

数字化测绘技术在水利工程测量中的应用策略

曹小伟, 张书萍, 梁居明

贵港市润港工程勘察设计有限责任公司, 广西 贵港 537100

DOI:10.61369/ERA.2025110039

摘 要 : 本文聚焦数字化测绘技术在水利工程测量中的应用策略, 旨在解决传统勘测效率低、精度差、管理依赖经验等痛点。文章概述了其核心技术体系, 并结合规划、施工、运营全生命周期提出应用策略, 规划阶段构建“工程规划一张图”实现方案量化比选; 施工阶段通过高精度放样、实时监测与 BIM 协同打造动态管控体系; 运营阶段搭建“空天地一体化”监测网络, 依托 AI 实现智能预警与优化调度。同时从标准规范、人才培养、数据安全与共享、投入效益评估四方面提出保障措施, 并针对技术集成、数据异构等挑战给出应对策略。研究表明, 该技术能显著提升勘测精度、施工效率与运营安全性, 为工程全生命周期的科学决策与效益最大化提供关键支撑。

关 键 词 : 数字化测绘技术; 水利工程测量; 水利工程全生命周期; BIM 技术

Application Strategies of Digital Surveying and Mapping Technology in Water Conservancy Project Surveying

Cao Xiaowei, Zhang Shuping, Liang Juming

Guigang City Rungang Engineering Survey and Design Co., Ltd., Guigang, Guangxi 537100

Abstract : This paper focuses on the application strategies of digital surveying and mapping technology in water conservancy project surveying, aiming to address pain points such as low efficiency, poor accuracy, and experience-dependent management in traditional surveying methods. The paper outlines its core technological framework and proposes application strategies throughout the entire lifecycle of water conservancy projects, including planning, construction, and operation. During the planning phase, a "unified engineering planning map" is constructed to enable quantitative comparison and selection of schemes. In the construction phase, a dynamic control system is established through high-precision setting-out, real-time monitoring, and BIM collaboration. During the operation phase, an "air-space-ground integrated" monitoring network is established, leveraging AI for intelligent early warning and optimized scheduling. Meanwhile, safeguard measures are proposed from four perspectives: standards and norms, talent development, data security and sharing, and investment benefit evaluation. Additionally, strategies are offered to address challenges such as technology integration and data heterogeneity. Research indicates that this technology can significantly enhance surveying accuracy, construction efficiency, and operational safety, providing crucial support for scientific decision-making and benefit maximization throughout the entire lifecycle of water conservancy projects.

Keywords : digital surveying and mapping technology; water conservancy project surveying; full lifecycle of water conservancy projects; BIM technology

引言

随着卫星导航、无人机遥感、三维激光扫描、物联网及人工智能等技术的发展, 数字化测绘技术已形成“空天地一体化”的数据采集与智能决策体系, 为水利工程测量提供了高精度、高效率的解决方案。当前如何将其与水利工程规划、建设、运营全生命周期深度融合, 并破解技术集成难、标准不统一、人才短缺等落地障碍, 是推动工程数字化转型的关键。鉴于此, 本文系统梳理核心技术体系, 针对工程各阶段提出应用策略, 并从标准规范、人才培养、数据安全、效益评估等方面给出保障措施与挑战应对路径, 旨在为技术的规模化、规范化应用提供参考, 助力水利工程实现从“经验管控”向“数据智能”的跨越式发展。

一、数字化测绘核心技术体系概述

（一）空间数据采集技术

数字化测绘技术是一种利用现代化仪器设备和计算机技术，将地理信息转化

为数字形式进行处理分析的测绘方法。相较于传统的测绘技术，数字化测绘技术具有诸多优势^[1]。数字化测绘通过自动化、高精度设备高效获取水利工程所需的多维信息，解决了传统人工采集效率低、精度差、风险高等问题。GNSS 技术依托北斗、GPS 等卫星实现厘米至毫米级定位，静态 GNSS 用于高精度控制网，RTK 技术用于实时放样与监测，效率是传统方法的 3-5 倍^[2]。无人机航测搭载相机或激光雷达，快速生成 DOM、DSM 等成果，一天可覆盖数十平方公里，LiDAR 能穿透植被获取地表信息，适用于大范围地形测绘、隐患识别和库区淤积监测。三维激光扫描通过发射激光生成高密度点云，精度达毫米至厘米级，可无接触获取大坝、水闸等复杂结构的精细三维模型，用于施工质量管控和运营期变形监测^[3]。物联网感知技术通过布设水位、渗压等传感器，实时采集并无线传输动态数据，精度高、更新快，用于水库、河道及灌区的水位、渗流、流量和墒情的实时监控。

（二）数据处理与建模技术

采集的多源数据因格式、精度和冗余问题，需经专业处理与建模，转化为结构化、可视化的工程信息，以连接数据采集与智能决策。数据预处理通过坐标转换、去噪和融合，实现多源数据的标准化与一体化，解决了数据独立、无法复用的问题，使同一数据集能服务于多种工程应用^[4]。在此基础上，三维建模与可视化技术构建工程的数字孪生体，其中 BIM 技术整合几何、属性与监测信息，形成信息富集模型，促进多方协同；DEM/DTM 则将离散地形点转化为连续高程网格，用于洪水模拟与风险评估^[5]。数据可视化技术通过 WebGIS 和数字孪生平台，将复杂模型与实时数据转化为直观的图表与地图，支持在线查询、实时监控和方案模拟，为工程管理与决策提供直观依据。

（三）智能分析与决策支持技术

基于处理后的结构化数据与三维模型，结合大数据与人工智能技术挖掘数据规律，是数字化测绘创造价值的核心环节，推动水利工程管理从经验判断向数据驱动转型^[6]。大数据分析技术通过关联历史与实时数据，挖掘隐藏规律，如在灌区管理中预测灌溉需求，或在水库管理中分析淤积规律以指导清淤规划。AI 算法则利用机器学习和深度学习构建预测与识别模型，实现自动化风险预警与状态评估。决策支持系统整合分析结果、AI 模型与专业知识，形成“多方案对比 - 风险评估 - 最优推荐”的决策流程，如在水库调度中自动生成多种泄洪方案并评估其风险与效益，或在堤防维护中划分风险等级并推荐维护措施，最终输出可视化方案，为科学决策提供依据。

二、数字化测绘技术在水利工程全生命周期的应用策略

（一）规划设计阶段的应用策略

规划设计是水利工程的“蓝图绘制期”，数字化测绘技术通过构建“数据驱动的决策体系”，解决了传统勘测数据碎片

化、方案比选粗放、依赖经验的问题^[7]。先通过融合无人机航测、GNSS、三维激光扫描及 IoT 监测等多源数据，构建覆盖“地形 - 地质 - 水文”的“工程规划一张图”基础数据库，为方案筛选提供直观的可视化依据。其次依托三维建模技术，基于 DEM/DTM 进行水文分析，并结合 BIM 技术将设计要素嵌入地形模型，直观呈现工程与环境的耦合关系，实现多方案的工程量、成本与效果量化对比^[8]。最后利用大数据与 AI 技术评估工程可行性，通过分析历史水文数据模拟不同工况下的淹没损失与发电效益，计算“减灾效益 - 投资比”或投资回报率，为防洪标准确定和方案经济性评估提供量化支撑，确保规划方案兼具技术可行性与经济合理性。

（二）施工建设阶段的应用策略

施工建设是水利工程的“实体落地期”，数字化测绘技术通过构建“实时感知、动态调整的建造管控体系”，解决了放样精度低、质量管控难、进度协同低效的痛点，实现从按图施工到按数据施工的转变。利用 GNSS-RTK 技术进行高精度实时放样，并结合三维激光扫描将现场点云与 BIM 设计模型对比，实时调整参数，保障复杂结构的施工精度^[9]。通过“定期扫描 + 实时监测”的双重机制管控质量，利用三维激光扫描定期比对实体与设计模型的偏差，同时布设 IoT 传感器实时监测沉降与渗流，及时预警并调整施工，防止后期返工或破坏。依托 BIM 协同管理平台优化进度，将进度计划与模型关联，实现工程量、质量验收与设计变更的实时同步，直观识别关键线路延误并动态调整资源配置，避免进度连锁反应，提升整体施工效率。

（三）运营管理阶段的应用策略

运营管理是水利工程发挥效益的“长期服务期”，数字化测绘技术通过构建“全维度感知、智能预警、优化调度的全寿期管理体系”，解决了安全监测滞后、病害预警不及时、调度依赖经验的问题^[10]。构建“空天地一体化”实时监测网络，通过无人机航测、三维激光扫描和 IoT 传感器网络，实现对库区淤积、结构变形、水位渗流等状态的全面、动态感知，数据实时汇聚至平台，克服传统巡检的局限。依托 AI 驱动的疾病诊断与预警技术，利用深度学习模型分析长期监测数据，自动识别变形、渗流等异常趋势并提前预警，结合图像识别检测设备隐性故障，实现风险的提前管控。通过数据驱动优化调度与预防性维护，结合墒情、气象等数据生成精准灌溉方案以节约水资源，关联 BIM 与设备台账预测故障并制定维护计划，并通过决策支持系统综合评估多种调度方案，实现防洪、发电、灌溉等多目标的协同优化，最大化工程全寿命周期的综合效益。

三、应用策略实施的保障措施与挑战应对

（一）标准规范体系建设

标准不统一是制约数字化测绘规模化应用的核心瓶颈，易导致“数据孤岛”与“质量失控”等问题，因此需构建覆盖“数据 - 技术 - 应用”全流程的标准规范体系。制定统一的数据标准，明确空间基准、数据格式和不同场景的采集精度要求，确保数据准确、可共享、能复用。完善技术应用规范，针对无人机航测、BIM 应用、三维激光扫描等具体场景制定详细的操作流程与质量检验标准，使技术应用有章可循。建立标准动态更新机制，定期评估并吸纳北斗、AI、数字孪生等新技术应用经验，将成熟实践

纳入规范，避免标准滞后于技术发展，确保其时效性与前瞻性。

（二）人才培养与团队建设

数字化测绘技术的应用依赖“懂水利、通测绘、会 IT”的复合型人才，而当前行业人员对新技术掌握不足，存在“设备买得起、用不好”的困境。因此需构建分层分类的人才培养体系。针对一线操作层开展技术实操培训，联合设备厂商进行“理论 + 现场实操”教学，并开展软件应用培训，确保人员能熟练操作设备、准确采集和处理数据。针对技术骨干层开展复合型能力培养，通过高校定向课程、跨专业项目实践和专业认证，培养能衔接工程需求与技术应用的中间力量，提升其数据融合与智能分析能力。搭建行业交流与知识共享平台，定期举办研讨会分享实践经验，并建立内部知识库沉淀案例与解决方案，形成“培训 - 实践 - 交流 - 沉淀”的人才培养闭环，为技术应用提供持续的人才支撑。

（三）数据安全与共享机制

水利工程数据涉及工程安全与国家安全，需在“安全保障”与“数据共享”间找到平衡，构建“安全可控、高效共享”的数据管理体系。在安全保障方面，技术上采用全生命周期加密、精细化访问控制和双备份机制；管理上制定安全管理办法，明确责任主体，定期审计并建立应急预案，确保数据安全“责任到人、管控到位”。在数据共享机制方面，由水利部门牵头建设统一数据共享平台，整合辖区内各类数据，并制定分级共享规则，非涉密数据开放共享，涉密数据仅对授权单位开放。同时打通各单位数据接口，实现“一次采集、多次复用”，避免重复勘测，并通过激励机制鼓励数据上传，打破“数据私有”壁垒，让数据成为支撑工程全生命周期管理的核心资源。

（四）投入与效益评估

为推动数字化测绘技术应用，需科学控制成本并多维度评估效益，以解决部分单位对“投入高、回报不明确”的顾虑。成本控制上，坚持“实用优先、性价比导向”，优先选择适配的国产设备，对低频设备采用“租赁 + 共享”模式，并选用开源或国产低成本软件。效益评估方面，构建“经济 - 社会 - 生态”多维度体系，经济效益上，量化技术带来的成本节约（如 BIM 减少返工）和效率提升（如 GNSS 缩短工期）；社会效益上，评估其对工程安全和公共

安全的提升；生态效益上，测算其在减少生态干扰和节约资源方面的贡献。通过清晰的效益量化，展现技术的长期价值，增强投入意愿，形成“投入 - 效益 - 再投入”的良性循环。

（五）面临的挑战与对策

尽管数字化测绘技术在水利工程中优势显著，但实际落地仍面临技术集成难、数据异构、投入压力大、人员技能不足等挑战，需针对性制定对策以突破瓶颈。针对技术集成难，应推动“产学研用”协同攻关，联合开发一体化应用平台，优先选择开放接口设备与软件，实现数据自动流转与技术无缝衔接。针对数据多源异构，需严格执行标准规范体系，统一数据格式与空间基准，并引入数据中台技术自动化完成数据清洗、转换与融合，提升效率与准确性。针对前期投入高，政府可出台补贴政策降低单位压力，推广集约化应用模式，由地方统一采购设备提供租赁或外包服务，分摊成本。针对人员技能不足，应强化校企合作培养，引入外部技术服务带动内部技能提升，逐步实现自主应用。针对标准滞后，需建立快速修订机制，通过试点工程总结经验并快速转化为行业规范，确保新技术应用有据可依。通过系统应对这些挑战，扫清技术应用障碍，推动数字化测绘技术在水利工程中规模化、规范化落地。

四、结束语

本文系统梳理了数字化测绘核心技术体系，明确了 GNSS、无人机航测、三维激光扫描、物联网及 AI 的协同作用，构建了从数据采集到决策支持的完整技术链条。针对水利工程规划、建设、运营三阶段的痛点，提出了“数据驱动规划”“动态建造管控”“全维度智能运维”的差异化应用策略，并从标准、人才、数据安全、效益评估四方面建立了落地保障体系。未来该技术需与 5G、边缘计算、区块链等深度融合，突破“实时感知 - 智能分析 - 自主决策”闭环瓶颈，推动水利工程从“被动管控”向“主动预见”升级。

参考文献

- [1] 高超. 数字化测绘技术在水利工程测量中的应用 [C]//2024(第十二届)中国水利信息化技术论坛论文集. 2024:1-4.
- [2] 杨李. 数字化测绘技术在水利工程测量中的应用研究 [J]. 河南水利与南水北调, 2023, 52(9): 98-99. DOI: 10.3969/j.issn.1673-8853.2023.09.053.
- [3] 代双飞, 刘蒂鸿. 数字化测绘技术在水利工程测量中的应用 [J]. 中国科技投资, 2018(1): 15. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5811.2018.01.010.
- [4] 陶震. 数字化测绘技术在水利工程测量中的应用 [J]. 百科论坛电子杂志, 2020(13): 1855. DOI: 10.12253/j.issn.2096-3661.2020.13.3958.
- [5] 张峰. 数字化测绘技术在水利工程测量中的应用研究 [J]. 科技资讯, 2022, 20(16): 81-83. DOI: 10.16661/j.cnki.1672-3791.2202-5042-5719.
- [6] 杨建虎, 崔凯. 数字化测绘技术在水利工程测量中的应用 [J]. 中国新技术新产品, 2021(20): 117-119. DOI: 10.3969/j.issn.1673-9957.2021.20.037.
- [7] 刘怡清. 数字化测绘技术在水利工程测量中的应用研究 [J]. 中国新技术新产品, 2017(15): 92-93. DOI: 10.3969/j.issn.1673-9957.2017.15.058.
- [8] 王巍. 数字化测绘技术在水利工程测量中的应用 [J]. 科学与信息化, 2022(13): 34-36.
- [9] 周易成. 数字化测绘技术在水利工程测量中的应用 [J]. 黑龙江科学, 2021, 12(8): 110-111. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8646.2021.08.048.
- [10] 闫冬. 探究数字化测绘技术在水利工程测量中的应用 [J]. 中国高新区, 2018(24): 222.