

# 工程地质勘察中岩土体变形监测方法及其应用探讨

王聪颖

河北岩渊工程科技有限公司

**摘要:** 文章主要针对目前在实际工程中常用的几种岩土体变形量测手段及技术进行阐述,并对人工量测法、自动量测法和智能量测法的优缺点及使用条件进行了简要分析;最后列举了部分边坡、基坑、隧道中的实际工程实例,详细分析各类监测手段在现场的应用情况及作用,并就监测工作开展过程中存在的如何保证数据精度、如何兼顾经济性和时效性等一些重要议题展开讨论并给出相关建议;最后,笔者拟就岩土体变形监测的发展趋势做一简要预测,主要涉及信息化监测、多种传感器联合使用及大数据处理等内容。以便为今后进一步提高该项技术做出积极有益的尝试并提供一定的参考资料及经验。

**关键词:** 岩土体变形; 工程地质勘察; 监测方法; 位移监测; 自动化监测

## 引言

工程地质勘察是岩土工程领域的一项至关重要的基础性工作,具体核心任务在于对拟建工程场地提供不可或缺的科学依据。特别是在复杂多变的地质条件下,岩土体自身的变形特性包括压缩变形与剪切变形等直接决定了工程结构的安全性及长期稳定性。因此,对岩土体变形过程实施动态监测,已逐渐演变为现代工程地质勘察中一个极为关键的环节。通过实时、连续地获取岩土体的位移、沉降等变形数据,勘察人员不仅能够及时识别出潜在的地质灾害风险前兆,例如滑坡或地基失稳,还能为优化工程设计参数、动态调整施工方案提供至关重要的数据支持。

本文旨在系统性地探讨工程地质勘察实践中,岩土体变形监测所采用的主要技术方法及其具体工程应用。论述将重点剖析传统监测技术与现代自动化、智能化监测技术各自的技术特点、优势局限以及适用场景范围。同时,本文将结合典型的边坡工程与地下工程(如基坑、隧道)案例,具体阐述不同监测方法在实际应用中的效果与价值。针对监测实践中普遍面临的数据准确性保障、监测成本与效率之间的平衡等关键性问题,本文也将提出相应的解决策略与思考。本文将将对岩土体变形监测技术的未来发展趋势进行展望,特别关注智能化监测系统、多源传感技术融合以及人工智能数据分析等前沿方向,以期能为进一步提升该领域的技术水平提供有价值的参考与借鉴。

## 1 岩土体变形监测方法

### 1.1 传统监测方法

#### 1.1.1 大地测量法

大地测量法是一种传统的岩土体变形监测方法,主要是利用精密仪器设备对埋设在被测岩土体上的标

石及水准点进行定期测定以确定它们的空间位移量的方法。它的基本理论依据是几何学原理和物理测量方法相结合来获取岩土体的空间坐标值。这就是它的形变。

实际操作上,首先要对拟测的岩土体表面选取若干个合适的固定测点,并在其处设置固定标志物,比如观测墩或者反射棱镜,从而保证监测标志的稳定性以及长久性;然后进行信息采集,其主要设备有全站仪、水准仪等测绘设备。在一定周期内,将各个监测点的平差后坐标(包括平面坐标及高程坐标)再次复测并计算其坐标值,并根据两次坐标成果来推算岩土体的位移结果。

这种方法的最大优点是精度很高,可以达到毫米级或者亚毫米级水平,在需要高精度监测的情况下有着极大的应用空间,如大型边坡监测、高层建筑倾斜及沉降监测以及桥、坝的监测等。但是,大地测量法因技术体系完善、方法可靠并经工程实践检验的数据具有较高的权威性等特点,在工程地质勘察及岩土工程监测中仍占重要地位。

#### 1.1.2 近景摄影测量法

近景摄影测量是利用摄影测量的基本理论及方法来检测岩土体的变形的一种手段。具体而言,就是采用高分辨率数码相机获取被测岩土体表面上多个不同角度的数码照片,在借助于计算机和图像识别软件的基础上,自动地定位并匹配出所测岩土体上的关键部位,并根据这些关键部位的位置变化计算得到岩土体的位移信息。然后利用空间后方交会和前方交会方法求得被摄目标的空间位置随时间的变化序列,得到岩土体变形场及变形发展状态信息。实际工作中需要建立摄影测量控制网点,使用计量级数码相机或者多镜

头阵列相机,在不同视角下拍摄目标区像片。随后利用相应的数字化摄影测量软件进行图像配准、控制点选取、空三加密以及 DSM 模型的建立,并最终获取大比例尺 DEM 及 DOM 成果,以期对不同时间段 DEM 差值处理后得到精确至毫米级别的形变监测结果。由于该技术具备不接触、不破坏地获取空间信息的特点,可对大范围区域进行高效监测,在危岩体、高边坡及地质灾害应急调查等方面有着独特的优势;但由于相机传感器的空间采样率、影像质量、所选控制点的可靠性、大气扰动以及光照变化等因素均会影响最终结果的精度。其综合误差一般高于精密大地测量方法系统。虽然有以上缺点,但近景摄影测量方法具有空间信息采集效率高、空间采样方式灵活以及成本低廉等特点,并在局部岩土工程变形监测、灾害应急等方面具备突出的优势,是当前工程变形监测的重要手段之一。

## 1.2 现代自动化监测技术

### 1.2.1 GPS 监测技术

GPS 测量是采用全球定位系统 (GPS) 对岩土体进行实时变形测量的一种高精度测量方法,它主要是根据 GPS 接收机所接受到的卫星信号来计算出地面上各观测目标点的位置,以确定岩土体的形变情况。GPS 监测系统主要包括 GPS 接收机、通信网络及数据中心三部分。其中 GPS 接收机用于接收 GPS 卫星信号,并计算出 GPS 坐标,数据传输单元将获取到的数据传送到数据中心,在经过专用软件后实现数据的分析及显示。GPS 测量系统具有精确性好、实时性强、智能化等特点,一般在横向上的精度可以达到 0.几 mm。竖直方向精度为几毫米量级,基本能满足大部分工程形变监测需求;不依赖于地形条件,在恶劣环境下可实现全天候监测,特别适合于大型边坡、大坝等工程的长期监测。

### 1.2.2 光纤传感监测技术

分布式光纤传感监测是利用光纤对力学性质敏感的特性,获取岩土体内部应变信息的一种新型监测技术。在光纤中传输的光波会因外界应力、温度等因素的影响而发生光强、相位、波长、频率或偏振态的变化;通过检测这种变化可以获取光纤所受扰动的信息,即获得岩土体内部应变信息。即可得到反演出的岩土体变形结果,在工程实践中往往将光缆直接埋入到岩土体内或者粘贴在其表面上,利用分布式光纤传感技术能够对整个监测区进行连续性、全天候地监测,光纤传感器布置的方式灵活多变,可以根据具体的工程监测情况,采用直线路由、环形路由或者网形路由等

多种布设形式来满足不同环境及目标监测需求;利用光纤解调仪对监测结果进行获取。将埋入式传感光缆中的光信号经过调制后所携带的信息进行实时提取,并转换成能够代表相应岩土体位移变化的具体物理参数值。

不过此方法也有一定的局限性,例如:光纤传感器安装布置较麻烦,需保证光纤传感器与岩土体有效耦合,并且不能破坏;由于地层条件复杂,在实际使用中易受光纤微弯等影响,造成光信号损失,进而影响监测质量和距离;初期购置设备以及后期维护费用较大。这将是大规模应用的一个瓶颈。

## 2 岩土体变形监测方法的应用

### 2.1 在边坡工程中的应用

边坡工程是岩土工程的重要分支之一,边坡稳定直接影响着工程安全及周边环境安全。因边坡地质情况复杂、变形特征多样,因此选取合理的监测方法极为重要,在确定监测方法的过程中,应充分考虑边坡的地质条件、变形特征及工程要求等相关因素。比如,在对地质构造复杂的边坡进行监测的时候可以选用位移观测的方法来进行边坡变形信息的有效获取,并确保其具有较高的准确度;在对一些环境较差的边坡进行监测时则应当尽量使用不易受到外界环境影响的监测方法,例如杆件受力测试法或者光导纤维传感器监测技术等。除此之外,边坡发生变形的具体情况以及范围也能够作为选取边坡监测方法的一个参考指标。对于边坡变形量较小而局部位移较大的情况,可采用近景摄影测量的方法进行精密监测;而对于大面积变形的情况则应采取 GPS 测量方法进行区域性实时监测。因此,在具体工程实践中应根据不同边坡的实际情况选择合适的技术手段进行监测,这样才能保证监测结果的准确性及有效性。

## 3 岩土体变形监测方法应用中存在的问题与解决策略

### 3.1 监测数据准确性问题

对于岩土体变形来说,监测数据的准确度是保证工程安全的基础条件之一,在实际监测过程中影响监测数据准确性的原因很多,但是最主要的还是仪器自身的精准性、环境因素及人员的操作误差。一方面,仪器的精准度能够直接影响到监测数据获取的准确程度,如采用传统的大地测量法进行监测的过程中,所采用的设备为全站仪或者水准仪,准确性:仪器仪表随着时间推移及维护不当造成测量不准确,给监测带来误差;受环境温度、空气湿度、地下水位等因素的影响。

为了确保所获取的数据更加准确可靠,在对环境

监测结果进行分析的过程中,还需要做好以下几点:一是对相关的检测仪器进行定期校正,确保在使用过程中不会因为仪器自身的问题而产生相应的偏差;二是运用不同方式进行比较性的监测,以保证监测结果的科学性和可靠性。在一定程度上可以克服监测资料准确度不高的缺陷,为工程决策提供更加科学可靠的依据。

### 3.2 监测成本与效率平衡问题

在岩土体变形监测实践中,如何权衡监测的成本及效率是面临的一大难题。其中监测成本主要体现在监测仪器设备的购买、安装调试、数据采集分析等方面;而监测效率则是指监测的时间间隔长短、数据获取及处理的快慢、是否能够实现在线监测等等。若一味地追求高精度监测,这就会造成费用支出较大;如果只注重经济性,又会损失监测信息的质量及时效性,进而带来工程安全隐患。因此,在确保监测质量的基础上如何选取监测手段以及确定监测点位置就显得十分必要了。

对此问题我们可以从以下几点着手解决:第一,结合实际工程情况选取合适的监测手段。如在进行边坡工程时,如果变形规模不大,变形速度较慢,则可以考虑使用较为经济实惠的近景摄影测距法来进行施工质量监控工作;对于大体量的地下工程来说,因为工程的空间局限性和复杂度都比较高,所以应该采取自动化水平比较高的GPS测量技术和光纤传感技术来对施工过程中的质量进行监控,保证监测效果及精度。监测点布置是控制费用的重要因素之一,在满足一定条件下可以适当精简监测点位数量。根据计算分析或者实测成果筛选出重要监测部位进行监测,而对部分次要部位可适当减少监测频率。此外还可采用自动化监测手段来降低监测费用。比如采用AI算法将大量监测数据快速计算出来并加以分析,不仅能够提升监测效率,还节省了人工成本,并能对异常数据发出警报。通过以上做法,在保证工程使用要求的前提下尽可能做到监测成本最小化、效率最

大化。

## 4 岩土体变形监测方法的未来发展趋势

### 4.1 智能化监测技术

当前,人工智能技术和大数据分析技术发展迅速,在岩土体变形监测中具有广泛的发展空间。智能化监测技术是基于传感器网络、数据分析算法及自动化控制系统的岩土体变形监测手段,可对岩土体变形进行快速、准确的监测并及时预警、分析。而大数据分析则是利用大量数据信息的交叉处理来研究岩土体变化与影响因素的相关性,从而增强监测成果的有效性和准确性。智能监测不仅能够减少人为参与度,还能够增强实时性和自动化程度。为复杂条件下岩土工程的安全提供有效保证。

## 5 结论

工程地质勘察中岩土体变形监测是保障工程建设安全与稳定的重要环节,其方法的选择和应用直接影响监测数据的准确性和可靠性。传统监测方法如大地测量法和近景摄影测量法,尽管在操作上相对成熟,但在精度、效率及适用范围上存在一定的局限性;而现代自动化监测技术,例如GPS监测技术和光纤传感监测技术,则凭借高精度、实时性和自动化优势,在复杂工程环境中展现出显著的应用潜力。展望未来,岩土体变形监测方法的发展趋势将更加注重智能化技术和多技术融合。

### 参考文献:

- [1] 薛荣;李建丽;吴昊.复杂地质条件岩土工程勘察工作及相关技术介绍[J].石材,2023,(10):100-102.
- [2] 梁琬坤.浅析岩土体变形监测技术现状及发展趋势[J].智能城市,2019,5(22):138-139.
- [3] 刘义.岩土工程勘察中的综合勘察技术应用[J].风景名胜,2021,(8):0212-0212.
- [4] 王胜利.地质勘查中水文地质问题分析及灾害防治措施探讨[J].建材发展导向,2024,22(6):33-36.
- [5] 杨雷.岩土地质勘察工程中的技术探讨[J].石油石化物资采购,2023,(8):170-172.