

建筑工程施工测量技术及精度控制研究

许光炜

广东震华建设工程有限公司, 广东茂名, 525000;

摘要: 随着我国建筑行业向高质量方向发展, 施工测量作为建筑工程质量控制的基础环节, 其技术水平与精度控制能力直接影响工程建设的质量与安全。本文系统研究了建筑工程施工测量技术体系及精度控制方法, 详细分析了传统测量技术与现代数字化测量技术的特点及应用范围, 探讨了影响施工测量精度的关键因素, 提出了全过程、多层次的精度控制策略, 希望本文研究成果能够对提高建筑工程施工测量水平、保证工程质量带来参考性的作用。

关键词: 建筑工程; 施工测量; 测量技术; 精度控制; 质量控制

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 08. 005

引言

建筑工程施工测量是工程建设的重要技术基础工作, 贯穿于项目建设的全过程。从工程前期的场地平整、控制网建立, 到施工过程中的结构定位、高程传递, 再到竣工阶段的形变监测, 测量工作为工程建设提供了准确的空间位置基准和技术保障。随着建筑结构形式日趋复杂、施工精度要求不断提高, 传统的测量技术和方法已难以满足现代建筑工程的需求, 测量技术的革新与精度控制的强化成为行业发展的必然趋势。

当前建筑工程施工测量面临着诸多挑战。一方面, 超高层建筑、大跨度空间结构、异形建筑等复杂工程不断涌现, 对施工测量的精度和效率提出了更高要求; 另一方面, 施工现场环境复杂多变, 受温度变化、机械振动、人为干扰等因素影响, 测量误差难以避免。据统计, 建筑工程质量事故中约有 15% 与测量误差直接或间接相关, 施工测量精度控制的重要性不言而喻。

近年来, 随着电子全站仪、卫星定位系统、三维激光扫描仪、测量机器人等先进测量设备的普及应用, 以及 BIM 技术的快速发展, 建筑工程施工测量技术正经历着深刻的变革。数字化、自动化、智能化的测量技术逐步取代传统的人工测量方法, 极大地提高了测量效率和精度。然而, 新技术的应用也带来了新的问题和挑战, 如设备操作复杂、数据融合困难、技术标准滞后等, 需要深入研究和解决。

本文将从建筑工程施工实际出发, 系统分析各类测量技术的特点和应用方法, 深入研究影响测量精度的关键因素, 提出针对性的精度控制策略, 为提升建筑工程施工测量水平提供理论参考和实践指导。

1 建筑工程施工测量技术体系

1.1 传统测量技术及应用

水准测量作为高程控制的基础手段, 在建筑工程施工中仍具有不可替代的作用。精密水准仪配合铟钢水准尺可达到每公里往返测量中误差不超过 1 毫米的精度, 完全满足大多数建筑工程的高程控制需求。在高层建筑施工中, 通常采用悬吊钢尺法或全站仪三角高程法进行高程传递, 但需注意大气折光和地球曲率的影响。特别是在超高层建筑中, 随着高度的增加, 传统高程传递方法的累积误差会显著增大, 需要采取分段传递、多次校核等措施保证精度^[1]。

角度测量是施工控制网建立和细部放样的关键技术。光学经纬仪虽然正逐步被电子全站仪取代, 但在某些特殊环境下仍具优势, 如强电磁干扰场合或需要长期稳定观测的变形监测项目。角度测量的精度受仪器对中误差、目标偏心误差、照准误差等多因素影响, 需要通过规范操作流程和增加测回数来提高精度。在大型工业厂房施工中, 角度测量与钢尺量距相结合的方法常用于柱网轴线放样, 但需要注意尺长改正和温度改正。

距离测量技术经历了从钢尺丈量到光电测距的演变过程。现代光电测距仪在 1 公里范围内的测距精度可达 1 毫米+1ppm, 完全满足建筑工程施工控制测量的要求。但在实际应用中, 仍需考虑气象改正、仪器常数改正等因素。在钢结构安装等精度要求较高的工程中, 常采用专门研制的测距基线和标准尺进行定期检定, 确保测距系统的可靠性。值得注意的是, 不同材质的建筑物在不同温度条件下的热胀冷缩效应也会影响距离测量结果, 这在超长结构施工中尤为明显。

1.2 现代数字化测量技术

全站仪测量技术已成为当前建筑工程施工测量的主流方法。智能型全站仪集角度测量、距离测量、数据记录于一体,配合棱镜组可以实现高效的三维坐标测量。免棱镜测量技术的应用更使测量工作突破了视线障碍的限制,大大提高了作业效率。在高层建筑核心筒施工中,采用全站仪进行铅垂度控制,精度可达 $1/20000$ 以上。自动目标识别与跟踪技术的引入,使得单人测量成为可能,显著降低了人力成本。全站仪与BIM模型的结合,实现了设计数据与现场施工的无缝对接,推动了施工测量向数字化方向发展。

卫星定位测量技术在大型场地工程中展现出独特优势。GNSS技术不受通视条件限制,能够快速建立施工控制网,特别适合地形复杂的山区工程或跨区域线性工程。实时动态测量(RTK)技术可以将平面定位精度控制在2厘米以内,完全满足土方工程、道路工程等对精度的要求。但在高楼林立的城市环境中,卫星信号易受遮挡和多路径效应影响,需谨慎使用。近年来发展的精密单点定位(PPP)技术和网络RTK技术,进一步提高了卫星定位的精度和可靠性,为超大型工程施工测量提供了新的技术选择。

三维激光扫描技术为建筑工程测量带来了革命性变化。通过高速获取物体表面的海量点云数据,可以快速建立建筑物的三维数字模型。这种非接触式测量方法特别适合异形建筑、历史建筑保护等传统测量手段难以胜任的场合。在钢结构安装检测中,通过对比设计模型与扫描点云,可以直观显示构件安装偏差,指导调整作业。点云数据与BIM模型的集成应用,为工程质量验收和竣工资料归档提供了全新的技术途径。但需要注意的是,激光扫描数据的处理和分析需要专业软件支持,对技术人员提出了更高要求。

2 施工测量精度影响因素分析

2.1 仪器设备因素

测量仪器本身的精度等级是影响测量结果的基础因素。不同等级的仪器有其特定的使用范围和精度指标,如二等水准仪每公里往返测量高差中误差不超过1毫米,而工程水准仪则可能达到3毫米。仪器检校状态直接影响测量数据的可靠性,定期进行仪器检定和日常校验是保证测量精度的必要措施。在实际工程中,经常发现因仪器未及时送检或日常校验不到位导致的系统性误差,

这类误差往往具有累积性和隐蔽性,危害极大。

仪器操作规范性也是影响精度的关键。测量仪器的对中误差、整平误差、照准误差等都会直接影响观测质量。例如,全站仪对中误差若达到2毫米,在100米的测距中就可能引入4秒的方向误差。仪器操作环境同样重要,温度变化会导致仪器机械结构变形,强光照射可能影响电子元件的稳定性,振动则会影响仪器的平衡状态。在大型机械设备密集的施工现场,这些干扰因素尤为突出,需要采取适当的防护措施^[2]。

2.2 环境因素

大气条件对测量精度的影响不容忽视。温度变化会引起测量器具的热胀冷缩,特别是在钢尺量距中,温度每变化 1°C ,就会引起约 1.2×10^{-5} 的长度变化。大气折光会使光线传播路径发生弯曲,在三角高程测量中可能造成每100米0.3毫米左右的高程误差。空气湍流会导致目标成像抖动,影响照准精度。在夏季高温或冬季严寒条件下施工时,必须考虑这些因素并进行相应改正。

地质条件与施工活动也会影响测量基准的稳定性。软土地基的沉降、基坑开挖引起的地表变形、打桩振动等都会导致测量控制点位移。

2.3 人为因素

测量人员的技术水平直接影响测量质量。熟练的测量工程师能够根据现场情况灵活调整测量方案,合理分配误差,而经验不足的操作者可能因操作不当引入不必要的误差。在实际工程中,经常出现因读数错误、记录错误、计算错误等人为失误导致的测量事故。加强技术培训,建立完善的双人复核制度,是减少人为误差的有效途径。

项目管理水平同样影响测量精度。合理的测量方案设计、科学的进度安排、严格的质量控制体系都能为测量精度提供保障。反之,如果为了赶工期而压缩测量时间,或者为节约成本而减少必要的测量校核,都可能导致精度失控。

3 施工测量精度控制策略

3.1 测量方案优化设计

分级控制是保证测量精度的有效方法。应根据工程特点和精度要求,设计科学合理的测量控制网分级体系。通常分为首级控制网、次级控制网和施工放样网三个层次,每级控制网都应有明确的精度指标和检核要求。在

大型工业园区项目中, 首级控制网可能采用 GNSS 静态测量方法建立, 平面精度达到 3 毫米; 次级控制网用全站仪导线测量方法加密, 精度控制在 5 毫米以内; 施工放样则使用全站仪极坐标法, 保证 10 毫米的放样精度。这种分级控制方法既能满足不同部位的精度需求, 又能合理分配测量资源^[3]。

测量方法的选择直接影响精度控制效果。针对不同的工程部位和施工阶段, 应选择最适合的测量技术和工艺流程。例如, 在超高层建筑核心筒施工中, 可采用激光铅直仪与全站仪相结合的方法进行垂直度控制; 在大跨度钢结构安装中, 宜采用全站仪三维坐标法与水准测量相结合的方法; 在装饰装修阶段, 则可能需要使用手持式激光测距仪进行细部尺寸检查。测量方案的制定必须建立在对工程特点、精度要求、现场条件的全面分析基础上, 不能简单套用其他项目的经验。

3.2 测量过程质量控制

严格的测量操作规范是精度控制的基础。应制定详细的测量作业指导书, 明确规定仪器设置、观测方法、记录格式、计算流程等技术要求。例如, 全站仪测量时应确保三脚架稳固, 避免阳光直射; 水准测量前需充分预热仪器, 保持前后视距相等; 角度观测时应采用正倒镜观测法消除仪器误差。建立标准化的操作流程可以有效减少人为误差, 提高测量数据的可靠性。

过程检查与校核是发现和纠正误差的关键环节。应实行“三级检查”制度: 测量人员自检、专业负责人复检、项目总工抽检。对于关键部位的测量放样, 如建筑物定位轴线、层高控制线等, 必须进行 100% 的独立复核。采用不同方法、不同仪器、不同人员进行对比测量, 可以有效发现系统性误差^[4]。

3.3 误差分析与精度评估

科学的误差分析是精度控制的重要依据。应根据误差传播定律, 对测量过程中的各类误差源进行定量分析, 评估其对最终结果的影响程度。例如, 在导线测量中, 测角误差和测距误差会以不同方式影响点位精度, 通过误差分析可以确定合理的测回数 and 测距次数。对于系统性误差, 如仪器常数误差、大气折光误差等, 应通过适当的观测方法和数据处理技术予以消除或减弱。定期进行测量精度评估, 绘制误差分布图, 有助于发现测量系统中的薄弱环节, 有针对性地进行改进。

现代数据处理技术为精度控制提供了新的手段。利用最小二乘法进行测量平差计算, 可以合理分配闭合差, 提高控制网的整体精度。统计过程控制 (SPC) 方法可以监测测量系统的稳定性, 及时发现异常波动。

4 结论与展望

建筑工程施工测量技术及精度控制研究是一项系统工程, 需要从技术方法、过程管理、误差分析等多个维度进行综合考量。研究表明, 通过合理选择测量技术方案、优化测量工艺流程、加强测量过程管控、完善质量检查机制, 能够显著提升建筑工程施工测量的精度水平, 为工程质量控制提供可靠保障。实践表明, 科学的精度控制策略可以使施工测量精度提高 30%-50%, 有效降低因测量误差导致的质量问题和返工损失, 具有显著的经济效益和社会效益。

未来建筑工程施工测量技术将朝着智能化、自动化、集成化方向发展。测量机器人技术的成熟将实现 24 小时不间断自动监测, 大大提高测量效率和精度; 5G 技术的应用将促进测量数据的实时传输和云端处理, 实现远程监控和协同作业; 人工智能技术在误差识别、数据分析等方面的应用, 将使测量精度控制更加智能和精准。BIM 技术与测量技术的深度融合, 将推动施工测量从传统的“点测量”向“模型测量”转变, 实现设计、施工、验收的全过程数字化管控。

需要强调的是, 施工测量精度控制不是单纯的技术问题, 而是技术与管理相结合的系统工程。在实际应用中, 应根据工程特点、技术条件和资源状况, 制定切实可行的精度控制方案, 既不能盲目追求高精度而造成资源浪费, 也不能为节省成本而牺牲必要的精度要求。只有通过科学管理和技术创新的有机结合, 才能不断提升建筑工程施工测量的水平, 为我国建筑行业的高质量发展提供有力支撑。

参考文献

- [1] 王超锋. GPS 实时动态测量技术在工程测量中的应用[J]. 西部资源, 2023 (4): 142-143.
- [2] 尹军军. 论地质测绘工程中测绘新技术的运用[J]. 大众标准化, 2023, 16: 156-158.
- [3] 毛文亮. 智能化发展下工程测量中的数字化测绘技术探析[J]. 水上安全, 2023, 14: 64-66.
- [4] 涂小青. 工程测量中的三维 GIS 技术研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024 (5): 123-125.