面的测量、定线以及地形测量、平断面测量还有电塔的定位等诸多环节。其技术所呈现出来的特点主要体现在精度的要求颇为严格、跨越的地形情况较为复杂、作业所处的环境时常会发生变化以及涉及的信息量相当大等方面。高压线路测量一方面得要保证水平方向以及垂直方向的精度都能够符合相关规范所提出的要求, 另一方面还必须要满足施工放样以及导线张力计算在实际操作当中的具体需求。所以, 在整个测量工作的开展过程当中, 往往会将多种不同的测量方法以及技术手段相互结合起来运用, 像传统的全站仪测量、GPS/GNSS 定位、航空摄影测量以及无人机航测还有三维激光扫描技术等等都在其中。通过针对各个测量环节展开系统的控制以及细致的数据处理工作, 就能够有效地确保高压线路建设具备科学性并且保障其安全性, 与此同时还能促使施工效率得以提升, 并且让后期运维工作变得更加便利。

2 高压电力线路测量的主要技术

2.1 航空摄影与路线选测

航空摄影在高压线路测量方面有着不容忽视的作用,其关键任务在于获取线路沿线的高分辨率影像信息,以此给线路选测以及规划给予基础数据方面的支持。借助航空摄影所获取的影像,能够针对地形起伏、河流、道路、林地以及其他障碍物展开全面且细致的分析,进而为线路走廊的初步确定给出直观且有力的依据。在实际的应用情况当中,航空摄影往往会联合地面控制点来开展精度校正相关工作,以此保证影像和实际地理坐标能够保持高度的一致性。在进行路线选测的时候,要在航空影像的基础之上去做可行性分析,明确线路的优化走向,尽可能地降低对生态环境产生的干扰,并且还要综合考量施工的便利性以及经济方面的因素。航空摄影不但能够在线路规划这个阶段派上用场,而且在施工准备以及竣工测量期间也能够提供高分辨率的基础数据,为导线的布设以及塔位的设计提供可供参考的依据。凭借航空摄影所获取到的线路影像还有地形数据,可以切实有效地支撑后续的控制测量、定线测量以及平断面分析等一系列工作,进而成为高压线路测量工作当中极为重要的一项技术环节。

2.2 控制测量与像控点布设

控制测量在高压电力线路测量体系里属于极为关键的核心环节,它的主要职责在于构建起稳定且精确的测量基准,进而给定线测量、平断面测量以及电塔定位都统一提供一个坐标体系。控制测量一般会涵盖首级控制测量以及次级控制测量这两个部分,借助布设控制点网的方式,以此来保证测量数据具备空间上的统一性以及精度方面的稳定性。像控点的布设工作是把地面控制点和航空影像或者无人机影像相互结合起来,从而为影像测量给予精确的坐标方面的参考依据。在整个布设的过程当中,得全面综合地去考量线路所处的地形状况、通视的具体条件以及施工操作的便利程度等因素,要合理地对控制点的间距以及布局做出安排,唯有如此才能确保每一处测量区域都能够满足其精度方面的要求。控制测量完成之后,像控点观测所获取的数据经过相应的校正处理之后,能够为影像测绘、定线测量以及后续的施工环节提供较为可靠的基准数据,进而确保整个测量体系有着科学合理的特性以及可靠稳固的状态。

2.3 定线测量与地形测量

高压线路基本都是远离居民区,处在高山或者密林之中,通视情况不好,定线测量宜采用 RTK 或全站仪配合 RTK。采用 RTK 进行定线测量时按照路径选线时候所得到的转角坐标,前后之间的转角坐标建立一个耐张段,再根据设计人员给定的排杆档距来确定直线桩。直线桩放样精度应符合测量规范要求。当碰到一些植被比较茂盛的地方又不允许大面积砍树,可以采用全站仪配合进行定线,

可以采用打三角的方法或者角度距离法,根据桩位间的方位角及距离来确定出桩位,测量精度按照对应的规范要求执行。在完成直线桩放样的相关工作之后,需要针对沿线的地形展开较为细致的测量操作,这其中囊括了对高程、坡度以及地形起伏状况等方面的数据测量,务必要保证所获取的测量成果能够在导线弧垂计算、电塔定位以及施工方案制定等方面给予准确且有效的数据方面的有力支撑。并且,对于那些地形相对复杂的区域或者存在跨越河流、峡谷等特殊情形的区域,应当实施局部的精细测量工作,要将地形图与实地观测所得的数据相互结合起来,在有必要的情况下,可以采用三维建模的方式去记录地形的相关信息,从而方便后续的施工活动以及线路维护工作能够有所参照。在整个测量工作的开展过程当中,务必妥善做好测量记录以及成果的整理事宜,切实保障数据具备完整性以及可追溯性,进而为整个高压线路的建设工作提供较为可靠的技术依据。

2.4 平断面测量与校核测量

平断面测量于高压电力线路建设而言,实属不可或缺的重要环节。其主要目的在于沿着线路所经路径,获取到连贯不断的高程相关信息以及地形起伏方面的数据,进而给导线张力、弧垂计算还有塔基设计给予精准且可依据的参照。在开展平断面测量相关工作的时候,测量人员得沿着预先确定好的线路去布设测量点,并且运用全站仪、RTK 或者其他一些精密测量仪器来获取这些点的坐标以及高程方面的信息,与此还得把地形的各种特征记录下来,像是河流、峡谷、道路以及植被分布等情况,以此为后续的施工给出一定的参考。当平断面测量全部完成之后,一般是要进行校核测量工作的。通过将设计图纸和实际测量所得的数据相互对照起来,以此来验证测量的精度是不是能够符合规范所提出的要求,而且对于在这一过程中发现的任何偏差都要及时予以修正。校核测量不单单包含对高程以及水平坐标进行核对这样的内容,而且还涵盖了针对线路关键节点展开的复测工作,比如说像耐张段转角点、跨越区段以及特殊地形部位等等,从而保证测量成果具备完整性以及可靠性。凭借平断面测量和校核测量的有效融合,能够为高压线路施工筑牢坚实的数据根基,同时也能够在一定程度上削减施工风险,进而确保线路运行时的安全性以及稳定性。

2.5 电塔定位与塔基地形测量

电塔定位测量是达成线路布置精度以及保障施工安全极为关键的一个环节,其核心任务在于在选定的塔位之处获取精准的坐标,然后要结合具体的地形条件来开展塔基的设计工作以及施工布置方面的相关事宜。在实际的操作流程当中,测量人员得依照平断面测量所得到的成果,再综合设计文件以及施工的具体要求,运用全站仪或者 RTK 设备针对塔基展开精确的放样操作,与此同时还要

对塔基地形予以细致的测量，把地面的高程、坡度还有那些有可能会对施工产生影响的障碍物都记录下来^[1]。塔基地形测量所获取的数据，一方面能够为塔基设计给出相应的基础数据，另一方面也能够助力施工单位去确定施工机械的布置情况、材料运输的路径以及施工安全相关的各项措施。当面临复杂地形或者像跨越河谷、悬崖这类特殊区域的时候，就需要借助精细化的测量方式来获取三维地形的数据，如果有必要的话，还可以利用无人机或者激光扫描技术来构建数字模型，从而能够更好地去做施工仿真以及工程评估方面的工作。电塔定位以及塔基地形测量的精度和线路架设的顺利程度以及运行的可靠性有着直接的关联，所以整个测量的过程务必要严格依照相关的规范来执行，以此来保证测量数据的准确性、完整性以及可追溯性。

3 常用测量方法与设备

在高压电力线路展开测量工作的过程当中，所采用的测量方法以及相关设备会在很大程度上决定测量效率以及精度方面的水平情况。全站仪属于传统且较为可靠的测量设备类型，其能够给出具有较高精度的水平角、垂直角还有距离方面的测量结果，在定线测量、塔基放样以及平断面测量等方面有着较为广泛的运用范畴，并且在那种地形状况比较复杂的环境之下，它还能够借助对角度以及距离展开连续不断的测量操作，进而精准地获取到空间坐标，以此为基础来为线路的具体布置以及施工放样工作给予稳固的数据方面支撑^[2]。GPS/GNSS 技术是依靠卫星定位的方式来达成快速且连续获取三维坐标的这一目的，这项技术特别契合于长距离、高山或者林区线路的快速测量相关事宜，其能够大幅度提升作业方面的效率并且有效降低人员的劳动强度。无人机航测与遥感技术在近些年来于高压线路测量领域当中获得了颇为广泛的运用，借助无人机来搭载高分辨率的相机或者是激光雷达，便能够迅速地获取到沿线的影像以及三维点云数据，这些数据能够为路线的选取测量、地形的分析研判、施工的仿真模拟以及环境的评估等工作给予全方位的数据层面支撑。三维激光扫描技术更是进一步将测量精度以及数据的丰富程度都提高了，通过扫描操作来获取塔基以及地形所具有的高密度点云信息，由此能够开展精细化的建模工作、施工的模拟操作以及竣工之后的比对事宜，进而为后续线路的运维以及安全检查工作提供可信可靠的依据。各类不同的测量方法以及设备在实际的应用环节当中往往是相互之间起到补充作用的，要依据线路自身的特点、地形的实际条件以及施工的具体需求来灵活地加以组合运用，通过科学合理的测量方案设计以及数据处理流程安排，才能够确保测量所取得的成果既具备较高的精确度又能够达成高效的水准，同时也能够让工程实施的可控性以及可靠性都得到有效的提升。

4 测量精度与质量控制

测量精度以及质量控制属于高压电力线路测量工作当中的关键环节，其主要目的在于保证测量所取得的成果能够契合规范方面的要求，进而可为设计以及施工事宜给予可靠的依据。在实际的操作进程里，误差控制涉及对仪器误差、观测误差还有因环境因素而产生的系统误差以及随机误差加以控制。凭借合理地去选取测量的方法、严格遵循操作的规程并且开展多次重复的观测活动，是能够有效地将测量误差降下去的，并且在数据处理的阶段要实施校正与修正的操作，从而确保测量结果具备可靠性。成果检验包含针对测量数据进行核对、对平断面以及塔基坐标予以复核、对关键节点的精度展开验证等等一系列举措，以此来保证每一个测量环节当中数据都保持完整、准确且具有可追溯性^[3]。质量控制一方面涵盖了对单次测量精度的保障，另一方面还包含了对测量过程做好记录、对数据进行整理以及对成果实施管理等相关事宜，目的是为了在施工以及运维的过程当中能够给出科学的依据。借助严密的精度与质量控制体系，能够在最大程度上确保高压电力线路测量拥有科学性、可靠性以及可操作性，进而为线路的建设以及长期的运行给予稳固的数据方面的支撑。

5 结语

高压电力线路测量属于输电线路建设当中的基础环节，其技术水平以及实施质量会直接对线路施工以及运行的可靠性产生影响。本文较为系统地分析了高压线路测量的主要技术，像航空摄影还有路线选测、控制测量以及像控点布设、定线测量加上地形测量、平断面以及校核测量还有电塔定位与塔基地形测量等，并且还介绍了常用的测量方法、设备以及精度和质量控制方面的措施。通过针对测量环节展开全面的梳理以及技术层面的解析能够发现，高压电力线路测量在精度、效率以及信息化管理这几个方面已然形成了完整的体系。往后，伴随智能化设备、无人机航测、三维激光扫描以及数字孪生技术不断地发展，高压线路测量在数据获取效率、精度以及施工支撑能力方面将会得到进一步的提升，进而为电力系统的安全、稳定以及高效运行给予更加坚实的保障。

[参考文献]

- [1] 林汉云.浅析特高压电力线路测量技术[J].江西测绘,2021(1):22-24.
 - [2] 于恒康.特高压电力线路双端谐振参数测量新技术研究[J].电子元器件与信息技术,2024,8(6):12-14.
 - [3] 丁道军,郎伊紫禾,潘仁东.特高压电力线路双端谐振参数测量新技术研究[J].微型电脑应用,2023,39(1):118-121.
- 作者简介：郑建军（1984.6—），毕业院校：吉林大学，所学专业：测绘工程专业，当前就职单位：沈阳电力勘测设计院有限责任公司，职务：测量员，职称级别：高级工程师。