

大数据背景下工程测量数据处理及精度提升方法探析

李 傲

北斗数云(天津)科技有限公司 天津 300041

摘 要:传统工程测量数据处理模式算力有限、精度管控薄弱,难以适配复杂工程多源海量数据的处理需求。本文结合大数据技术架构与工程测量作业特征,搭建适配性测量数据处理体系,梳理多源数据结构特征与全流程流转模式,规范数据标准化处理流程。依托大数据溯源、智能算法修正、多层级校核等技术,搭建系统化精度提升体系,解决各类工况下的测量误差问题。结合工程全周期应用场景,优化复杂工况数据处理方案与系统运维模式,推动工程测量作业向数字化、高精度化转型,为基建工程测量质量管控提供技术参考。

关键词:大数据;工程测量;数据处理;精度提升;数字化管控

引言:数字化基建进程持续推进,现代工程建设呈现规模化、复杂化、精细化发展特征,工程测量采集的数据体量、类型维度大幅拓展。传统测量手段处理效率偏低,误差修正方式单一,无法消解多源异构数据处理难题,测量精度难以适配高标准工程建设要求。大数据技术具备海量数据存储、并行计算、智能分析的优势,可有效弥补传统测量数据处理的短板。结合工程测量作业流程与数据特征,探究大数据技术与测量数据处理的融合路径,优化精度提升方法,能够有效改善测量作业质量,支撑工程建设全周期精细化管控。

1 工程测量数据体系与大数据技术适配构建

1.1 工程测量多源数据类型与结构梳理

工程测量数据来源覆盖现场采集、设备监测、文档资料等多个渠道。GNSS 定位、全站仪观测生成高精度空间点位信息,无人机航测提供地表影像与点云模型,各类传感器持续记录结构沉降、位移、温湿度等动态指标。设计图纸、勘察报告、验收记录、历史监测曲线等资料同样纳入测量数据体系。这些数据在结构上呈现明显差异,结构化数据包含观测数值、坐标成果、设备参数等信息,存储格式规整,便于直接统计计算。半结构化数据以日志文件、自定义格式监测记录为主,具备部分字段规则但整体灵活。非结构化数据占比较高,包括实景模型、现场照片、视频片段、纸质扫描件等内容,信息密度大但难以直接入库分析。全面梳理数据类型、存储形态和业务关联,为后续技术适配奠定基础^[1]。

1.2 测量数据采集链路 with 数据流组织形式

测量数据采集遵循固定作业链路,从终端获取到平台汇聚形成完整流过程。现场设备完成数据采集后,

先在本地完成初步校验与暂存,再通过有线或无线网络传输至工区数据节点,经汇总后进入中心存储系统。数据流按照工程建设阶段划分组织,勘察阶段以地形、地质、地表条件为主,为方案设计提供依据。施工阶段重点采集放样数据、结构监测数据、工序匹配数据,保障施工精度与安全。运维阶段以长期变形观测、环境影响数据为主,支撑状态评估与预警。数据流在传递过程中保持层级清晰、节点可控,前端保证采集真实有效,后端完成核验入库,使数据流转稳定连续,满足后续处理需求。

1.3 大数据技术架构与测量数据处理的适配路径

大数据技术架构从存储、计算、分析三个层面满足测量数据处理需求。分布式存储系统可容纳海量影像、点云、监测序列等数据,突破传统存储容量限制。分布式计算框架支持多源数据并行解算,提升坐标转换、模型拼接、趋势分析等任务效率。数据挖掘与可视化模块从长期监测数据中提取变化特征,辅助风险识别与状态判断。适配路径围绕工程测量业务展开,依据数据规模确定集群部署方式,根据处理时效要求配置计算资源。大数据架构直接嵌入测量数据处理流程,实现从原始数据接入、清洗、转换到分析输出的全链条支持,显著提升复杂测量业务的处理能力和响应速度。

1.4 数据标准化处理与格式统一实现方式

数据标准化处理是实现测量数据互通共享的核心环节。先统一基准体系,明确坐标系、高程基准、精度指标、时间戳格式,消除不同设备、不同项目带来的标准差异。再推进格式统一,将全站仪原始文件、LiDAR 点云、CAD 图形、监测表格等转换为通用空间数据格

式,建立统一编码和命名规则。处理过程采用自动化工具完成批量清洗与转换,剔除异常数值,补全缺失信息,规范字段结构。标准化后的数据具备一致性、可比性和可复用性,能够顺畅接入大数据平台,实现跨部门、跨阶段高效调用,为工程建设与管理提供可靠的数据保障。

2 大数据驱动的工程测量数据处理流程

2.1 测量数据清洗与冗余信息剔除方式

测量数据清洗聚焦异常数值识别与无效信息分离,依托数据分布特征完成噪声点识别与剔除。针对采集过程中产生的离散偏差数据,通过数值区间判定完成异常值筛选,对超出正常取值范围的记录执行定向移除。重复采集产生的冗余信息,按照空间坐标与时间序列进行比对,保留有效观测记录,去除重复生成的数据项^[2]。缺失值通过相邻点位数据特征完成补全,保持数据序列的连续性。清洗操作遵循测量数据固有属性,不改变原始观测逻辑,仅去除干扰信息,为后续处理提供规整的数据基础。

2.2 多源异构测量数据融合处理机制

多源异构数据融合实现不同类型测量信息的整合,将卫星观测、地面监测、设备采集等数据纳入统一处理体系。不同结构、不同格式的数据经过格式转换,形成一致的组织形式。空间维度上完成坐标系统一,使各类数据具备共同参照基准;时间维度上完成时序对齐,保证不同来源数据在时间节点上对应。融合过程突出数据间的互补关系,将离散信息整合为连续整体,形成覆盖工程全域的测量数据集,支撑整体化分析与应用。

2.3 数据存储与动态调用的技术实现路径

数据存储依托分布式架构完成海量测量信息的承载,按照数据类型与使用频率实现分层存放。静态历史数据存入持久化存储单元,保障长期保存与稳定读取;实时更新数据存入高速存储模块,支持快速访问与即时处理。存储结构以空间位置与时间序列为索引,建立多级检索机制。动态调用依据处理需求定向提取数据,通过索引路径快速定位目标数据块,减少读取范围,提升调取效率。存储与调用形成连贯流程,满足大数据环境下高频次、大规模的数据访问需求。

2.4 数据特征提取与关联分析实施方法

数据特征提取从海量测量信息中提炼关键属性,围绕空间分布、变化趋势、点位关系等维度完成特征筛选。将原始观测数据转化为可分析的特征项,突出数据内在规律,降低信息维度。关联分析建立特征项之间的

对应关系,探寻点位数据、时段数据与工况数据之间的内在联系,明确不同测量信息之间的影响路径。特征提取为分析提供对象,关联分析揭示数据间的作用逻辑,二者依次推进,形成从数据提炼到关系识别的完整处理环节。

3 大数据赋能工程测量精度提升核心方法

3.1 误差来源大数据溯源与分类管控

工程测量精度偏差来源于设备工况、环境干扰、人为操作、数据传输多个维度。传统测量模式仅能对显性误差进行修正,无法精准定位隐性误差源头。大数据技术可整合全周期测量数据、设备运行参数、现场环境参数,完成误差因子的系统性溯源。系统归集仪器校准偏差、温度湿度造成的观测偏移、遮挡干扰产生的点位误差、传输抖动引发的数据偏差等各类问题。通过统计各类误差的出现频次、偏差幅值、分布规律,划分系统性误差与偶然性误差的管控等级^[3]。针对系统性误差建立固定修正模型,针对偶然性误差设置动态阈值管控机制,从源头压缩误差产生空间,为精度提升提供靶向支撑。

3.2 基于大数据模型的误差修正算法优化

常规误差修正算法适配性较弱,难以应对复杂工程场景下的多源误差叠加问题。大数据建模可依托海量历史观测样本,训练适配不同工况的智能修正算法。模型通过学习海量精准观测数据与误差数据的对应规律,自主拟合误差变化曲线,修正传统算法的固定参数偏差。针对地形起伏、气候变换、施工扰动等不同场景,算法可自动调整修正系数,完成点位坐标、高程数据、变形监测数据的动态校正。算法优化摒弃单一修正逻辑,以数据规律为核心依据,弱化人工经验干预带来的主观偏差,大幅提升复杂场景下测量数据的精准度。

3.3 多层级数据比对校核精度补强技术

单批次测量数据存在偶然性偏差,单一观测手段无法实现全方位精度校验。大数据体系可实现多批次、多设备、多时段测量数据的多层级交叉比对。系统调取同一点位不同时段、不同设备的观测数据,比对数值偏差幅度,筛选最优有效数据。针对关键工程点位,联动无人机航测点云数据、GNSS 定位数据、全站仪实测数据开展多维校核,排查单一观测方式的盲区误差。通过设定梯度化精度阈值,对偏差超出标准的数据二次解算,对趋近阈值的数据进行精度补强,逐级压缩数据误差区间,让最终测量成果贴合工程实际工况。

3.4 动态监测数据的精度实时维稳机制

工程施工与运维阶段的动态监测数据易受现场工况变化影响,精度稳定性难以持续保障。大数据技术可搭建实时精度监控体系,对新增监测数据进行实时校验与维稳处理。系统实时比对实时数据与历史常态数据的变化梯度,识别突发异常偏差并即时拦截修正。对缓慢渐变的微小误差,通过长期数据趋势研判完成累积误差消解,避免小偏差持续叠加形成大幅精度缺陷。机制全程自动化运行,无需人工持续干预,有效解决动态测量过程中数据漂移、工况干扰引发的精度波动问题,维持测量成果的长期稳定性。

4 工程测量大数据处理应用实践与优化策略

4.1 工程全周期测量数据精度应用实践

大数据数据处理与精度提升技术,可全面落地于工程勘察、施工、运维全生命周期,覆盖绝大多数基建工程测量场景。勘察阶段通过多源数据融合技术修正地形地貌测量偏差,剔除野外采集的无效干扰数据,获取精准的场地空间与地质参数,从源头优化工程设计方案的落地性与合理性。施工阶段依托实时数据校核、智能误差修正技术,提升现场放样、结构沉降观测、构件尺寸检测等核心作业的精准度,有效规避施工全过程的偏差累积问题。运维阶段利用长期大数据监测分析模型,精准捕捉建筑结构微小变形、环境荷载变化带来的状态波动,大幅提升工程安全预警的准确性与时效性^[4]。全周期应用模式彻底打通各阶段测量数据壁垒,实现精度管控的全程闭环覆盖,适配各类基建工程的高精度测量作业需求。

4.2 复杂工况下测量数据处理优化方案

山区、临水、高密度建筑群、城市核心商圈等复杂工况,普遍存在卫星信号遮挡、气候环境多变、观测视野受限、施工干扰密集等问题,传统测量方式获取的数据误差偏大,有效数据占比偏低,成果质量难以达标。针对各类特殊工况,可针对性优化大数据处理逻辑,动态调整数据采集权重与解算规则。弱化遮挡区域、干扰区域无效数据的参考权重,强化稳定观测点位、最优时段的有效数据占比,提升核心数据的参考价值。定制差异化、场景化数据清洗规则,精准适配复杂环境下的噪声数据特征,高效剔除各类干扰信息。搭建专属场景解算模型,结合场地地形、环境、施工状态等多重参数修正观测偏差,解决传统处理方式适配性不足、精度偏低的痛点,全面提升复杂工况下工程测量成果的可靠性与实用性。

4.3 大数据测量系统的运维与风险防控

大数据测量处理系统的稳定运行,是保障数据精度与作业效率的基础。日常运维重点聚焦设备终端、传输链路、平台算法三个核心板块。定期校验采集设备精度参数,校准传感器、GNSS 终端的观测基准,避免设备老化引发的系统性偏差。常态化检测数据传输链路,修复链路卡顿、数据丢包等问题,保障数据传输完整连贯。定期迭代优化算法模型,更新不同工况的误差修正参数,适配工程场景的动态变化。同时建立数据风险防控机制,拦截篡改、缺失、异常数据流入处理流程,从系统层面保障测量数据质量。

4.4 技术发展趋势与行业应用展望

数字基建持续推进背景下,工程测量大数据技术将朝着智能化、自动化、高精度化方向迭代。人工智能与大数据的深度融合,会实现误差自主识别、智能修正、精度自动校核的全流程无人化作业。物联网终端的普及,将进一步丰富测量数据来源,实现工程全域、全时段的精细化数据采集。后续行业会逐步形成统一的大数据测量精度管控标准,规范数据处理、精度校核、成果输出的全流程规范。技术落地将持续降低人工作业成本,提升工程测量的精准度与效率,为工程建设数字化、精细化管控提供核心技术支撑。

结束语

工程测量数据的标准化处理与智能化精度控制,是现代基建数字化建设的核心内容。通过整合大数据技术与工程测量业务场景,完善多源数据适配处理体系,落实分级误差管控与智能修正手段,有效改善复杂工况下测量数据偏差大、稳定性不足的问题。优化后的处理体系可适配工程勘察、施工、运维全流程作业需求,提升测量数据的精准度与利用率,完善行业数字化作业体系,为各类基建工程的高质量建设与常态化管控提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1] 完绍鹏. 基于 GNSS 技术的勘测工程测量精度提升研究 [J]. 砖瓦世界,2025(13):43-45.
- [2] 金祺. 工程测量数据处理中的质量问题与策略 [J]. 城市开发,2025(16):112-114.
- [3] 蒋军. 深度学习在高精度 GPS 测量数据处理中的应用 [J]. 数字技术与应用,2026,44(1):142-144.
- [4] 于永川, 孟祥雷. 工程测量数据处理与地理信息系统集成技术 [J]. 浙江工艺美术,2022(21):169-171.