

探究测量技术在岩土工程勘察中的应用

吴波

海河检测技术(天津)有限公司 天津 300000

摘要: 测量技术在岩土工程勘察中至关重要,涵盖传统与现代多种方法。传统测量手段如水准、角度、距离测量适用于小范围高精度作业;现代技术如GNSS、遥感、GIS及三维激光扫描等,提升了复杂地形下的测量效率与空间信息获取能力。这些技术广泛应用于地形地貌分析、岩土体定位及地质质边界界定,在误差控制与多源数据融合方面作用关键,为勘察提供坚实技术支撑。

关键词: 测量技术; 岩土工程勘察; GNSS; 三维激光扫描; 多源数据融合

引言: 岩土工程勘察是工程建设的基础环节,直接关系到工程安全与经济性。测量技术作为勘察的核心手段,贯穿场地分析、地质测绘、施工监测全流程。传统技术依赖人工操作,适用于小范围场景;现代技术融合电子信息技术,实现高效自动化测量。随着工程复杂度提升,多源数据融合与复杂环境适应性成为关键挑战。本文系统梳理测量技术分类、功能定位与应用实践,探讨技术难点与应对策略,为岩土工程勘察提供技术参考。

1 测量技术分类与功能定位

1.1 测量技术分类

测量技术依据发展历程与技术原理,可分为传统与现代两大类型。传统测量技术依托光学、机械原理实现数据采集。水准测量利用水准仪构建水平视线,通过读取水准尺刻度获取两点高差,是高程测量的基础手段;经纬仪借助水平度盘与垂直度盘,实现水平角和竖直角测量,用于确定方向与角度关系;钢尺量距以金属卷尺直接丈量距离,操作简便但受环境制约明显^[1]。这些技术依赖人工操作,在小范围、精度要求适中的测量场景中仍具应用价值。现代测量技术融合电子信息技术与空间科学成果。卫星导航定位技术基于全球卫星导航系统,通过接收卫星信号解算三维坐标,实现全天候高精度定位;全站仪集成测角、测距与数据处理功能,利用光电技术自动完成角度和距离测量;无人机航测凭借搭载的高分辨率相机,从空中获取地形影像并生成三维模型;三维激光扫描技术以激光脉冲为媒介,快速获取物体表面三维点云数据。此类技术自动化程度高,适用于大面积、复杂环境下的高效测量作业。

1.2 测量技术在岩土工程勘察中的功能定位

在岩土工程勘察中,测量技术承担多维度功能。地形地貌信息获取方面,传统水准测量与经纬仪测量结合,可绘制地形等高线图,呈现地表起伏特征;现代无

人机航测与三维激光扫描技术,能快速获取高精度地形数据,还原冲沟、陡坎等微观地貌形态,为场地分析提供基础资料。岩土体空间位置确定依赖测量技术实现。卫星导航定位系统为勘察区域建立平面与高程控制基准,全站仪通过坐标放样将设计点位测设于实地,保障钻孔、探井等勘察工作精准开展。针对深层岩土体,测斜仪等设备结合测量技术,可监测内部位移变化,确定其空间变形趋势。工程地质边界界定同样离不开测量技术支撑。地质测绘中,测量技术辅助确定地层分界线、断层位置等地质要素空间坐标;物探测量通过分析地下物理场数据,推断隐伏地质构造边界;三维激光扫描生成的点云模型,直观展现岩土体与周边环境空间关系,为工程地质边界划定提供可视化依据,助力后续勘察设计与施工决策。

2 传统测量技术在岩土工程勘察中的应用

2.1 水准测量

水准测量基于水平视线原理,利用水准仪提供的水平视线,读取竖立在两点上水准尺的读数,通过计算两读数差值获取两点间高差。作业时,先将水准仪安置在合适位置,通过粗平、瞄准、精平、读数四个步骤完成单次测量。粗平借助圆水准器使仪器竖轴大致铅垂,瞄准通过望远镜对准水准尺,精平利用符合水准器使水准管气泡居中以确保视线水平,最后读取水准尺上的分划值。在岩土工程勘察高程测量中,水准测量应用广泛。进行场地地形测绘时,沿预定路线布设水准点,逐段测量各点间高差,结合已知水准点高程,推算出各测点高程,绘制地形等高线图,清晰展现场地起伏形态^[2]。勘察钻孔施工中,利用水准测量控制孔口高程,确保钻孔深度符合设计要求,为准确获取不同深度岩土样本提供保障。对于地基处理后的场地,通过水准测量监测地基沉降,定期测量基准点与监测点高差变化,判断地基稳定性。

2.2 角度测量

角度测量主要借助经纬仪完成,其核心部件包括水平度盘、垂直度盘和照准部。水平度盘用于测量水平角,垂直度盘用于测量竖直角。测量时,将经纬仪安置在测站点上,对中整平后,通过照准部瞄准目标,读取水平度盘和垂直度盘上的角度值。水平角测量采用测回法或方向观测法,测回法适用于两个方向之间的水平角测量,通过盘左、盘右两次观测取平均值减小误差;方向观测法用于多个方向的水平角测量,可提高测量效率和精度。在岩土工程勘察中,角度测量对确定岩土体边界和地形坡度意义重大。进行地质测绘时,通过测量地质点间的水平角和竖直角,结合距离测量数据,计算出各点坐标,在地形图上准确绘制岩土体边界线。对于山坡、边坡等地形,利用角度测量获取坡面的竖直角,通过三角函数关系计算坡度,判断地形稳定性,为边坡防护设计和施工提供依据。在隧道、地下洞室勘察中,角度测量可确定洞室轴线方向,保障工程施工按设计方向推进。

2.3 距离测量

距离测量常用钢尺和光电测距仪实施。钢尺量距是最基础的方式,选择平坦地面,将钢尺零端对准起点,沿直线拉平钢尺,读取终点刻度值获取距离。为减少误差,需进行往返测量并取平均值,同时考虑温度、钢尺倾斜等因素进行修正。光电测距仪基于光的传播原理,通过测量光在测线两端往返传播时间,结合光速计算距离,具有测量速度快、精度高的特点。在勘察场地范围划定中,距离测量发挥关键作用。确定场地边界时,使用钢尺或光电测距仪测量边界控制点间距离,结合角度测量数据,在实地标定边界线。对于大面积勘察场地,通过测量控制点构成的闭合或附合导线,计算各点坐标,绘制场地范围图。在布置勘察点时,依据设计要求,利用距离测量确定各点间相对位置,保证勘察点分布符合勘察方案。距离测量还用于计算岩土体体积,为工程土方量估算和材料用量计算提供基础数据。

3 现代测量技术在岩土工程勘察中的应用

3.1 全球卫星导航系统(GNSS)

GNSS定位基于卫星信号传播时间原理。卫星持续发射包含轨道参数、时间信息的信号,接收设备捕捉至少4颗卫星信号后,通过计算信号传播时间与光速的乘积,确定接收机到卫星的距离。利用空间后方交会原理,结合卫星已知三维坐标,解算出接收机自身的平面坐标与高程。系统运行中,通过原子钟保障时间精度,利用地面监测站修正卫星轨道误差与时钟偏差,确保定位可靠

性。在岩土工程勘察中,GNSS用于平面和高程控制测量。建立控制网时,静态定位模式下将多台接收机长时间固定于控制点,同步接收卫星信号,经基线解算、网平差获取高精度坐标,为勘察区域提供稳定平面基准^[3]。动态测量模式借助实时差分技术,使流动站在作业中实时获取厘米级定位精度,用于钻孔、探井等勘察点位放样。高程控制方面,通过GNSS水准测量,在已知水准点上同步进行GNSS观测与水准测量,建立高程异常模型,实现高精度高程传递,满足地形测绘与工程设计需求。

3.2 遥感技术

遥感技术通过搭载于卫星、飞机或无人机的传感器,收集地物反射、辐射的电磁波信息。光学传感器记录可见光、近红外波段信息,合成高分辨率影像;微波传感器穿透云层与植被,获取全天候数据。原始数据经辐射校正、几何纠正处理,消除大气散射、传感器畸变影响,生成地理参考影像。利用图像增强、分类算法,提取地物边界、类型等信息。在岩土工程勘察中,遥感技术用于大范围地质信息获取与分析。高分辨率卫星影像可识别区域内断层走向、地层分界线,辅助判断地质构造格局。无人机遥感针对特定勘察区域,低空获取厘米级分辨率影像,经三维建模生成数字表面模型,直观展现地形起伏、冲沟分布。通过多光谱影像分析,提取植被覆盖、土壤湿度信息,间接推断岩土体工程性质。结合解译标志,绘制工程地质图,为勘察布点、灾害隐患识别提供宏观依据。

3.3 地理信息系统(GIS)

GIS以空间数据库为核心,整合岩土工程勘察中的矢量数据(点、线、面要素)与栅格数据(影像、数字高程模型)。通过拓扑关系构建,建立数据间空间关联;利用分层管理机制,将地形、地质、钻孔等信息分类存储。分析功能涵盖空间查询、叠加分析、缓冲区分析等。空间查询可检索指定区域内岩土参数,叠加分析将不同图层信息融合,揭示地质体空间分布规律,缓冲区分析用于评估工程活动影响范围。在勘察应用中,GIS实现数据整合与空间分析。将地形测绘、地质调查、原位测试数据统一坐标系统后导入平台,形成可视化数据库。通过三维建模功能,结合钻孔数据插值生成地层三维模型,直观展示岩土体空间分布。利用空间分析工具,计算岩土体体积、坡度变化,评估边坡稳定性;模拟地下水流向,为基坑降水设计提供参考。系统支持数据动态更新,便于多阶段勘察成果衔接,为工程设计提供决策支持。

3.4 三维激光扫描技术

三维激光扫描设备通过激光发射器向目标发射脉冲激光,传感器接收反射信号,根据飞行时间计算测站点到目标点距离。设备内置编码器同步记录激光束水平、垂直角度,经坐标转换将测量数据转换为三维空间坐标,形成高密度点云数据。扫描过程中通过标靶拼接实现多站点数据融合,利用去噪、平滑算法优化点云质量。在岩土工程勘察中,该技术用于岩土体三维建模与形态分析。对边坡、隧道等复杂地形或结构,快速获取表面几何信息,构建高精度三维模型。通过模型量测功能,直接获取岩土体表面长度、面积、体积参数,辅助计算土方工程量。对比不同时期扫描数据,分析岩土体变形趋势,监测裂缝扩展、坡面位移。在地下洞室勘察中,扫描获取洞壁形态,检测衬砌厚度,为病害评估与加固设计提供数据支撑。

4 测量技术在岩土工程勘察应用中的难点与应对

4.1 应用难点

在岩土工程勘察过程中,测量技术的准确性与适用性直接影响勘察结果的可靠性。复杂地形对测量工作构成较大挑战。山地、沟壑、丘陵等地形起伏变化大,视线遮挡严重,导致常规测量设备难以布设和通视,影响观测精度。地形变化还可能造成测点分布不均,进而影响整体数据的完整性与代表性。岩土体本身的物理特性也容易引发测量误差。不同类型的岩土介质具有不同的密实度、含水率和风化程度,这些因素会影响探测信号的传播路径与速度。例如,在软弱土层或破碎岩体中,测量仪器发射的电磁波或声波可能会发生散射、折射等现象,导致接收信号失真,从而影响最终测量结果的准确性^[4]。多源测量技术的数据融合问题也成为当前岩土工程勘察中的关键难题。随着测绘技术的发展,越来越多的测量手段被应用于勘察工作中,如GNSS、全站仪、三维激光扫描、无人机航测等。不同技术获取的数据格式、精度和空间分辨率存在差异,如何将这些数据进行有效整合,形成统一的空间信息体系,是提高勘察成果质量必须面对的问题。

4.2 应对策略

测量技术优化选择需结合实际需求。针对复杂地形,山区优先采用无人机航测与GNSSRTK组合技术,

快速获取地形数据并实现高精度定位;密林区域使用三维激光扫描,穿透植被获取地表信息。依据岩土体特性,对松软土体采用自动化监测设备实时追踪变形,对坚硬岩体利用超声波检测技术辅助测量。勘察前期运用遥感、无人机技术进行宏观测绘,后期通过原位测试、全站仪实现精准测量。误差控制通过多维度手段实现。针对地形因素,优化测量路线设计,在山地采用往返观测、增加多余观测提高水准测量可靠性;利用差分技术增强GNSS在复杂环境下的定位精度。针对岩土体影响,加强基准点保护,定期复测坐标;原位测试中增加测量次数取均值,降低数据离散性。严格执行仪器校准制度,规范操作流程,减少系统误差与人为误差。多源数据融合需建立标准化流程。统一数据格式与坐标系,将不同来源数据转换为地理信息系统通用格式。采用数据插值、滤波算法处理离散与连续数据差异,平滑点云噪点。构建综合误差模型,根据各技术误差特性进行加权融合,开发专用的数据融合软件,实现多源数据的快速处理与可视化展示,为岩土工程勘察提供全面、准确的数据支持。

结束语

测量技术在岩土工程勘察中发挥不可替代的作用,从传统工具到现代技术的演进,推动了勘察手段的智能化与精准化。面对复杂地形、岩土体特性差异及多源数据融合等挑战,需通过技术优化、误差控制与标准化流程构建,提升数据质量与应用效能。未来,随着人工智能、物联网等技术的深度融合,测量技术将进一步赋能岩土工程勘察,为工程建设提供更可靠的技术支撑。

参考文献

- [1]李志.综合勘察技术在岩土工程勘察中的应用分析[J].山西建筑,2023,49(07):85-87.
- [2]范兵涛.复杂地质条件下岩土工程勘察技术的应用探讨[J].房地产世界,2024(6):128-130.
- [3]李左林.基于复杂地形地质条件下岩土工程勘察技术的研究[J].新疆有色金属,2023,46(3):20-21.
- [4]王守彪.基于复杂地形地质条件下岩土工程勘察技术的研究[J].冶金与材料,2021,41(4):99-100.