

# 测绘工程技术精度控制策略探究

李永健

辽宁北斗天合测绘科技咨询服务有限公司 辽宁 辽阳 111000

**摘要:** 测绘工程精度控制是保障成果可靠性的关键。本文从误差理论出发,分析系统误差、偶然误差与粗差特性,提出最小误差、冗余观测与动态调整原则。构建涵盖数据采集、处理与成果输出的技术体系,提出控制网布设、测量方法选择与环境补偿策略,并从人员能力、设备管理与过程管理三方面提出实施保障措施,为测绘工程精度控制提供理论支撑与实践指导。

**关键词:** 测绘工程;精度控制;误差理论;技术体系;保障措施

引言: 测绘工程在诸多领域发挥关键作用,精度直接影响工程质量与安全。然而,测绘过程中误差不可避免,误差来源多样,误差传播复杂。精度控制需遵循特定原则、明确目标。在此背景下,探究测绘工程技术精度控制策略,对保障测绘成果质量、推动相关工程建设发展具有重要意义。

## 1 测绘工程精度控制的理论基础

### 1.1 误差理论

误差是测绘工程中不可避免的存在,理解误差来源与分类是精度控制的前提。系统误差源于仪器设计缺陷、观测方法不完善或环境因素持续影响,具有重复性与规律性,例如仪器未严格校准导致的固定偏差可达2毫米至5毫米。偶然误差由难以预测的随机因素引发,如观测瞬间的大气扰动、仪器微小震动,其大小与符号随机变化,但服从统计规律,在常规观测条件下,偶然误差范围通常在 $\pm 1$ 毫米以内。粗差则由操作失误、仪器故障或环境突变导致,数值显著偏离真实值,如读数错误可能引发10毫米以上的异常数据,信号中断导致的偏差甚至可达20毫米以上。误差传播规律揭示了测量过程中误差如何从输入量传递至输出量。通过建立误差传播数学模型,可定量分析各环节误差对最终成果的影响程度。例如,在导线测量中,角度测量误差与边长测量误差会通过平差计算传递至点位坐标,模型需考虑误差间的相关性,采用协方差矩阵或误差椭圆等工具描述精度分布,为精度控制提供理论依据。

### 1.2 精度控制原则

最小误差原则是精度控制的核心导向,要求在测量设计、观测实施与数据处理全流程中,采取一切可行措施使误差尽可能小<sup>[1]</sup>。这涉及仪器选型、观测方法优化、环境条件控制等多方面决策。例如,在高等级控制测量中,选用标称精度为0.5秒的全站仪,可将角度测量误差控制

在 $\pm 1$ 秒以内。冗余观测原则通过增加观测次数或布设多余控制点,为数据处理提供更多信息,提高成果可靠性。当部分观测值存在粗差或误差较大时,冗余观测可确保通过平差计算获得更接近真实值的成果。动态调整原则强调根据实际观测条件与数据质量,实时调整观测方案与数据处理方法。若观测过程中发现环境条件突变或仪器状态异常,需及时暂停观测,分析原因并调整策略,避免误差累积影响最终精度。

### 1.3 精度控制目标

精度控制需平衡绝对精度与相对精度。绝对精度指测量成果与真实值的接近程度,反映测量结果的准确性;相对精度则体现测量成果内部各部分之间的精度一致性,对工程结构稳定性分析至关重要。例如,在大型建筑变形监测中,既要确保各监测点绝对位移测量准确,也要保证不同监测点间相对位移测量精度一致,以准确判断建筑整体变形趋势。空间精度与时间精度的协同同样关键。空间精度关注测量成果在不同空间位置的精度分布,要求各区域精度满足工程需求;时间精度则强调测量成果随时间变化的精度稳定性,尤其在动态监测项目中,需确保不同时段测量结果具有可比性,为工程安全评估提供可靠依据。

## 2 测绘工程精度控制的技术体系

### 2.1 数据采集阶段精度控制

数据采集是测绘工程的基础环节,精度控制需从仪器、环境与方法三方面协同发力。仪器选择需严格遵循工程需求与精度标准,优先选用标称精度高、稳定性强的设备,避免因仪器性能不足导致数据失真。仪器校准是保障精度的关键前置步骤,需依据规范制定校准周期,对关键参数如角度测量精度、距离测量误差进行精确调整,确保仪器处于最佳工作状态。观测环境对数据质量影响显著,需针对温度、湿度、气压等环境因素实施适

应性优化。温度变化会引起仪器结构热胀冷缩,导致测量基准偏移;湿度过高可能使电子元件受潮,影响信号传输稳定性;气压波动会改变大气折射率,干扰光电测量精度。为此,观测前需监测环境参数,选择大气稳定、能见度高的时段进行作业,必要时对观测数据进行环境改正,削弱环境干扰。观测方法设计需兼顾效率与精度<sup>[2]</sup>。多测回观测通过重复测量降低偶然误差影响,每测回间需严格按规范变换仪器高度或观测方向,避免系统误差累积。多时段观测则利用不同时段大气条件差异,通过数据融合提高成果可靠性,尤其适用于高精度控制测量与变形监测项目。

## 2.2 数据处理阶段精度控制

数据处理是提升测绘成果精度的核心环节,需通过预处理、平差与融合技术层层把关。数据预处理技术包括滤波、平滑与异常值剔除,滤波可消除高频噪声干扰,平滑能抑制数据波动,异常值剔除则通过统计检验或阈值判断识别并去除粗差,为后续处理提供干净数据。平差模型构建需根据测量方法与网形特点选择合适模型,如导线测量采用间接平差,GNSS网采用无约束平差。参数优化通过调整模型权重、引入约束条件等方式,使平差结果更贴近真实值。多源数据融合技术整合卫星遥感、地面测量与惯性导航数据,利用各数据源优势弥补单一技术局限,如卫星遥感提供大范围地表信息,地面测量确保局部高精度,惯性导航弥补动态测量中的定位缺失,通过数据融合实现精度与覆盖范围的双重提升。

## 2.3 成果输出阶段精度控制

成果输出需将精度控制成果转化为可量化、可验证的指标。精度指标量化表达涵盖点位精度、边长精度与高程精度,通过标准差、中误差等统计量描述测量成果与真实值的偏离程度,为工程应用提供明确精度依据。成果可视化与精度可视化技术将抽象数据转化为直观图形,如通过等值线图展示精度分布,用色阶区分不同精度区域,帮助用户快速识别精度薄弱环节。精度验证与反馈机制通过交叉检验、第三方评估等方式验证成果可靠性,对精度不达标区域启动反馈修正流程,形成“采集-处理-输出-验证”的闭环控制体系,持续优化测绘工程精度。

# 3 关键技术环节的精度控制策略

## 3.1 控制网布设策略

控制网作为测绘工程的基准框架,其布设质量直接影响成果精度。控制点分布密度需根据工程规模、地形复杂度与精度要求综合确定。地形起伏大或通视条件差的区域需适当加密控制点,确保相邻点间通视且边长适中,避免因边长过长或过短导致精度损失<sup>[3]</sup>。几何强度优

化通过调整控制网图形结构实现,如采用三角形网、大地四边形等稳定图形,增强网形抗变形能力,降低粗差对整体精度的影响。控制网等级划分需与工程需求精准匹配。高等级控制网作为基础框架,需满足高精度、长距离传递要求,其点位精度与边长相对中误差需严格控制;低等级控制网用于局部加密或辅助测量,精度要求可适当放宽,但需确保与高等级网无缝衔接。动态控制网更新机制针对工程周期长、环境变化大的项目设计,通过定期复测、局部补测或实时数据融合,修正控制点因地质运动、施工扰动产生的位移,保持控制网时效性与可靠性。

## 3.2 测量方法选择策略

传统测量方法与现代测量方法各有优势,需根据项目特点灵活选用。传统方法如光学水准测量、经纬仪导线测量在短距离、小范围测量中精度稳定,但效率较低;现代方法如GNSS测量、三维激光扫描可实现快速、大范围数据采集,但对环境条件要求较高。混合测量方法通过整合多种技术,实现优势互补。例如,GNSS与全站仪联合测量中,GNSS提供整体控制框架,全站仪完成局部高精度补测,既保证效率又提升精度。设计混合方案时需明确各方法适用范围,避免技术冲突,确保数据无缝拼接。自动化测量技术通过仪器内置算法与软件控制,减少人为操作误差,但需配套精度保障措施。自动化全站仪需定期校准角度与距离测量模块,确保机械结构稳定性;无人机摄影测量需优化航线规划,控制飞行高度与重叠度,避免影像畸变影响精度;测量机器人则需通过环境感知系统实时调整观测策略,适应复杂场景需求。

## 3.3 环境因素补偿策略

大气折射误差补偿模型通过建立折射率与温度、湿度、气压的数学关系,对观测数据进行实时修正。模型需结合当地大气条件参数,通过实验标定优化系数,提高补偿精度。地球曲率与大气折光联合修正针对长距离测量设计,地球曲率导致视线弯曲,大气折光进一步加剧偏差,联合修正通过引入综合改正数,消除两项误差叠加影响,提升边长测量精度。仪器热变形误差实时补偿针对温度变化对仪器结构的影响展开。金属部件热胀冷缩会改变仪器基准轴线位置,导致测量偏差。补偿系统通过内置温度传感器监测仪器温度,结合材料热膨胀系数计算变形量,对观测数据进行反向修正。对于高精度测量项目,需在观测前使仪器充分适应环境温度,减少热变形误差累积。

# 4 精度控制的实施保障措施

## 4.1 人员能力保障

测绘工程精度控制成效与人员专业素养密切相关,构建系统化专业技术人员培训体系是提升能力的核心路径<sup>[4]</sup>。培训内容需覆盖误差理论、仪器操作、数据处理等全流程知识,既要强化基础理论学习,也要注重实践技能训练。针对不同岗位需求设计差异化课程,如外业观测人员需重点掌握仪器校准、环境适应性观测方法,内业处理人员则需精通平差模型构建、多源数据融合技术。培训形式可采用“理论授课+模拟演练+实地操作”三阶段模式,通过分阶段考核确保学员逐步掌握关键技能。精度控制意识与技能考核标准需与工程实际需求紧密挂钩。考核内容不仅包含仪器操作熟练度、数据处理准确性等硬性指标,还需评估人员对误差来源的识别能力、异常数据的判断能力等软性素质。建立分级考核制度,将考核结果与岗位晋升、薪酬调整挂钩,激励人员主动提升精度控制能力。定期组织技能比武活动,通过竞赛形式激发学习热情,营造比学赶超的良好氛围,推动整体团队精度控制水平持续提升。

#### 4.2 设备管理保障

测量设备全生命周期管理涵盖设备选型、采购、使用、维护到报废的全过程。选型阶段需根据工程精度要求、作业环境特点选择适配设备,避免设备性能过剩或不足。采购环节需严格审核供应商资质,确保设备来源可靠、质量达标。使用过程中需建立设备档案,记录使用频率、维修历史、精度变化等信息,为设备状态评估提供依据。设备精度定期检定与维护制度是保障测量成果可靠性的关键。制定详细的检定计划,明确检定周期与检定项目,对角度测量、距离测量等关键参数进行严格校准。维护工作需区分日常保养与定期检修,日常保养包括清洁、防潮、防锈等基础操作,定期检修则需对仪器内部元件进行性能检测与更换。引入设备状态监测技术,通过传感器实时采集设备运行数据,提前预警潜在故障,实现从“事后维修”向“预防性维护”转变。

#### 4.3 过程管理保障

精度控制流程标准化建设通过制定详细作业指导书,将精度控制要求分解为可操作的步骤与标准。从外业观测的仪器架设高度、观测时段选择,到内业处理的数据预处理方法、平差模型参数设置,均需明确技术要求与操作规范。标准文件需定期修订,及时纳入新技术、新方法,保持流程先进性。关键环节质量检查与验收机制通过设置质量控制点,对数据采集、处理、成果输出等关键环节实施重点监控。检查内容涵盖原始数据完整性、处理过程合规性、成果精度达标性等方面,采用交叉检查、第三方抽检等方式确保检查客观性<sup>[5]</sup>。验收环节需制定量化验收标准,对点位精度、边长相对中误差等指标进行严格比对,对不达标成果启动整改流程,直至满足精度要求后方可交付使用,形成“检查-整改-复验”的闭环管理链条。

#### 结束语

测绘工程精度控制是保障测绘成果质量的关键。通过深入探究理论基础,构建完善技术体系,明确关键环节策略,并落实人员、设备、过程管理保障措施,形成了一套系统有效的精度控制方案。在实际测绘工程中应用这些策略与措施,可显著提升成果精度,为工程建设提供可靠数据支持,推动测绘行业持续发展。

#### 参考文献

- [1]章功海.浅析测绘工程技术精度控制策略[J].建材与装饰,2022,18(15):135-137.
- [2]曾杰.矿山工程中地质测绘工程技术精度控制策略探究[J].世界有色金属,2023(22):32-34.
- [3]崔英良,梁继东,赵晋睿.矿山工程中地质测绘工程技术精度控制策略探究[J].世界有色金属,2022(13):28-30.
- [4]杨凌志.测绘工程技术精度控制策略的探讨[J].城市情报,2022(18):208-210.
- [5]张志生.测绘工程技术精度控制策略探究[J].世界家苑,2022(22):126-128.