

数字化测绘技术在水利工程测量中的应用

杨磊 汲姣

天津市水务规划勘测设计有限公司 天津 300200

摘要: 随着智慧水利建设推进,数字化测绘技术成为水利工程测量的核心支撑。本文结合SL/T197-2026规范要求,阐述数字化测绘技术的核心特点与体系,分析其在水利工程控制测量、勘察设计、施工及运维全阶段的具体应用,剖析当前技术应用中的集成不足、人才短缺等问题,提出针对性优化对策,为数字化测绘技术在水利工程测量中的规范化、高效化应用提供参考,助力水利工程高质量发展。

关键词: 数字化测绘技术;水利工程测量;应用

引言:水利工程测量是工程选址、设计、施工及运维的基础,直接决定工程质量与安全。传统测绘技术存在流程繁琐、精度不足、效率低下等弊端,已难以适配大型水利工程与智慧水利发展需求。随着GNSS、无人机航测等技术的迭代,数字化测绘技术凭借高精度、高效率、可视化等优势实现广泛应用,结合新实施的行业规范,深入探究其应用路径与优化策略,对推动水利工程数字化、智能化发展具有重要现实意义。

1 数字化测绘技术核心体系及水利工程测量基础

1.1 数字化测绘技术核心概念与特点

(1) 核心概念:以计算机技术、GNSS、无人机航测等技术为支撑,实现测绘数据的数字化采集、自动化处理、智能化分析及数字化输出,将地理空间信息转化为可复用的数字成果,为工程建设提供精准时空数据支撑的技术体系。(2) 核心特点:精度高,可达到毫米级测量标准;效率高,依托自动化设备大幅缩短作业周期;兼容性强,能与BIM、GIS等系统集成;可视化佳,可生成三维实景模型,便于直观呈现地理信息;数据可共享,实现多部门协同作业。

1.2 水利工程测量核心内容与要求

(1) 核心测量内容:涵盖工程前期地形地貌测绘、施工期控制测量与放样、运行期变形监测,重点包括河道、水库、大坝等构筑物的平面位置、高程、形态及位移变化等数据采集。(2) 测量精度与技术要求:需满足水利工程全生命周期需求,关键部位精度达毫米级;施工期放样误差需控制在规范允许范围内,变形监测需实现实时化、常态化,确保数据真实反映工程运行状态。

1.3 数字化测绘与传统测绘技术对比分析

(1) 技术流程对比:传统测绘流程繁琐,需人工采集、手绘成图,工序复杂;数字化测绘实现全流程自动化,从数据采集到成果输出均由设备与软件协同完成,

流程简洁高效。(2) 精度与效率对比:传统测绘精度受人工操作影响大,效率低下;数字化测绘依托先进设备,精度更高且稳定,作业效率较传统方式提升50%以上。(3) 适用场景对比:传统测绘适用于小型、简单场景;数字化测绘适配大型水利工程、复杂地形及动态监测等场景,能应对水下、高空等复杂作业环境^[1]。

1.4 水利工程测量相关规范依据

(1) SL/T197-2026《水利水电工程测量规范》核心要求:2026年4月7日正式实施,全面替代旧规范,核心要求包括采用2000国家大地坐标系,纳入无人机航测、激光扫描等新技术,明确毫米级精度标准,规范全生命周期测量流程及质量管控要求。(2) 其他相关行业标准与技术规范:包括《水利水电工程安全监测仪器检验与安装规范》《测绘法》相关要求,同时需遵循2000国家大地坐标系使用规范,确保测量成果与国标、行业标准协同统一,适配智慧水利建设需求。

2 数字化测绘技术在水利工程测量中的具体应用

2.1 基础控制测量中的应用

(1) GNSS定位技术的应用:作为基础控制测量的核心技术,GNSS定位技术彻底替代传统人工定位模式,适配水利工程广阔作业区域的测量需求。RTK技术可实现实时动态定位,精度达厘米级,无需繁琐的测站间通视,大幅提升野外作业效率,广泛应用于水库、河道等工程的平面及高程控制测量;PPP技术无需基准站支撑,可实现远距离高精度定位,适用于偏远、复杂地形的控制测量,有效解决水利工程中偏远区域基准站布设困难的问题,保障控制测量的全面性与精度。(2) 数字化水准测量技术的应用:依托电子水准仪、数据采集终端及配套软件,实现水准测量数据的自动采集、实时传输与智能处理,避免传统水准测量人工读数、记录的误差。作业过程中,仪器自动完成读数、检核与数据

存储,可直接导出数字化成果,减少人工整理工作量,同时提升测量精度,满足水利工程基础控制测量中高程控制的严格要求,适用于大坝、渠道等工程的高程控制测量^[2]。(3)控制网布设与复测的数字化实现:借助专业测绘软件,结合工程实际需求,实现控制网的数字化设计、布设与复测。通过软件模拟控制网点位分布,优化布设方案,确保控制网的稳定性与实用性;复测过程中,利用数字化测量设备采集数据,软件自动完成数据比对、误差分析与成果修正,实现控制网复测的高效化、精准化,为水利工程后续测量工作奠定坚实基础。

2.2 水利工程勘察设计阶段的应用

(1)无人机航测技术在地形测绘中的应用:针对水利工程勘察阶段大面积地形测绘需求,无人机航测技术可快速获取测区高分辨率影像,通过数据处理生成DOM、DEM等数字化成果,直观呈现测区地形地貌。相较于传统地形测绘,无人机航测效率提升数倍,可覆盖山地、河道等复杂地形,有效降低野外作业强度,为工程选址、流域规划提供精准的地形数据支撑。(2)三维激光扫描技术在复杂地形勘察中的应用:对于水库库区、河道峡谷等复杂地形,三维激光扫描技术可快速获取地形三维点云数据,精准还原地形起伏与地貌特征,无需接触式测量,避免复杂地形对作业的限制。通过点云数据处理,可生成三维地形模型,清晰呈现隐蔽部位的地形信息,为工程勘察设计提供全面、精准的基础数据,降低勘察设计的风险。(3)倾斜摄影与BIM融合技术在工程设计中的应用:倾斜摄影技术可获取工程区域三维实景模型,结合BIM技术,将实景数据与设计模型融合,实现工程设计的可视化、智能化。设计人员可依托融合模型,直观查看设计方案与实际地形的匹配度,优化大坝、渠道等构筑物的设计参数,减少设计变更,提升工程设计的科学性与合理性,为后续施工提供精准的设计依据^[3]。

2.3 水利工程施工阶段的应用

(1)施工放样的数字化实现:依托GNSS-RTK、全站仪等数字化设备,结合施工设计图纸的数字化数据,实现施工放样的精准化、高效化。通过设备输入设计坐标,可快速完成大坝基础、渠道轴线、闸门位置等关键部位的放样,误差控制在规范允许范围内,避免传统放样人工计算、拉线定位的误差,大幅提升施工放样效率,保障施工精度。(2)施工过程实时监测与动态控制:利用数字化监测设备,对施工过程中的大坝基坑、边坡、渠道等关键部位进行实时监测,采集位移、沉降、倾斜等数据,通过数据传输系统实时反馈至监控平

台。管理人员可实时掌握施工动态,及时发现施工偏差,实现施工过程的动态控制,避免施工隐患,保障工程施工安全与质量^[4]。(3)无人测量船在水下工程测量中的应用:针对水利工程水下地形、水下构筑物的测量需求,无人测量船可搭载测深仪、GNSS定位设备等,实现水下数据的自动化采集。无需人工驾船作业,可在复杂水域、危险区域安全作业,快速获取水下地形高程、水下构筑物形态等数据,生成水下三维模型,为水下工程施工、疏浚工程等提供精准的数据支撑。

2.4 水利工程运维阶段的应用

(1)大坝及边坡变形数字化监测:采用GNSS监测、InSAR技术、自动化测缝计等数字化设备,对大坝、边坡等关键构筑物进行长期常态化监测,实时采集变形数据,通过软件进行数据分析与预警。当变形数据超出预警阈值时,及时发出预警信号,为运维人员提供决策依据,防范大坝溃坝、边坡滑坡等安全风险,保障工程长期安全运行。(2)水域环境与淤积情况的数字化监测:利用无人机航测、水下测深仪、水质监测设备等,实现水域环境与淤积情况的数字化监测。通过无人机航测查看水域范围、水面状况,利用水下测深仪监测淤积厚度与分布,结合水质监测数据,全面掌握水域环境变化与淤积情况,为水库清淤、水资源保护、水环境治理提供精准数据支撑。(3)数字孪生水利平台的应用实践:整合各阶段数字化测绘数据,构建数字孪生水利平台,实现水利工程的全生命周期数字化管理。平台可直观呈现工程实景、监测数据、运行状态等信息,实现监测数据的实时分析、模拟仿真与智能决策,助力运维人员高效开展运维工作,提升水利工程运维的智能化水平,推动智慧水利建设^[5]。

3 数字化测绘技术在水利工程测量应用中的问题与优化对策

3.1 应用过程中存在的主要问题

(1)技术集成与数据异构问题:当前水利工程测绘中,各类数字化技术及设备多独立应用,缺乏高效集成机制,GNSS、无人机航测、三维激光扫描等技术的数据格式不统一,存在数据异构现象。不同系统间数据无法顺畅共享,易出现数据冗余、缺失或冲突,导致测绘成果利用率降低,难以形成全流程一体化的数据支撑体系,影响工程各阶段协同作业效率。(2)专业人才短缺与技能不足问题:数字化测绘技术融合了测绘、计算机、水利工程等多领域知识,对从业人员综合技能要求较高。目前行业内兼具专业理论与实操能力的复合型人才短缺,部分工作人员对新型设备操作不熟练,对数据

处理软件、BIM融合技术的应用能力不足，难以充分发挥数字化测绘技术的核心优势，制约技术应用效果。（3）数据安全与规范应用问题：水利工程测绘数据涉及工程选址、构筑物参数等核心信息，部分单位缺乏完善的数据安全管理机制，存在数据泄露、篡改、丢失等风险。同时，部分作业人员未严格遵循SL/T197-2026等规范要求，数据采集、处理、存储的流程不规范，导致测绘成果精度不达标，影响工程设计、施工及运维的科学性。

（4）装备投入与成本控制问题：数字化测绘装备（如无人机、三维激光扫描仪、高精度GNSS设备）造价较高，且需定期维护、更新，对中小型水利工程单位而言，前期装备投入压力较大。部分单位为控制成本，未及时更新老旧设备，导致测量精度和效率下降；同时，装备运维管理不规范，进一步增加了后期使用成本。

3.2 针对性优化对策

（1）完善技术集成与数据融合机制：建立统一的数据标准和接口规范，推动各类数字化测绘技术与BIM、GIS系统深度集成，实现不同格式数据的无缝对接与共享。引入专业数据融合软件，对多源测绘数据进行整理、校验与整合，消除数据冗余和冲突，构建全生命周期一体化数据管理平台，提升数据利用率和协同作业效率。（2）加强专业人才培养与技能培训：搭建校企合作、岗位培训相结合的人才培养体系，定向培养兼具测绘与水利专业知识的复合型人才。定期组织从业人员开展新型设备操作、数据处理软件应用等技能培训，邀请行业专家进行指导，提升工作人员的综合技能水平，确保数字化测绘技术得到充分应用。（3）健全数据安全管理与规范应用体系：建立健全数据安全管理制度，明确数据采集、存储、传输、使用各环节的安全责任，采用加密存储、权限管控等技术手段，防范数据安全风险。

加强规范宣传与执行监督，要求作业人员严格遵循相关行业规范，规范测绘流程，建立成果质量审核机制，确保测绘数据精准、合规。（4）优化装备配置与成本管控方案：结合工程实际需求，科学配置数字化测绘装备，避免盲目投入，对中小型单位可采用装备租赁、共享合作等模式，降低前期投入成本。建立装备定期维护、更新机制，加强运维管理，延长装备使用寿命，降低后期运维成本；同时，优化作业流程，提高装备使用效率，实现成本与效益的平衡。

结束语

数字化测绘技术的应用，彻底革新了水利工程测量模式，有效弥补了传统测绘的不足，为水利工程全生命周期提供了精准、高效的时空数据支撑。结合SL/T197-2026规范要求，解决技术集成、人才短缺等应用难题，持续优化技术应用策略，可推动数字化测绘与水利工程深度融合。未来，随着技术不断迭代，需进一步强化技术创新与实践应用，助力智慧水利建设，为水利工程高质量发展注入持久动力。

参考文献

- [1]罗娟.浅析数字化测绘技术在工程测量中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024,21(02):169-171.
- [2]刘佳城.数字化测绘技术在大型水利工程中的应用研究[J].水利技术监督,2023,5(10):64-66.
- [3]普正雪.数字化测绘技术在工程测量中的应用研究[J].科技资讯,2023,21(13):113-116.
- [4]陈伟.数字化测绘技术在工程测量中的应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2024,10(07):52-54.
- [5]王全民.水利工程测量中数字化测绘技术的应用[J].水上安全,2024,8(10):92-94.