

中小型水利勘察项目三维数字化应用

江金涛¹ 崔学品²

1 长江岩土工程有限公司

2 长江勘测规划设计研究有限责任公司

DOI:10.32629/btr.v8i12.5191

[摘要] 本文结合中小型水利勘察现场实操特征,梳理三维数字化技术在水利勘察中的应用思路与落地步骤,对比传统勘察模式存在的各类短板,划定该技术适配中小水利工程的适用场景。文章分别从技术架构搭建、现场工序优化、数据整合处理、配套保障举措四方面展开分析,将数字化手段贯穿地形测绘、地质勘探、数据汇总、报告编制全流程,破解中小水利传统手段勘察耗时久、资料零散、成果难以二次利用等现实难题,为一线基层水利勘察数字化升级提供可直接落地的实践依据。

[关键词] 中小型; 水利; 勘察项目; 三维; 数字化应用

中图分类号: TV221.2 文献标识码: A

Three-Dimensional Digital Applications in Small and Medium-Sized Water Conservancy Survey Projects

Jintao Jiang¹ Xuepin Cui²

1 Changjiang Geotechnical Engineering Co., Ltd.

2 Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research Co., Ltd.

[Abstract] Based on the practical characteristics of small and medium-sized water conservancy survey projects, this paper systematically analyzes the application approaches and implementation procedures of three-dimensional digital technologies in water conservancy surveys, compares the limitations of traditional survey methods, and identifies applicable scenarios for such technologies in small and medium-sized water conservancy projects. The study focuses on four aspects: technical architecture development, field process optimization, data integration and processing, and supporting measures. Digital technologies are integrated throughout the entire survey process, including topographic surveying and mapping, geological exploration, data compilation, and report preparation, addressing practical problems associated with traditional survey methods, such as long survey periods, fragmented data, and difficulties in secondary utilization of survey results. The study provides practical guidance for the digital transformation and upgrading of grassroots water conservancy survey work.

[Key words] small and medium-sized projects; water conservancy; survey projects; three-dimensional technology; digital application

引言

勘察作为水利工程设计、施工的基础环节,直接影响了工程整体建设品质与实施成效。如今大型水利工程数字化建设已日趋成熟,而量大面广、点位零散的中小型水利勘察依旧依靠以传统方法为主,其数据采集、归档、传输手段落后,难以契合行业精细化、数字化发展需求。推广三维数字化技术落地中小水利勘察,可革新作业方式、统筹各类勘察数据,补齐基层数字化薄弱环节,是水利行业数字化转型的重要一环。

1 中小型水利勘察传统作业现状

中小型水利工程涵盖中小流域整合政治、农田水利提质改造、小型闸泵新建、村镇饮水改造等项目,工程点位零散,单项工程量不大,施工工期不长。勘察场地多分布在山野、乡间沟谷,地形起伏大,勘察野外作业条件差。现阶段国内这类水利勘察多依靠人工现场作业,实地人工测取数据、纸质台账留存资料、手工绘制二维图纸,其传统勘察手段沿用多年,工作模式更新滞后^[1]。在数据采集阶段,现场作业仅依托水准仪、全站仪等常规设备开展单点测量,获取的地形、地质数据较为片面,无法完整覆盖作业区域的整体空间信息。场地微地形起伏、隐蔽地质层

等关键细节数据难以采集留存,数据盲区较多。同时,野外作业极易受天气环境、作业时长、人员操作熟练度等人为和外界因素干扰,经常出现数据偏差、漏测、错记等问题,导致原始勘察数据质量参差不齐,完整性和准确性无法保障。勘察数据整理及落地应用环节,相关资料大多分开存放,纸质登记册、电子表格、平面图纸各自独立归档,地形、水文、地质资料互不连通,难以统一归集调用。一线人员只能手工归集分散资料、手绘图纸、编制勘察报告,整套流程步骤繁多,耗费大量人力,整体工作推进缓慢。同时传统平面资料只能反映二维信息,不能直观呈现现场地势与地层分布,设计人员很难掌握现场真实条件,常会出现设计方案和现场条件不匹配的问题,额外产生施工调整支出。

2 中小型水利勘察三维数字化应用基础

2.1 三维数字化应用适配条件

三维数字化技术可适配中小型水利勘察项目的轻量化作业需求,区别于大型水利项目的全套数字化设备配置,中小型项目可依托轻量化、便携式数字化设备开展作业,设备采购、运维成本更低,适配基层勘察单位的资金配置标准。中小型水利勘察作业区域地形复杂度、数据采集体量相对可控,三维数字化数据处理流程可简化适配小型项目需求,无需搭建大型数据处理平台,普通办公设备即可完成基础数据处理与模型搭建工作。当前水利行业数字化配套技术持续普及,各类轻量化三维建模、数据采集软件操作门槛逐步降低,基层勘察人员经过基础培训即可掌握核心操作流程,解决了传统数字化技术操作复杂、人才适配不足的问题^[2]。中小型水利项目建设频次高、项目类型同质化明显,三维数字化作业形成的标准化数据模板、模型模板可重复复用,能够持续降低后续同类项目的勘察作业成本,适配中小型水利勘察规模化、常态化的作业特点。三维数字化技术的应用适配性,可有效解决传统勘察作业成本高、效率低、标准化不足的核心问题,为技术全面落地提供基础支撑。

2.2 核心数字化设备适配特性

适配中小水利勘察的三维数字化仪器,整体轻巧节能、上手门槛低,完全适配野外各类复杂工况,契合小型水利工程机动施工、短时作业的现实要求。小型无人机航测器材体积轻便,操作人员简单培训即可上手,能快速完成河道、丘陵、农田等区域大面积地形影像拍摄,解决人工实地踏勘难以抵达复杂地貌的难题。三维激光扫描仪可快速生成场地点云资料,清晰还原微地貌与地层细部构造,改善传统单点测量精度差、数据覆盖不全的短板,让勘察成果更精细。便携GNSS定位仪输出高精度坐标,统一影像、点云数据空间基准,保证各类测绘资料位置匹配。整套设备调试流程简单,前期准备耗时短,适配小型工程紧凑工期,搭配实时回传数据功能,规避纸质记录遗失、转抄出错等情况,切实提高野外勘察效率与数据可靠性。

2.3 三维数字化应用核心优势

三维数字化手段可全面理顺中小型水利工程勘察全流程,搭建涵盖数据采集、加工存档、成果落地的完整数字化工作链

条。对比传统勘察方式,这套技术的数据采集能力更为突出,借助各类专业数字设备,能完整覆盖施工片区,精准测绘地形、地层、水文等空间资料,消除人工勘测遗留的观测死角,保证原始勘测资料完整可靠。数据加工环节依托系统自动对点云、航拍影像、定位信息做整合校正,省去大量手工整理工作,缩短数据处理周期,降低人为操作带来的数据误差。输出的三维模型能够实景复刻现场实况,直观展示地势、地层分层、河道分布等细节,弥补二维图纸表达局限^[3]。全部勘测资料统一存入云端,便于随时调取、协同共享与二次使用,减少重复勘测,切实提高水利勘察整体效率与各类勘测资源利用水平。

3 中小型水利勘察三维数字化具体应用路径

3.1 全域勘察数据数字化采集

全域勘察数字化采集是中小型水利三维勘察的基础。借助轻便数字化勘测仪器,不再采用传统纸质人工记录方式,对施工区域实施全维度、全要素信息采集,完整涵盖地形、地质、水文、场地环境等勘察关键内容,适配农田水利、乡村供水、小型河道整治等小微水利项目。地形勘测阶段采用无人机低空航测结合三维激光扫描作业。无人机拍摄全域高清地面影像,扫描仪采集高密度点云,完整还原地势起伏、地表建筑植被、微地形细节,做到场地勘测全覆盖、无遗漏。地质数据采集以便携式勘探设备为载体,搭配现场数字化实时记录方式,在野外地层探测、岩土取样、隐患排查作业过程中,即时录入地层分层、岩土类型、岩层构造、地质缺陷等关键数据,同步匹配精准空间坐标,让各类地质数据与实地空间位置精准对应,保障地质信息的准确性。水文数据则整合现场智能监测设备的实时数据,系统收集区域水位、水流流速、蓄水量及汛期水文动态变化等数据,统一归集至数字化采集系统完成归档。所有野外勘测数据均通过移动终端实时上传、自动分类汇总,彻底解决传统人工记录、后期转录带来的漏记、错记、数据滞后等问题,有效保障水利勘察原始数据的真实完整、精准有效,为后续数据处理、三维模型搭建及工程分析提供扎实可靠的数据支撑。

3.2 勘察数据一体化处理整合

完成野外数字化数据采集后,需通过专业化轻量化数据处理软件,开展勘察数据一体化处理与整合工作,实现多源数据的统一标准化处理。首先开展原始数据预处理,对航测影像、点云数据、地质水文监测数据进行清洗,剔除野外作业中产生的无效数据、噪点数据、偏差数据,筛选有效勘察数据,保障基础数据质量。针对不同类型、不同格式的多源勘察数据,开展格式统一化处理,将影像数据、点云数据、文本数据、监测数据转换为统一的数字化格式,解决多源数据格式不统一、无法对接的问题。其次完成数据空间匹配校准,依托GNSS定位坐标基准,将各类勘察数据精准映射至统一的空间坐标系中,实现地形数据、地质数据、水文数据的空间关联对接,打破传统数据碎片化的存储模式。完成数据校准后,开展数据分类整合归档,按照地形勘察、地质勘察、水文勘察、场地勘察等不同勘察维度,对处理后的数字化数据进行分类梳理,建立标准化数据台账^[4]。同时对数据进行

结构化处理,明确各类数据的属性、参数、空间位置信息,形成体系化的数字化数据库。整个数据处理流程依托软件自动化运算为主、人工校核为辅的模式开展,减少人工干预环节,降低数据处理误差。标准化的数据整合成果,可直接用于三维模型搭建、勘察成果编制,同时为后续数据复用、数据共享、项目复盘提供标准化数据资源,全面提升中小型水利勘察数据的利用效率。

3.3 三维勘察模型搭建与优化

本次项目三维勘察模型搭建,全部基于标准化处理后的中小型水利工程实地勘察实测数据实施,围绕项目全域勘察范围搭建数字化立体模型,真实还原施工现场空间布局与地形地貌特征。本次建模工作主要分为地表实景模型和地下地质结构模型两大板块,全面囊括工程勘察涉及的地表风貌、地下地层结构、地质隐患缺陷等关键核心勘察要素,补齐传统勘察工作的可视化短板。地表实景模型依托现场航拍影像、激光点云实测数据,通过专业建模软件完成数据拟合与地形重构,精细还原勘察区域地形起伏态势、河道整体走向、地表植被覆盖情况以及场地既有建(构)筑物的分布位置,完整复刻施工现场地表原始样貌。地下地质模型则依托项目钻孔记录、分层勘测数据、岩层物理参数及不良地质点位排查资料,遵循地层自然分布规律分层搭建实体模型,清晰展现不同深度土层、岩层的分布特征,直观呈现各类隐蔽地质问题,解决了传统二维图纸立体感差、地质研判不够直观的问题。模型初建完成后,针对坐标偏移、细节缺失、纹理失真等常见问题开展精细化优化整改,逐项校准模型各项参数,保障模型空间形态、数据信息与施工现场高度契合。同时结合中小型水利工程特性,剔除模型冗余数据,保留地形、地质、水文等核心勘察内容,减轻模型运行负荷,适配基层办公设备使用条件。最终实现模型与原始勘察数据联动互通,可随时调取场地各点位详细参数,为工程方案设计、现场工况研判、施工工艺优化提供精准直观的数字化支撑。

3.4 数字化勘察成果输出与应用

中小型水利工程采用三维数字化勘察作业模式,摒弃了传统勘察依托纸质资料、二维平面图纸的单一成果输出形式,完成了勘察工作的数字化升级,让勘察成果能够多维度、全场景落地应用。该模式依托实景三维场地模型和规范化勘察数据库开展工作,可高效完成标准化勘察报告、施工图纸、全域数据台账等全套工程资料的整编工作,大幅降低人工汇总、编写与校对的工

作压力,切实提升勘察成果的编制效率和数据准确度,整体作业质量远高于传统人工勘察方式。本次整编的数字化勘察报告,搭载三维模型访问通道与原始数据溯源路径,实现文字说明、现场三维实景、勘察原始数据的精准对应和联动查询,从源头保障勘察成果的真实性与可靠性,大幅提升成果的专业性和可追溯性^[5]。配套输出的二维图纸严格契合水利工程设计、项目报审、资料归档的行业标准,兼容传统办公及施工报审流程,可根据工程建设实际需求实时调整、动态更新,有效解决了纸质图纸修改繁琐、重复绘图、版本混乱、废弃浪费等常见工程难题。所有数字化勘察成果统一存入云端数据库,实现永久保存、随时调阅、线上协同共享,彻底改善纸质资料易损毁、易遗失、调取不便的短板。该套成果可贯通工程设计、施工交底、场地分析、后期运维等全建设周期,助力技术人员精准掌握现场工况,优化设计方案,缩减施工偏差。

4 结语

中小型水利勘察推行三维数字化手段,是基层水利数字化升级的关键一环,能切实化解传统勘察效率偏低、数据精度不足、资料难复用、过程难监管等各类短板。借助便携勘测设备、统一数据处理规范、三维模型搭建与数字成果落地整套流程,重塑现场勘察模式,规范作业标准、压缩经费投入、盘活存量勘察数据。今后还要完善适配中小水利工程的数字化作业规范与配套机制,加快技术大范围落地,夯实水利基层数字化建设根基。

【参考文献】

- [1]周冬冬,徐齐行,鄢宇航.水利水电三维地质勘察数字化平台设计与实现[J].水电与新能源,2025,39(12):5-9+40.
- [2]彭媛媛,李小州,张萍.三维数字化技术在抽水蓄能电站地质勘察中的应用[J].水利水电快报,2025,46(2):46-51.
- [3]王乃龙.数字孪生技术在水利水电工程地质勘察中的应用研究[J].陕西水利,2025(11):119-121.
- [4]冷浩.数字化模拟技术在水利水电工程中的信息化应用研究[J].水上安全,2025(16):10-12.
- [5]李庆博.水利水电工程三维数字化设计平台建设与应用[J].科技视界,2024,14(14):43-45.

作者简介:

江金涛(1991--),男,汉族,湖北人,硕士研究生,工程师,环境地质与工程地质。