

工程测量专业中测量误差分析与质量控制

黄奉杰

邹城市土地储备和规划事务中心 山东 邹城 273500

摘要：工程测量是工程建设全流程的核心支撑，精准的测量数据直接决定工程质量与安全。本文阐述工程测量误差的核心理论，分类分析仪器、环境、人为、方法及数据处理四大误差来源，明确各类误差的成因与影响。基于误差分析结果，从前期准备、现场作业、数据处理三个核心阶段提出针对性质量控制策略，结合智能化技术应用，为工程测量误差管控提供实践指导，保障测量成果满足工程设计、施工及验收的精度要求。

关键词：工程测量专业；测量误差；质量控制

引言：随着工程建设向精细化、大型化发展，对工程测量精度的要求不断提升，测量误差管控成为保障工程质量的关键环节。工程测量过程中，各类误差的存在易导致数据失真，影响工程设计科学性、施工准确性及验收合理性，甚至引发安全隐患。因此，系统分析测量误差的分类、成因及影响因素，探索科学有效的质量控制路径，对规范工程测量流程、提升测量成果可靠性、推动工程建设高质量发展具有重要的理论与实践意义。

1 工程测量误差相关理论基础

1.1 工程测量核心概念与流程

(1) 工程测量的核心定义与分类：核心是通过测量仪器与技术，获取工程建设相关的几何参数、位置信息，为工程设计、施工、验收提供精准数据支撑。主要分为控制测量和施工测量，控制测量是建立统一测量基准，保障整体精度；施工测量是将设计图纸参数落到现场，指导施工实施，此外还包括变形监测等延伸类型。

(2) 工程测量全流程：前期准备需明确测量任务、收集相关资料、校验测量仪器；现场作业核心是按照规范操作仪器，采集实测数据，做好记录；数据处理则是对实测数据进行整理、校正、分析，剔除异常数据，输出符合精度要求的成果。(3) 工程测量精度的核心要求与评价标准：精度要求根据工程类型而定，重点保障数据的准确性和一致性；评价标准以测量成果与真实值的偏差为核心，结合行业规范，判断数据是否满足工程使用需求^[1]。

1.2 测量误差的分类与基本特征

(1) 系统误差：成因主要是仪器精度不足、测量方法不完善、环境因素稳定影响，具有规律性和可重复性，误差大小和方向相对固定，常见类型有仪器误差、方法误差、环境误差，可通过校正仪器、改进方法消除或减弱。(2) 偶然误差：成因是人为操作细微偏差、环境瞬时变化等随机因素，具有随机性，服从正态分布，

误差正负出现概率均等，绝对值越大出现概率越小，无法彻底消除，只能通过多次测量减小影响。(3) 粗差：成因主要是操作人员失误，如读数错误、记录错误等，特征是误差数值较大、无规律，会严重影响测量成果可靠性，甚至导致成果失效，需及时发现并剔除。

1.3 误差分析的核心理论与方法

(1) 误差传播定律及其应用：核心是描述观测值误差与观测成果误差之间的传递关系，通过公式计算成果误差，指导测量方案优化，保障成果精度。(2) 蒙特卡罗模拟在误差量化中的应用：通过随机模拟生成大量观测样本，模拟误差分布规律，量化误差对测量成果的影响，适用于复杂测量场景的误差分析。(3) 误差精度评价指标：中误差是衡量观测值精度的核心指标，反映误差离散程度；极限误差是判断观测值是否合格的临界值；相对误差用于对比不同规模测量的精度，更具实用性。

2 工程测量误差来源及影响因素分析

2.1 仪器因素导致的误差

(1) 仪器自身精度局限与制造偏差：任何测量仪器都存在固有精度限制，受制造工艺、材料性能影响，仪器的刻度、零部件配合等会存在微小偏差，如水准仪的视准轴偏差、经纬仪的水平度盘偏心差，这些偏差会直接传递到测量数据中，导致观测值与真实值出现偏差，且偏差大小与仪器精度等级直接相关。(2) 仪器校准不及时与维护不当的影响：测量仪器需定期校准以消除系统误差，若校准周期过长或未按规范校准，仪器的误差会逐渐累积；日常维护不当，如仪器存放环境潮湿、碰撞受损、部件老化，会导致仪器性能下降，出现灵敏度降低、读数不准等问题，进一步增大测量误差。(3) 新型测量仪器的误差特点：GNSS测量易受卫星信号遮挡、电离层干扰，导致定位精度波动，存在接收机钟差、轨道误差等；激光扫描仪则受扫描距离、角度分辨率影

响,易出现测距误差、扫描点云重叠偏差,且对环境光线敏感,误差表现更具复杂性。

2.2 环境因素导致的误差

(1)气象条件的影响:温度变化会导致仪器零部件热胀冷缩,影响仪器精度,同时改变大气折射率,导致光程偏差;高湿度会腐蚀仪器部件、影响电子元件性能;大气压力变化会影响GNSS信号传播和水准测量的高差计算,这些因素均会造成测量误差。(2)地形地貌与测量介质的影响:复杂地形(如陡坡、洼地)会导致仪器安置困难、视线受阻,需多次转站测量,累积误差;测量介质不均匀,如水准测量中地面沉降、激光测量中烟雾粉尘遮挡,会干扰测量信号传递,导致观测数据失真^[2]。(3)周边干扰对测量的影响:周边高压线路、变电站等会产生电磁干扰,影响GNSS接收机、电子测量仪器的信号接收,导致数据紊乱;施工场地的机械振动、车辆通行产生的振动,会使仪器安置不稳定,出现读数波动,增大偶然误差。

2.3 人为因素导致的误差

(1)操作人员专业技能与经验不足的影响:操作人员对仪器原理、操作规范掌握不熟练,对测量场景的适配能力不足,如无法准确判断观测条件、合理选择观测角度,会导致测量方法应用不当,产生系统性误差;缺乏实操经验,难以应对突发情况,进一步加剧误差。(2)操作流程不规范的误差:仪器安置不水平、对中偏差,会导致观测基准偏移;照准过程中目标对准不精准、视线存在遮挡,会产生照准误差;读数时视线倾斜、估读偏差,尤其是人工读数时的主观误差,会直接影响观测数据的准确性。(3)人员工作态度与心理状态的影响:操作人员工作敷衍、责任心不强,会出现操作粗心、记录潦草等问题;长时间作业导致疲劳、注意力不集中,或情绪波动,会增加操作失误的概率,引发粗差或偶然误差,影响测量成果质量。

2.4 测量方法与数据处理导致的误差

(1)测量方法选择不合理的影响:未结合工程实际场景选择合适的测量方法,如在遮挡严重区域采用GNSS测量、在高精度要求场景采用简易测量方法,会导致测量精度无法满足要求;测量方案设计不完善,如观测次数不足、转站过多,会使误差累积,影响成果可靠性。(2)数据处理软件应用不当的误差:选用的数据分析软件与测量仪器不兼容、软件参数设置不合理,会导致数据转换、计算出现偏差;对软件的操作不熟练,未对异常数据进行合理处理,会使误差传递到最终成果中。(3)数据记录与审核不严谨的误差:测量过程中数据记

录错误、漏记、涂改,会导致原始数据失真;数据审核环节流于形式,未及时发现原始数据中的异常值、错误数据,会使错误数据进入后续处理流程,最终影响测量成果的准确性。

3 工程测量质量控制策略与实施路径

3.1 前期准备阶段的质量控制

(1)测量方案的科学设计与优化:结合工程类型(如建筑、道路、桥梁)和精度等级要求,制定针对性测量方案,明确测量范围、技术标准、仪器选型、观测流程及误差控制目标。方案设计需充分调研现场环境,规避地形、干扰等不利因素,优化观测路线和转站设计,减少误差累积;同时进行多方案对比,选择性价比高、精度有保障的方案,经专家审核确认后实施,确保方案的科学性和可行性。(2)测量仪器的检定、校准与维护:测量前需对所有仪器进行全面检定,委托具备资质的机构开展检定工作,确保仪器符合国家计量标准,不合格仪器严禁使用;对检定合格的仪器,按规范要求进行现场校准,消除系统误差,如水准仪视准轴校准、经纬仪水平度盘校准。日常建立仪器维护台账,定期清洁、存放于干燥通风环境,避免碰撞、受潮,作业前后检查仪器性能,及时处理部件老化、灵敏度下降等问题,保障仪器稳定运行^[3]。(3)测量人员的培训与考核:组建专业测量团队,开展岗前培训,内容涵盖仪器操作规范、测量技术标准、误差控制方法及安全操作规程,重点提升人员对复杂场景的应对能力和实操技能。培训后进行理论+实操考核,考核合格后方可上岗;定期组织后续培训,同步更新新型测量技术、智能化仪器的操作方法,建立考核奖惩机制,激励人员提升专业素养,减少人为操作误差。

3.2 现场作业阶段的质量控制

(1)操作流程的标准化与规范化:制定统一的现场操作细则,明确仪器安置、对中、整平、照准、读数等各环节的操作标准,要求操作人员严格遵循细则作业,杜绝违规操作。例如,仪器安置需确保水平、对中偏差控制在规范范围内,照准过程中避开遮挡物,读数时保持视线垂直,人工读数需进行多次估读核对,确保操作一致性,减少偶然误差。(2)环境因素的管控与应对措施:现场作业前监测气象条件,避开暴雨、高温、强风等恶劣天气,若遇突发气象变化,及时暂停作业并做好仪器保护;针对温度、湿度影响,采取遮阳、防潮措施,定期校正仪器因环境变化产生的偏差。对地形复杂区域,提前清理观测视线,合理设置转站点,减少地形对测量的影响;对电磁、振动干扰区域,远离干扰源,

采用屏蔽措施,确保测量信号稳定。(3)现场数据的实时核查与异常处理:建立双人核对制度,每一组观测数据需由两名操作人员分别记录、核对,确认数据一致后签字确认,杜绝记录错误、漏记等问题。对现场采集的数据进行实时核查,对比相邻观测值、理论值,若发现数据异常,立即停止作业,排查仪器、操作、环境等方面的原因,重新进行观测,直至数据符合精度要求,确保原始数据真实、准确^[4]。

3.3 数据处理阶段的质量控制

(1)测量数据的筛选、验证与修正:对现场采集的原始数据进行分类整理,筛选出异常值、粗差数据,结合误差理论分析异常原因,若为操作失误导致,剔除异常数据并重新补充观测;若为偶然误差导致,采用合理方法进行修正。同时对数据进行验证,对比不同观测方法、不同仪器采集的数据,确保数据的一致性和可靠性,为后续处理奠定基础。(2)平差处理的规范实施与结果评估:按照测量规范要求选择合适的平差方法,明确平差参数设置,利用专业平差软件进行数据处理,确保平差计算准确无误。平差完成后,对平差结果进行评估,核查中误差、极限误差等指标是否符合工程精度要求,分析误差来源,若平差结果不达标,重新检查原始数据、平差方法,调整参数后再次平差,直至结果合格^[5]。(3)测量成果的整理与审核:将平差后的测量数据、观测记录、仪器检定报告、平差报告等整理归档,形成完整的测量成果资料,确保成果可追溯。建立多级审核制度,由专业技术人员、项目负责人先后对成果进行审核,重点核查数据准确性、流程规范性、成果完整性,审核合格后签字确认,方可提交使用,杜绝不合格成果流入后续工程环节。

3.4 智能化技术在质量控制中的应用

(1)人工智能辅助误差校正与识别:利用人工智能算法对测量数据进行分析,自动识别数据中的粗差、异常值,对比历史数据和理论数据,智能判断误差类型及成因,提出针对性校正方案,减少人工判断的主观性和误差,提升误差处理效率和准确性,尤其适用于大规

模、复杂场景的测量数据处理。(2)智能化测量系统的构建与应用:构建基于物联网的测量仪器监控系统,实时采集仪器运行状态、环境参数、观测数据,通过云计算平台进行数据存储、分析和共享,实现对测量全过程的实时监控。一旦发现仪器异常、数据偏差,系统自动报警,便于工作人员及时处理,同时实现数据的云端备份,保障数据安全,提升质量控制的智能化水平。(3)BIM+测量、无人机航测等技术的质量管控优势:BIM技术与工程测量结合,将测量数据与BIM模型对接,实现测量成果的可视化展示,便于直观核查数据与设计图纸的偏差,及时发现问题并整改;无人机航测具有高效、全面的优势,可快速获取大面积地形数据,减少人工现场作业量,降低人为误差,同时通过航测数据对比分析,实现对工程进度、测量精度的动态管控,提升质量控制效率。

结束语

工程测量误差分析与质量控制是一项系统性、全过程的工作,贯穿工程建设的前期准备、现场作业及数据处理全环节。各类误差的产生具有复杂性和多样性,需结合工程实际精准识别、科学管控。本文提出的控制策略贴合实操需求,结合智能化技术可进一步提升管控效率与精度。未来需持续优化误差分析方法,完善质量控制体系,助力工程测量行业规范化发展,为各类工程建设提供更可靠的测量技术支撑。

参考文献

- [1]黄常胜,田家通.矿山工程测量误差的产生原因与应对策略研究[J].石油石化物资采购,2022,6(5):39-43.
- [2]袁志钦.浅析工程测量误差来源及减少误差的对策[J].建筑技术研究,2021,4(3):90-93.
- [3]车庭亮.探讨人为失误对工程测量误差的影响[J].建材与装饰,2020,28(18):92-96.
- [4]杨大明.在工程测量质量控制中的方法与分析[J].科技视界,2021,9(9):132-133.
- [5]郭功伟.工程测量质量控制方法[J].工程技术发展论文集,2022,10(1):281-282.