

水利水电工程测量误差影响因素及预防措施研究

陈娅娟

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 河北 石家庄 050081

摘要: 水利水电工程测量误差受仪器设备、人为操作、环境条件、测量方法与管理等多因素影响。误差按性质分为系统误差、偶然误差与粗差,在工程中具有累积效应,对设计、施工、结构安全及经济效益影响显著。通过仪器设备管理优化、人员培训与操作规范、环境条件应对、测量方法与技术改进及管理体系完善等预防措施,可有效降低误差,提升测量精度,保障水利水电工程建设质量与安全。

关键词: 水利水电工程; 测量误差; 影响因素; 预防措施

引言: 水利水电工程作为基础设施建设的重点领域,测量工作贯穿于项目规划、设计、施工及运营的全生命周期。测量精度直接影响工程结构安全、施工进度与成本控制。然而,受仪器设备、人为操作、环境条件等多因素影响,测量误差难以完全避免。本文聚焦误差影响因素,提出系统性预防策略,对保障工程测量质量具有重要意义。

1 水利水电工程测量误差基础理论

1.1 误差的基本概念与分类

水利水电工程测量中,误差按性质分为系统误差、偶然误差与粗差。系统误差具重复性与方向性,仪器校准不准、测量方法缺陷都会引发,可通过改进测量手段、校准设备消除或减弱。偶然误差单次观测随机无规律,但大量观测时符合统计规律,有抵偿性,小误差出现概率更高,可通过增加观测次数取平均值降低影响。粗差是错误观测结果,由人员疏忽、操作不当或外界干扰造成,严重影响测量可靠性,需经严格观测流程与数据检核剔除。误差传递规律表明,测量值误差会使计算出的函数值产生误差。在水利水电工程测量中,误差累积效应显著,多次测量的微小误差叠加,可能使最终结果偏离真实值,若不控制,将对工程后续工作造成严重影响。

1.2 误差对工程的影响分析

测量误差与工程设计、施工偏差存在量化关联,设计阶段的测量误差会导致工程设计参数偏离实际,施工阶段的误差则会使建筑物实际位置、尺寸与设计不符,误差积累可能致使工程无法满足设计要求。在结构安全与稳定性方面,误差可能导致大坝基础处理不到位、建筑物受力不均等问题,降低结构承载能力,增加安全隐患,甚至引发溃坝等严重事故。误差还会造成经济效益与社会效益的间接损失。因测量误差导致的工程返工、

工期延误,会增加建设成本;工程质量不达标影响正常运行,降低发电效率、供水能力,损害周边地区生产生活;一旦发生安全事故,更会引发社会负面影响,破坏工程建设的社会形象与公众信任。

2 水利水电工程测量误差的影响因素

2.1 仪器设备因素

仪器精度与稳定性直接决定测量结果的可靠性。水利水电工程测量中,全站仪、水准仪等设备若自身精度不足,将导致观测值偏离真实值^[1]。例如,测距仪的测程限制或角度测量分辨率低,在长距离或高精度测量场景下,会使测量结果出现系统性偏差。仪器稳定性同样关键,部分设备在长时间连续作业后,电子元件易出现温漂现象,造成测量数据波动,影响成果准确性。仪器校准与维护缺失加剧误差累积。测量仪器需定期校准,以确保其性能符合标准。若未按规定周期进行校准,仪器内部参数会随使用时间发生变化,如水准尺的尺长偏差、全站仪的视准轴误差等。日常维护不到位,如仪器清洁不及时、部件松动未修复,会加速仪器老化,降低测量精度,甚至引发故障导致数据错误。仪器使用环境对测量结果干扰显著。温度变化影响仪器材料热胀冷缩,使测量基准发生改变;高湿度环境易造成仪器内部电路受潮,导致电子元件性能下降。强振动环境会使仪器内部精密部件移位,破坏其原有校准状态。在水利水电工程施工现场,设备常暴露于复杂环境,如大坝浇筑区的高温、水库周边的高湿度,都会对仪器测量精度产生不利影响。

2.2 人为操作因素

操作人员技能水平与经验差异导致测量结果离散。测量工作需要掌握专业知识与操作技能,新手因对仪器操作不熟练、测量原理理解不透彻,易产生操作失误。经验丰富的人员在复杂环境下虽能灵活应对,但也可能

因习惯思维忽视新出现的问题。不同操作人员对同一测量任务的处理方式不同,导致测量结果存在差异。观测方法与读数习惯不规范引入误差。测量过程中,仪器架设不稳、对中整平不精确,会造成测量基准偏差;照准目标时,若未准确瞄准特征点,将导致角度和距离测量错误。读数时,估读偏差、视线倾斜等不良习惯,也会使观测值偏离真实值。这些不规范操作在多次测量中反复出现,会使误差不断累积。数据记录与计算人为失误影响成果准确性。记录时笔误、字迹模糊导致数据混淆,或计算过程中公式使用错误、单位换算偏差,都会造成最终测量结果错误。在数据处理环节,若对异常数据处理不当,未按规定进行取舍,也会使误差进一步扩大。

2.3 环境条件因素

自然环境复杂性增加测量难度。水利水电工程多位于地形起伏大、地质条件复杂区域,高山峡谷地形使通视条件受限,增加控制测量难度;河流、湖泊等水域环境,影响水下地形测量精度。气象条件对测量影响显著,大风导致仪器晃动、降水影响视线清晰度,高温或低温环境改变测量基准,这些因素都会干扰测量工作正常开展^[2]。作业环境限制影响测量精度。施工现场交通不便,增加仪器运输和转场难度,可能导致设备碰撞损坏。障碍物遮挡使测量视线受阻,无法按原方案进行观测。电磁干扰环境下,如靠近高压输电线路,会对电子测量仪器产生信号干扰,使测量数据出现异常波动。

2.4 测量方法与技术因素

测量方案设计合理性决定测量精度。若方案未充分考虑工程特点与现场条件,选择的测量方法、控制点布设不合理,将导致测量误差超出允许范围。例如,在地形复杂区域采用常规测量方法,难以满足高精度要求;控制网布设密度不足,无法有效控制误差传递。传统测量技术存在固有局限性。水准测量、钢尺量距等方法受人为因素影响大,劳动强度高且效率低,在长距离、高精度测量中难以满足需求。全站仪等常规设备在复杂环境下作业受限,如夜间或恶劣天气条件下,测量精度和效率显著下降。数据处理与分析方法导致误差积累。数据处理过程中,平差计算模型选择不当、误差分配不合理,会使误差在计算过程中传递放大。对测量数据的分析方法不科学,未有效识别和剔除粗差,也会影响最终成果质量。

2.5 管理因素

测量管理体系不完善影响测量工作规范性。缺乏健全的管理制度,导致测量任务分工不明确、责任落实到位,工作流程混乱。没有统一的技术标准和操作规

范,各作业组测量方法和精度要求不一致,影响成果一致性和可比性。质量控制流程缺失导致误差无法有效控制。测量过程中缺少必要的中间检查和成果验收环节,无法及时发现和纠正测量误差。对测量成果的审核流于形式,未对数据进行严格的质量评定,使不合格成果进入后续环节,造成更大影响。人员培训与考核不足降低测量队伍素质。缺乏系统培训,新员工难以快速掌握测量技术和规范;老员工知识更新不及时,无法适应新技术、新方法要求。考核机制不完善,无法准确评估人员技能水平和工作质量,难以激发员工提升业务能力的积极性,导致测量工作质量不稳定。

3 水利水电工程测量误差的预防措施

3.1 仪器设备管理优化

选用高精度、高稳定性测量仪器是误差防控的基础。水利水电工程的大坝高程测量、地形测绘等作业对精度要求极高,需配置适配设备。如全站仪测角精度达 $0.5''$ 、测距精度 $\pm(1\text{mm}+1\text{ppm})$,水准仪每公里往返测高差中数误差小于 0.3mm ,此类设备可有效降低仪器自身误差。优先选择具备抗环境干扰能力的设备,潮湿环境使用防水防尘等级高的仪器,高温区域采用耐高温型设备,确保测量稳定性。建立仪器定期校准与维护制度是保障仪器性能的关键。明确全站仪、GPS接收机等设备的校准周期,严格按规程送专业机构校准,并留存校准记录。日常维护方面,每次使用后及时清洁仪器表面灰尘、污垢,对光学部件进行除尘处理;定期检查仪器各部件连接情况,确保螺丝紧固、部件无松动;对仪器电池、充电器等配件进行维护保养,保证供电稳定,防止因设备故障引入测量误差^[3]。优化仪器使用环境控制措施能降低外界因素干扰。高温环境下为仪器配备遮阳罩,潮湿环境使用防潮箱存放并加装防水罩,振动区域设置减震装置。根据环境条件调整测量策略,如大风天气缩短观测时间、增加观测次数,减少环境对测量精度的影响。

3.2 人员培训与操作规范

加强测量人员技术培训与考核提升队伍专业水平。新入职人员进行基础理论、仪器操作等系统培训,掌握水准测量、角度测量等基本技能;老员工针对新技术、新规范开展专项培训,如学习GNSS测量技术、无人机测绘方法。建立考核机制,定期对人员进行理论与实操考核,合格方可上岗作业。制定标准化操作流程与规范约束测量行为。编制涵盖仪器架设、观测、记录等环节的操作手册,明确各步骤要点与标准。仪器架设需严格对中整平,观测按规范顺序进行,数据记录字迹清晰、不得涂改,原始数据现场复核签字,减少因操作不规范导

致的误差。推广自动化观测与数据记录技术降低人为误差。采用自动化全站仪、智能水准仪等设备,实现自动照准、测量、记录,减少人工读数、记录环节的误差。引入数据采集软件,自动存储数据并进行初步处理,避免录入错误,同时对数据进行实时质量检查,提高数据准确性。

3.3 环境条件应对策略

开展环境适应性评估与预控提前规避风险。工程测量前,对作业区域地形、气象、电磁环境等进行详细勘察,分析可能影响测量的因素。针对复杂地形制定特殊测量方案,恶劣天气规划备选测量时间,电磁干扰区域评估干扰强度并制定应对措施。选择适宜的测量时间与作业条件减少环境影响。根据气象条件合理安排测量任务,无风、能见度高的时段进行角度和距离测量,避免高温时段进行水准测量。夜间作业配备充足照明设备,水域测量选择水流平稳时段,保障测量安全与精度。采用抗干扰技术降低环境干扰。电磁干扰区域对测量仪器进行电磁屏蔽处理,使用屏蔽线传输数据;大风环境为仪器加装防风装置;雨天作业搭建防雨棚或使用防水仪器,确保设备正常运行和数据准确。

3.4 测量方法与技术改进

科学设计测量方案与网形提升测量精度。根据工程特点和精度要求,合理选择测量方法,如地形复杂区域采用GNSSRTK与全站仪联合测量。优化控制网布设,合理确定控制点数量与位置,采用分级布网方式,有效控制误差传递。引入先进测量技术提高测量效率与精度。应用GNSS技术进行平面和高程控制测量,利用无人机测绘技术快速获取地形数据,采用三维激光扫描技术对建筑物、地形进行快速建模,为工程提供详细数据^[4]。强化数据处理与分析的精度控制确保成果可靠。选择合适的数据处理软件,采用科学的平差方法对测量数据进行严密计算。建立数据质量检查机制,对观测数据进行完整性、准确性检查,剔除粗差;对处理后的数据进行精度

评定,确保成果满足工程要求。

3.5 管理体系完善

建立全过程质量控制体系规范测量管理。从测量方案设计、仪器设备选型、人员配置,到现场测量、数据处理、成果提交,制定各环节质量控制标准和流程。加强过程监督,定期检查测量工作进展和质量情况,确保测量工作全过程受控。实施测量成果的多级复核制度保障成果质量。建立班组自检、项目部复检、公司抽检的三级复核体系。班组完成测量任务后全面检查原始数据与计算过程,项目部复核测量方法与数据准确性,公司抽检关键测量成果,避免误差累积和传递。推行测量质量责任追溯机制强化责任意识。明确测量工作各环节责任人,对测量成果质量实行终身负责制。建立质量追溯档案,记录测量过程中的人员、设备、数据等信息,一旦出现质量问题,可追溯到具体责任人并进行相应处理,确保测量工作质量。

结束语

水利水电工程测量误差防控是一项系统工程,需从仪器设备、人员操作、环境条件、测量方法与管理等多方面入手,采取综合预防措施。通过优化仪器设备管理、加强人员培训与规范操作、应对复杂环境条件、改进测量方法与技术以及完善管理体系,可有效降低测量误差,提高测量成果质量,为水利水电工程建设提供可靠的技术支撑,保障工程安全、高效、优质建设。

参考文献

- [1]荆地.水利水电工程测量误差影响因素及预防办法研究[J].科技创新导报,2022,19(13):3-3.
- [2]林少杰.水利水电工程测量误差影响因素及预防办法研究[J].黑龙江水利科技,2021,49(11):162-163.
- [3]陈志洪.水利水电工程测量误差影响因素及控制点研究[J].黑龙江水利科技,2023,51(10):12-14.
- [4]陈凤文.水利水电工程测量误差影响因素及控制措施[J].建筑工程技术与设计,2024,12(21):149-151.