

Research on the Application Strategy of GPS in Slope Deformation Monitoring

Zheng Li

Nuclear Industry Southwest Survey and Design Institute Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract

With the continuous high-quality development of China's social economy, the scale of construction projects continues to expand. In the process of project construction, the slope deformation problem often occurs, which brings great risks and hidden dangers to the construction project, so the slope deformation problem needs to be monitored and controlled. As a high-precision positioning technology, GPS has widely applications in slope deformation monitoring. Based on this, this paper starts from the principle of GPS technology, analyzes the causes of slope deformation, common deformation monitoring technology and the advantages of GPS, and focuses on the specific application strategy of GPS in slope deformation monitoring, in order to provide a useful reference for the safe promotion of construction engineering in China.

Keywords

GPS; monitoring of side slope deformation; application strategy

GPS 在边坡变形监测中的应用策略研究

李政

核工业西南勘察设计研究院有限公司, 中国·四川成都 610000

摘要

随着中国社会经济的不断高质量发展, 建设项目规模不断扩大。在项目建设过程中, 常常会发生边坡变形问题, 给建设项目带来较大的风险隐患, 需要对边坡变形问题进行监测和控制。作为一种高精度的定位技术, GPS在边坡变形监测中具有广泛的应用前景。基于此, 论文从GPS技术原理入手, 对边坡变形原因、常用变形监测技术以及GPS的优势进行了分析, 重点对GPS在边坡变形监测中的具体应用策略进行深入探讨, 以期为中国建设工程安全推进提供有益借鉴。

关键词

GPS; 边坡变形监测; 应用策略

1 引言

在工程建设活动中, 常遇到边坡灾害问题, 如滑坡和坍塌等情况, 边坡是最容易遭受变形的区域。在中国, 因边坡变形引起的伤亡事件每年都占据了相当大的比重。因此, 加大对工程建设中边坡变形的监控和预警力度, 对于避免重大安全事故和确保建设安全生产以及附近居民的生命和财产安全具有至关重要的作用。

2 GPS 技术原理概述

2.1 GPS 系统组成

GPS 系统是美国国防部开发的全球定位技术, 它由三个主要部分构成: 空间模块、地面控制模块以及用户设备模

块。地球的空间部分是由 24 颗工作卫星构成的, 这些卫星在地球轨道上分布均匀。而地面控制部分则主要包括一个主控站、五个监控站和三个地面控制站, 其中用户设备部分是我们经常使用的 GPS 接收器。GPS 系统利用空间部分的卫星发出信号, 这些信号被用户设备捕获并据此计算设备的具体位置。

2.2 GPS 定位原理

GPS 的定位技术是基于卫星信号的传播时长以及卫星与接收设备之间的实际距离来实现的。在一个特定时刻, 卫星发射出电磁波以接收该电磁波并反射回来的数据。GPS 接收器在接收到来自卫星的信号后, 会详细记录该信号的传播时长。根据该时间来计算出信号在空间上的分布情况。鉴于卫星信号的传播速率是已知的, 因此我们可以通过计算传播时间来确定接收器和卫星之间的实际距离。在实际应用过程中, 需要知道多个卫星的信号速度。通过接收多个卫星发出的信号, 并据此计算与每个卫星的实际距离, 借助三维空间的距离方程, 我们能够确定接收器的三维定位信息。

【作者简介】李政(1990-), 男, 中国四川成都人, 本科, 工程师, 从事隧道监控量测、变形监测(基坑、边坡、建筑沉降)研究。

2.3 GPS 测量误差分析

虽然 GPS 系统拥有相当高的定位准确性，但在实际操作过程中依然可能出现某些误差。在信号传递的过程中，大气层的延迟误差、卫星与接收器之间的时间同步误差、卫星的星历误差以及接收器的钟差误差都是关键因素。此外，还可能受到电离层变化，多径效应，接收机噪声以及天线方向图畸变等因素的影响。这类误差可能会对 GPS 的定位结果造成不良影响，因此在实际操作中，我们需要实施针对性的误差分析和修正措施，以便提升定位的准确性。目前，国内外已经提出了多种基于不同原理的误差校正方法来补偿由于各种原因引起的测量误差。常见的误差纠正技术有差分定位方法和卡尔曼滤波技术等^[1]。

3 边坡变形监测

3.1 边坡变形原因

实际上，导致边坡发生变形的主要因素涵盖了地质、水文以及人为的干预。建设工程所处区域内的地质构造、岩性以及地下水位等多种因素被称为地质因素，它们对边坡的稳定性有着显著的影响。长时间的降水、降水的强度以及地下的水位等多种水文因子，都可能引起边坡水力背景的变动，从而使边坡发生更大的变形。边坡的破坏和变形主要受到人为因素的影响，如采矿活动和爆破作业等。因此，在进行边坡变形的监测时，必须全面考虑上述各种因素，并采用 GPS 技术来进行实时监测。利用 GPS 技术，我们能够实时捕获边坡的变形信息。通过对这些数据的深入分析和对比，我们能够判断边坡是否有变形的迹象，并据此制定适当的策略以确保边坡的稳定。通过 GPS 技术对各个区域和不同级别的边坡进行实时监测，我们能够迅速地识别和预测边坡的变化趋势，从而提前实施相应的预防措施，确保边坡的稳定性和安全性。经过多年的实际应用，我们发现 GPS 在边坡变形的监测上展现出了高度的精确性、时效性和灵敏度，这对于边坡的安全管理和科学研究都是至关重要的。

3.2 常见的边坡监测方法

边坡的常规监测手段涵盖了物理测量、遥感观测以及数值模拟技术。在众多方法中，物理测量技术被认为是最常见的一种。物理测量技术是通过安装各种传感器或仪器来测定边坡的形变，这包括但不限于使用测斜仪和位移传感器。这批传感器能够对边坡的移动进行实时监控并做记录。此外，遥感技术也被视为一种普遍的边坡观测手段。利用如卫星遥感和无人机遥感这样的遥感技术，我们能够获得边坡的高清晰度图像。利用这批影像资料，我们能够识别并分析边坡的形态变化。最终，数值模拟技术代表了一种依赖于物理学原理的边坡形态监控手段。通过构建数学模型并采用数值计算技术，我们能够模拟边坡的形变以及由此产生的力学效应。这一技术能够预估边坡可能出现的变形，并为边坡的实时监控和预警提供科学依据。总结来说，常用的边坡监测手

段主要包括物理测量、遥感技术和数值模拟技术，这些方法能够提供大量的数据支持，从而有效地对边坡的变形进行监控和评估。

3.3 GPS 应用于边坡变形监测的优势

全球定位系统 (GPS) 在边坡变形监测中具有许多优势。首先，GPS 可以提供高精度的位置信息，通过准确测量边坡的位置和位移情况，可以实时监测边坡的变形情况。其次，GPS 可以连续不断地获取数据，实时监测边坡的变形过程，从而能够及时发现边坡发生的变形现象，并采取相应的应对措施。再者，GPS 具有全天候、全时段的监测优势，可以在白天和夜间、晴天和雨天等各种环境条件下进行边坡变形监测，确保监测数据的可靠性和准确性。最后，GPS 监测技术相对成本较低，相比传统的监测方法，可以节约监测成本并提高监测效率。综上所述，GPS 在边坡变形监测中具有很大的应用潜力和优势。GPS 监测数据可以与其他监测数据进行整合和分析，如倾角仪、位移传感器等，可以更全面地评估边坡的稳定性。

4 GPS 在边坡变形监测中的应用策略

4.1 GPS 网格布设策略

为了对边坡的变形状况进行有效的监控，采用 GPS 网格的布局策略显得尤为关键。首先，我们需要明确监测的具体范围和密集度，以确保能够覆盖到边坡的每一个核心区域。依据边坡的具体形态和尺寸，我们能够通过数学计算来确定需要设置的 GPS 观测点的数量以及它们之间的距离，还应考虑到监测时间和频率等因素。其次，在选择 GPS 监测手段和设备时，应综合考虑边坡的稳定性和变形特性。例如，对于稳定的边坡，我们可以采用静态 GPS 技术进行长时期的观测，而对于那些变形较为明显的边坡，动态 GPS 技术是一个有效的实时监测手段。再次，在应用过程中，还应充分考虑到不同类型的地形条件以及地质环境的差异，从而保证所获得的观测结果具有较高的精度；可以利用其他的监测工具，如摄像头或激光扫描器，与 GPS 的数据进行比较，从而增强数据的精确度和信赖度；还要加强信息化建设工作，将各种信息集成到数据库中，以便于在发生问题时迅速做出反应，避免造成更大损失。最后，必须对收集的 GPS 监测数据进行即时的分析和处理，以便及时识别边坡的变形状况，并实施适当的维护措施，确保边坡的安全和稳定^[2,3]。

4.2 GPS 监测频率优化

在监测边坡的变形过程中，GPS 技术必须对其监测的频率进行恰当的调节和完善。为了能够有效提高测量精度，确保建设工程的安全进行，必须根据实际情况合理选择最优监测站点。由于监测点的数量庞大和位置的分散性，不同的监测站点之间会出现明显的差异，这进一步导致了数据的不一致性。由于受到多种因素的制约，目前大部分边坡变形监测工作都是以相对较低的频率进行的。一方面，过高的监测

频率可能会增加监测的成本；另一方面，过低的监测频率可能会导致监测数据不能真实反映边坡的变形情况。为了提高边坡监测的效率和精度，必须合理地选取不同的监测站点进行长期连续观测。如果选择了不合适的监测网络结构或监测点的配置方法，那么边坡变形信息的提取和分析将会受到严重的干扰。为了保证边坡变形信息准确可靠地获取，必须对不同类型的滑坡进行分类并采取相应的防治措施^[4]。因此，在实际操作过程中，我们需要根据边坡的稳定性、变形特性和监测目标来确定最适合的监测频率。例如，某地域由于建设活动的开展和自然风化作用，边坡发生了一定程度的变形和位移，为了确保开采安全和边坡稳定，决定利用 GPS 技术对边坡进行实时监测。初期，他们每周对边坡进行一次 GPS 监测，但发现监测频率过低，无法及时发现和跟踪边坡的微小变化。一些潜在的不稳定区域被忽视，直到发生严重位移时才被发现。后来，他们将监测频率提高到每日一次，监测结果更加准确和实时，通过分析每日 GPS 监测数据，他们能够及时发现边坡的异常变形，并对易发生滑坡的区域进行重点监控和加固。然而，每日监测的成本和工作量也较大。经过进一步研究和测试，他们发现对于整体相对稳定的边坡区域，每周 2~3 次的监测频率就可以满足要求；而对于活动性较高的边坡区域，则需要每日或更高频率的监测。因此，他们对整个边坡区域进行了分区，对不同区域采取不同的监测频率策略。这种差异化的监测频率优化，既保证了监测的精度和实效性，又降低了整体的监测成本和工作量。

4.3 监测数据处理

监测数据处理策略应该包括以下几个方面：首先，应确保采集到的 GPS 数据的准确性和精度。这可以通过使用高精度的 GPS 设备，选择适当的 GPS 观测站点以及进行准确的地面控制测量来实现。还可以通过使用 RTK（实时动态差分）技术来提高 GPS 数据的精度。其次，为了有效地管理和处理大量的 GPS 数据，需要借助专业的数据处理软件，对数据进行有效的分类、存储和分析。这样可以方便后续对数据进行进一步处理和应用。为了保证数据的可靠性和完整性，还应定期对 GPS 设备进行校准和维护，确保其正常工作和准确输出数据。最后，应设计合理的数据处理方法和算法，对采集到的 GPS 数据进行分析和处理，提取出有效的信息，以提供边坡变形监测的决策依据。监测数据处理策略还应考虑数据的实时性和连续性。边坡的变形监测需要及时获取变形信息，以便及时采取措施进行预警和调整。因此，在数据处理过程中，需要确保数据的实时传输和实时处理，以便及时监测到边坡的变形情况。同时，为了保证数据

的连续性和准确性，可以采用数据融合的方法，将 GPS 数据与其他监测手段（如测量仪器、遥感等）的数据进行融合，从而得到更准确和全面的边坡变形信息。

4.4 数据处理与分析方法改进

在处理和分析 GPS 监测数据的过程中，为了增强数据处理的精确度和高效性，有必要对当前的数据处理和分析技术进行优化。因此，有必要研究如何进一步提高数据处理的质量与效率。这涉及提升数据处理算法的准确性，对数据处理流程进行优化，并采纳前沿的分析技术。通过对传统数据处理方法及数据分析技术的研究，发现目前常用的几种数据处理与分析模型存在一定的缺陷。此外，为了更精确地评估边坡的变形情况，可以采用多种数据处理和分析方法的结合，例如，将 GPS 监测数据与其他类型的监测数据（如红外遥感数据、地震波数据等）融合，从而提高监测结果的可靠性。

4.5 监测成本与效益分析

在对边坡的变形进行监测时，如何平衡监测的成本与其带来的效益成为一个迫切需要探讨的议题。为了确保监测工作能够持续发展，我们需要在确保监测效果的同时，努力降低监测的成本。这涉及挑选具有高性价比的 GPS 设备，对监测网络的布局进行优化，并采纳高效的数据处理和分析手段。通过对不同监测策略的成本和效益进行比较分析，我们能够确定出最合适的监测方法，从而为边坡的变形监测提供一个既经济又高效的解决策略。

5 结语

总之，GPS 技术在边坡变形监测中的应用仍面临诸多挑战，如信号干扰、设备可靠性等。未来研究应着重于提高 GPS 设备的抗干扰能力、优化监测方案和数据处理算法，以进一步提升边坡变形监测的准确性和实时性。同时，加强 GPS 技术在建设工程安全生产领域的推广应用，为中国建设工程的安全生产贡献力量。

参考文献

- [1] 陈洪.GPS在边坡变形监测中的应用和数据处理研究[J].华东科技(学术版),2017(3):5.
- [2] 唐跃书,颜学实.GPS技术在边坡变形监测中的应用与数据处理[J].城市建设理论研究(电子版),2016(6):570.
- [3] 刘恒,谭春腾,周志瀚,等.某高边坡变形监测分析[J].山西建筑,2020,46(19):120-122.
- [4] 李金鹿,张强,朱尚清,等.PS-InSAR在边坡变形监测中的应用研究[J].市政技术,2022,40(7):181-187+204.