

基于北斗定位的边坡变形监测精度及影响因素研究

赵志广

中国南水北调集团中线有限公司渠首分公司 河南 南阳 473000

摘要: 基于北斗定位的边坡变形监测至关重要,具有实时动态监测、监测范围广且精度高等优势。其精度评价指标包括平面、高程精度和时间分辨率,受卫星信号、环境、观测与设备因素影响。可通过优化观测方案、加强环境干扰防护、选用高性能设备与优化数据处理等措施,提升监测精度。

关键词: 北斗定位; 边坡变形监测; 监测精度; 影响因素; 研究

引言: 在边坡安全管理体系中,精准监测边坡变形是防范灾害的关键。基于北斗定位的边坡变形监测凭借实时动态、监测范围广且精度高、能提前预警、成本低风险小等优势,成为保障边坡安全的重要手段。然而,其监测精度受卫星信号质量、环境干扰、观测与设备等多方面因素影响。因此,深入探讨提升监测精度的优化措施,对保障边坡安全、降低灾害损失具有至关重要的现实意义。

1 基于北斗定位的边坡变形监测的重要性

在边坡安全管理体系中,基于北斗定位的边坡变形监测占据着不可替代的关键地位,具备多方面突出优势。(1) 实时动态监测是其重要特性之一。北斗定位技术依托其先进的卫星系统,能够持续、不间断地采集边坡的变形数据。相较于传统的人工定期监测方式,它可及时捕捉边坡哪怕是极其微小的位移以及变化趋势。这种实时性使得边坡的异常变形能在第一时间被发现,为灾害预警争取到了极为宝贵的时间窗口,有助于在灾害萌芽阶段就采取应对措施。(2) 该技术还具备监测范围广且精度高的显著优势。北斗定位不受地形地貌的复杂限制,无论是高山峡谷中地形起伏巨大的边坡,还是陡峭斜坡上难以到达的区域,都能实现全方位的有效覆盖监测。同时,其定位精度可达到厘米级甚至毫米级,能够精准捕捉边坡的细微位移。这些精确的数据为深入分析边坡的稳定性提供了坚实的基础,有助于科研人员和工程人员准确判断边坡的健康状况。(3) 在预警方面,通过对北斗定位所获取的监测数据进行深度分析,可构建科学合理的边坡变形预测模型。借助该模型,能够准确预测边坡的变形发展趋势,提前发出灾害预警。这为相关部门和人员疏散、物资转移以及采取加固措施等提供了科学依据,可最大限度地降低灾害带来的损失。(4) 基于北斗定位的监测技术还大大降低了监测成本和风险。与传统监测方法相比,它无需大量人工现场作业,尤其在地

形险峻、环境恶劣的边坡区域,能有效减少人员伤亡风险,同时降低长期监测的人力、物力投入^[1]。

2 基于北斗定位的边坡变形监测精度评价指标

2.1 平面精度

平面精度是衡量北斗定位在边坡变形监测中水平方向(X、Y方向)定位准确性的重要指标,通常以监测点的实际位置与北斗定位结果之间的水平距离误差来表示。平面精度直接影响对边坡水平位移方向和大小的判断,若平面精度不足,可能导致对边坡滑动方向的误判,影响灾害预警的准确性。在边坡变形监测中,不同的工程场景对平面精度的要求不同。对于大型边坡工程或变形敏感性较高的区域,通常要求平面精度达到厘米级甚至更高;对于一般性边坡监测,分米级精度可能已满足基本需求。平面精度的高低主要取决于卫星信号质量、观测时长、解算模型等因素。

2.2 高程精度

高程精度指北斗定位在垂直方向(Z方向)的定位准确性,以监测点实际高程与定位结果之间的垂直误差衡量。边坡的垂直变形(如沉降、隆起)是判断边坡稳定性的重要指标,高程精度不足会导致对垂直变形量的误判,可能掩盖边坡的潜在危险。由于地球重力场、大气折射等因素对高程定位的影响更为复杂,通常北斗定位的高程精度略低于平面精度。在边坡变形监测中,需根据工程要求合理确定高程精度指标,对于可能发生显著垂直变形的边坡,需采取措施提高高程监测精度,如增加观测时长、采用差分定位技术等^[2]。

2.3 时间分辨率

时间分辨率是指北斗定位系统对边坡变形进行数据采集的时间间隔,反映了监测的实时性和连续性。时间分辨率越高(即采样间隔越短),越能捕捉边坡的瞬时变形和快速变化过程,如滑坡发生前的加速变形阶段;时间分辨率过低则可能错过关键的变形信息,影响预警

的及时性。在实际监测中,时间分辨率的选择需结合边坡的变形特性。对于变形缓慢的边坡,可采用较长的采样间隔(如几小时或一天);对于变形较快或处于不稳定状态的边坡,需采用较短的采样间隔(如几分钟或几十分钟),以实时掌握边坡变形动态。

3 基于北斗定位的边坡变形监测精度的影响因素

3.1 卫星信号质量

卫星信号质量堪称影响北斗定位精度的核心要素,其涵盖的多个方面均会直接作用于定位结果。(1)可见卫星数量与分布状况是关键影响因素之一。在北斗定位中,通常需要同时观测到至少4颗卫星才能实现较为准确的定位解算。当可见卫星数量不足,少于4颗时,定位系统将因缺乏足够的信息而无法准确确定接收机的位置。而且,即便卫星数量达标,若其分布不均匀,也会导致定位解算的几何精度衰减因子(GDOP)增大。GDOP值越大,意味着定位误差在各个方向上的放大效应越明显,进而显著降低定位精度。(2)卫星信号在传播途中,会受到电离层和对流层的干扰。电离层中充斥着大量带电粒子,这些粒子会使信号传播路径发生弯曲,改变信号的传播方向和时间。对流层中的水汽含量以及大气压力的变化,同样会导致信号传播出现延迟。在暴雨、雷电等恶劣天气条件下,这种影响会进一步加剧,使得定位误差大幅增加。(3)卫星钟差和轨道误差也不容忽视。卫星钟的微小偏差以及轨道计算的不精确,都会影响信号的准确性和稳定性,最终降低北斗定位监测的精度。

3.2 环境干扰因素

在边坡监测工作中,监测区域复杂多变的环境条件会对北斗定位精度产生显著且不容忽视的干扰。(1)地形遮挡是极为常见的干扰因素。边坡周边往往地形复杂,高山林立、建筑物密集或者植被茂密。这些障碍物会如同天然屏障一般,阻挡卫星信号的传播路径。当信号被遮挡时,北斗接收机接收到的信号强度会大幅减弱,甚至可能出现信号失锁的情况。一旦信号接收不良或失锁,定位所需的完整信息就无法准确获取,进而导致定位精度急剧下降,严重时甚至无法完成正常的定位操作。(2)电磁干扰同样会对卫星信号接收造成严重影响。若边坡监测区域附近存在高压输电线、无线电发射塔等强电磁辐射源,它们所产生的强大电磁场会干扰北斗接收机的正常工作。这种干扰会使接收机接收到的卫星信号中混入大量噪声,导致定位数据出现异常波动,无法准确反映边坡的真实位置信息。(3)气象条件也是影响监测精度的重要因素。除了电离层和对流层对信号

传播产生的普遍影响外,暴雨、大风、浓雾等恶劣天气会进一步降低信号的稳定性,增加信号在传播过程中的误差,从而对北斗定位精度产生不利影响。

3.3 观测与设备因素

在北斗定位用于边坡监测的过程中,观测与设备因素对定位精度有着至关重要的影响。(1)观测时长是影响定位精度的一个关键变量。短时间观测时,由于卫星信号采样数量有限,随机误差难以充分抵消,就像用少数几个数据点去描绘一个复杂图形,必然存在较大偏差,导致定位精度较低。而适当延长观测时长,能获取更多组观测数据,通过求平均等方式可有效抵消部分随机误差,进而提高定位精度。然而,观测时长并非无限延长就有益,过长的观测时间可能使设备受环境变化影响,如温度、湿度的波动可能改变设备性能,引入新的误差源。(2)设备性能是保障监测精度的基石。北斗接收机的硬件性能,如芯片处理能力、信号接收灵敏度等,直接影响信号的解析精度。性能欠佳的接收机在处理复杂信号时易产生误差。天线的类型及安装精度也不容忽视,天线安装不水平、高度测量不准确或存在遮挡,都会像给测量工具加上偏差,引入附加误差。(3)数据处理方法和软件解算模型同样关键。不同的解算模型对各类误差的修正能力差异显著,若未充分考虑电离层、对流层等误差因素,或在数据处理过程中出现错误,都会使定位结果出现偏差。

4 提升基于北斗定位的边坡变形监测精度的优化措施

4.1 优化观测方案

在北斗定位边坡监测工作中,优化观测方案是提升定位精度、保障监测质量的关键举措。(1)要合理规划观测网布局。在边坡监测区域,需科学布设足够数量的基准站和监测点。基准站应选在地质条件稳定、能良好接收卫星信号的区域,以此作为监测的稳定参照。监测点的布设则要精准覆盖边坡的关键变形区域,同时要充分考虑周边环境,避免信号被遮挡。通过优化观测网的几何结构,可有效降低几何精度衰减因子(GDOP)值,进而提高定位精度,为准确监测边坡变形提供可靠基础。(2)依据边坡变形特性和工程实际要求,确定适宜的观测时长和采样间隔。对于变形缓慢的边坡,可采用定时观测模式,比如每天观测1-2小时,既能满足监测需求,又能合理利用资源。而对于变形较快的边坡,需采用连续观测模式,并缩短采样间隔至10-30分钟,同时确保每次观测时长足够,以获取稳定的定位数据,及时捕捉边坡的动态变化。(3)采用差分定位技术,如实时动态差分RTK、静态差分等。通过基准站与监测点

之间的观测数据差分处理,可有效消除部分公共误差,像卫星钟差、轨道误差、大气折射误差等,显著提升定位精度,尤其适用于对精度要求较高的边坡监测场景。

4.2 加强环境干扰防护

在北斗定位边坡监测工作中,环境干扰因素对定位精度影响显著,加强环境干扰防护是保障监测数据准确可靠的关键环节。(1)对于地形遮挡问题,在监测站点选址阶段,应进行全面的实地勘察,尽可能避开高山、高大建筑物等高大障碍物。若存在无法避开的地形遮挡区域,可采用高增益天线,其具有更强的信号接收和放大能力,能有效提升信号接收质量;也可通过增加天线高度的方式,降低障碍物对信号的阻挡程度,增强信号接收能力。对于植被茂密的边坡,要定期清理监测点周围的树枝、树叶等遮挡物,减少信号传播阻碍;还可选用穿透力较强的天线,确保信号能顺利穿透植被到达接收机。(2)在电磁干扰防护方面,要将北斗接收机及天线与高压输电线、无线电发射塔等强电磁辐射源保持足够的安全距离。若因实际情况无法远离,可设置电磁屏蔽装置,如金属屏蔽罩,它能有效阻挡外部电磁场的干扰,减少电磁干扰对信号接收的影响,保障信号的纯净度。(3)在恶劣天气条件下,为天线加装防雨、防雾罩,可降低雨水、雾气对信号传播的衰减作用,提高信号稳定性。同时,在数据处理环节引入气象改正模型,结合实时的气象数据,对电离层和对流层误差进行更精确的修正,进一步提升定位精度^[1]。

4.3 选用高性能设备与优化数据处理

在北斗定位边坡监测中,选用高性能设备与优化数据处理是提升监测精度与可靠性的重要保障。(1)设备选型与安装至关重要。应优先挑选信号接收灵敏度高、抗干扰能力强、测量精度卓越的北斗接收机和天线,确保其性能完全契合边坡变形监测的高精度要求。安装设备时,必须严格遵循操作规程,运用专业工具和测量方法,保证天线处于水平状态,高度测量精准无误,最大

程度减少安装误差对监测结果的影响。(2)设备的定期校准与维护不可或缺。要定期开展接收机时钟校准、天线相位中心校正以及设备性能检测等工作,及时发现并解决设备潜在问题,确保设备始终处于最佳工作状态,避免因设备故障引发监测误差,保障监测数据的准确性和连续性。(3)数据处理环节同样需要优化。选用先进的解算软件和模型,充分考虑电离层、对流层、多路径效应等各类误差来源,进行精细化误差修正。对监测数据实施严格的质量控制,剔除异常值和粗差,运用平滑处理、滤波算法等技术手段提高数据的稳定性和可靠性。此外,建立完善的数据质量评价体系,对处理后的成果进行精度验证,为边坡监测提供坚实可靠的数据支持。

结束语

综上所述,基于北斗定位的边坡变形监测在边坡安全管理中意义重大,其精度受卫星信号质量、环境干扰、观测与设备等多方面因素影响。为提升监测精度,需从优化观测方案、加强环境干扰防护、选用高性能设备与优化数据处理等多维度采取措施。通过合理规划观测网、采用差分定位技术、避开地形遮挡、设置电磁屏蔽装置、选用高精度设备、定期校准维护以及精细化数据处理等手段,能够有效提高北斗定位在边坡变形监测中的精度,为准确判断边坡稳定性、及时发出灾害预警提供可靠依据,从而更好地保障边坡周边人员生命和财产安全,推动边坡监测领域的技术发展和应用。

参考文献

- [1]王健伟,王磊.北斗卫星定位技术在边坡位移监测中的应用[J].铁道建筑,2020,60(1):85-88.
- [2]李家春,宋宗昌,侯少梁,等.北斗高精度定位技术在边坡变形监测中的应用[J].中国地质灾害与防治学报,2020,31(1):70-74,78.
- [3]袁琨.北斗卫星导航系统的精确定位方法分析[J].集成电路应用,2024,41(05):322-323.