

公路边坡变形监测工作存在的问题与建议

苏子灵¹ 黄振皓¹ 杨水生^{*2} 吴建建¹ 吴迪¹

1. 桂林电子科技大学 建筑与交通工程学院; 2. 江西省公路科研设计院有限公司

摘要: 公路边坡变形监测工作对于保障公路工程的施工、运行的安全, 优化公路工程的设计方案具有十分重要的作用。本次研究主要针对公路边坡变形监测工作中的主要内容进行研究, 梳理当前工作中存在的问题, 并提出几条相关的策略, 为有效提升公路边坡变形监测工作质量, 提供良好的理论与数据基础。

关键词: 公路边坡; 边坡变形; 变形监测; 问题; 建议

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.02.068

公路边坡变形监测对于公路是否能够充分发挥安全通行作用具有十分重要的意义, 而在公路工程施工或者维护的过程中, 公路边坡的变形监测可以有效发现公路可能存在的安全风险问题, 比如边坡失稳、滑坡等事故, 在保障公路能够充分发挥作用的同时, 可以有效避免因边坡变形对道路本身带来的损伤现象, 有效提升公路使用寿命的同时, 进一步降低公路维护的成本。

一、公路边坡变形监测工作的主要内容

(一) 边坡地质环境的调查分析

公路边坡变形现象通常是由边坡所处地质环境而造成的, 因此在公路边坡变形监测工作展开之前, 需要加强边坡地质环境的调查与分析。在收集公路边坡周边地质资料的同时, 还需要对其进行归纳和整理, 使相关的资料能够为公路边坡变形提供一定的历史参考数据。同时, 还需要对公路边坡的原位地质情况进行调查, 通过实地考察的方式, 对边坡所处地区的地质构造、土体特性、岩体结构等信息进行充分的了解。然后通过实验室或者信息模拟等方式, 对边坡在该地质条件下发挥的力学结构特点、物理参数等数据有所了解, 从而为边坡稳定性的分析提供客观的数据参数^[1]。而在调查地质条件的同时, 还需要对水文条件进行全面的分析, 比如地下水的水位、降水情况等信息。在整理相关数据的过程中需要分析边坡所处地质环境的变化规律和变化特点, 从而对边坡岩体的稳定性、地下水渗流的规律有所了解, 并掌握影响边坡变形的的主要原因, 为防灾减灾提供可靠的数据基础。

(二) 边坡变形监测点的布置

由于公路边坡变形的发展状态通常具有较大的不同, 例如边坡的变形有可能产生水平、垂直、斜角度等不同角度的位移。因此在边坡变形监测点布置之前, 需要充分了解边坡的监测目的, 确定边坡监测的主要对象, 比如是否对边坡整体进行监测, 还是对局部区域或者是单个构件的变形情况进行监测。在此基础上才能确

定监测点的数量和位置, 必须根据监测对象的空间分布, 使监测点能够更完整的覆盖监测对象, 从而获得更加全面、准确的监测数据。通常情况下, 监测点通常布置在公路边坡容易出现变形的地方, 比如开裂、滑动带等区域。而在确定监测点和监测目标后, 需要选择相应的监测设备。现阶段最常用的有激光雷达、全站仪、倾斜表、传感器等不同的监测设备, 然后根据相关规定的要求安装设备, 并对监测设备的角度进行调整, 使其能够满足数据采集的要求^[2]。最后, 还需要进一步建立监测方案, 根据监测的实际目的和需要, 确定监测的周期。例如一个月、两个月等周期, 通常情况下还需要充分考虑到季节、天气因素对监测数值带来的影响。

(三) 数据采集和处理

根据监测方案, 使用监测设备采集数据的过程中, 需要对设备的数值进行校准, 确保监测的基准面符合数据采集的要求, 然后按照数据采集的时间顺序进行数据的采集和存档, 从而为后续的数据分析提供可靠的基础。为了进一步提升数据采集的准确性, 在数据采集存储完成后, 还需要考虑到实际监测过程中的各种情况, 对数据进行处理, 调整数据的误差, 并对其进行解析^[3]。比如在仪器出现误差、大气干扰较大的情况下, 需要针对相关的数据, 对真实的未移植变化趋势进行有效的调整, 然后根据边坡监测工作的实际要求, 绘制变形曲线、变形图, 使其能够通过图表的方式客观展示边坡的变形情况。而在绘制变形曲线变形图的过程中, 还需要对图中所表示的内容进行解析, 通过数据的分析和判断, 对边坡的稳定性以及变化速度、变化趋势有所了解, 然后根据异常的数值及时进行预警, 同时还需要充分结合边坡所处区域的气候、自然条件等客观因素, 并生成数据报告, 确保数据报告能够真实反映公路边坡的变化趋势和当前的状态, 从而为边坡的管理维护提供可靠的数据基础支持。

(四) 边坡稳定性的评价

在生成数据报表之后, 需要根据数据报表中的具体内容, 对边坡的变形特点和趋势进行稳定性的评估, 同时还需要根据数据中的内容, 对边坡的滑动类型、滑动位置、滑动造成的影响以及影响劳动规律的各种因素进行全面的梳理。通过数值模拟、物理模型、信息模型等不同的模拟方法, 对边坡的受力特点和稳定性状态进行分析, 从而了解边坡在各种运行状态下的情况, 为边坡的维护与治理提供可靠的数据。在此基础上, 还需要基于边坡的滑动机理、环境条件, 对其进行稳定性的评估, 判断当前边坡的状态是否稳定, 在预测其未来变化

趋势的同时,还需要提出相关的建议,以避免变形情况的加剧现象^[4]。此外,为了进一步避免边坡变形对公路安全运行、安全施工带来的不良影响。还需要针对性的建立监测预警机制,通过历史数据与当前数据的比较、预测,对当前边坡运行过程中的状态进行及时的预警和处理,从而保证边坡良好的工作状态。

二、公路边坡变形监测工作中存在的主要问题

(一) 数据分析难度较大

在展开公路边坡变形监测的过程中,数据分析质量是评价监测质量的重要指标,但在实际展开的过程中,数据分析的难度也相对较大。首先,公路边坡变形监测的过程中涉及多个监测点,不同的监测点,其监测的数据也有较大的不同。在采用各种设备展开边坡数据监测的过程中,数据的类型较多、处理量较大,因此对数据处理人员的专业性有较高的要求。虽然可以采用现代设备来提升数据采集的效率和准确性,但也对设备的使用人员提出了更高的技术与素质要求。其次,由于影响边坡稳定性的因素和条件较为复杂,地质水文、天气变化都可能对边坡的稳定性带来不良影响,同时各种因素之间通常具有相互关系。因此很难单独对某一个因素进行评价,需要系统性的看待与边坡稳定性相关的数据内容。而这一特点也导致监测设备采集的数据空间分布相对较广,数据的分散性也导致数据分析难度较大,在数据整合的过程中,无论是对设备还是对分析人员的能力都提出了较高的要求。而在数据处理的过程中,不同的边坡监测数据需要采取对应的处理方法,例如连续位移的监测数据,需要使用趋势分析、分值比较法等方式进行处理,而水位监测数据则需要统计地下水位的变化情况,自然降水的变化情况,然后展开分析才能得出相应的结果。

(二) 边坡形态的多元化

公路边坡在建设的过程中,根据不同的地理条件、建设需求,需要对边坡的高度、坡度、材料等条件进行针对性的调整。比如,现阶段公路边坡主要采用低中高三种类型,低边坡通常高度小于10米,中高度边坡高度在10~30米左右,而高边坡则高于30米。边坡的高度不同,使其对变形数据的测量要求有较大的不同。同时,在边坡建设的过程中,边坡的坡度、倾斜角的大小,都会对其的力学结构特性带来影响。为了避免边坡对施工带来的影响,还需要采用边坡围护措施,以提升边坡的稳定性。在此过程中可能使用土质、石质、混凝土等不同的方式保证边坡的稳定性,对其监测的过程中,也需要充分考虑到这些因素带来的多方面影响^[5]。

(三) 监测周期较长

由于公路边坡变形通常是一个缓慢、持续的过程,短时间的监测很难对公路边坡的变形规律进行全面的把握。因此超过一年或者几年的公路边坡监测工作并不少见。同时,在公路边坡长期监测的过程中,为了进一步

确定环境因素对边坡变形带来的各种影响,还需要在监测的过程中充分考虑到气象、水文、地震等因素,在增加监测目标的同时,也对边坡的监测周期带来了一定的影响。此外,在公路长期使用的过程中,边坡的监测也需要根据公路的负载情况、老化情况进行有效的监测,从而导致部分公路边坡需要保持常时、常态的监测,使公路边坡的监测周期进一步延长。此外,从数据统计的角度上来讲,监测周期越长,相关的数据更能真实展示边坡的变形规律,从而为边坡的治理、维护工作提供更精准的数据支持。

(四) 监测成本过高

在公路边坡监测的过程中,需要使用大量的监测设备来保证数据采集的全面性与可靠性,而多数设备的购置价格通常比较高昂。比如位移传感器、倾角传感器,单个传感器的价格在数百到数千元不等,传感器的精度越高,传感器的采购价格也越高,同时对传感器的维护也提出了更高的要求。而大多数公路边坡监测的过程中,监测的位置并不确定,若位于偏远区域的情况下,运输、安装、维护费用出现大幅上升的趋势^[6]。其次,在监测的过程中,由于需要使用先进的传感器、仪器设备,并确定公路边坡监测的实际需求,从而对监测人员的专业技能要求相对较高,这也导致人力成本会进一步增加。在数据处理的过程中,公路边坡监测的数据量较大,处理分析的时间较长、难度较大,因此对计算机设备的处理能力、工作人员的专业水平有较高的要求。而在公路边坡监测设备的维护过程中,也需要投入大量的人力和物力成本,从而导致公路边坡监测成本过高问题的产生。

三、提升公路边坡变形监测工作水平的策略

(一) 重视公路边坡监测的前期规划

良好的前期规划,可以保障公路边坡监测的有序展开,并进一步提升公路边坡监测的规范化水平。首先,在公路边坡监测之前,需要进一步明确监测的目标、类型、数量、位置,并在此基础上建立公路边坡监测的标准,在对公路边坡特点进行全方面分析的同时,还需要采取合理的措施建立边坡监测计划、方案,并使用合理的设备来保障边坡监测的有效展开。在方案设计的过程中,需要进一步明确监测的周期方法,以及设备和数据处理分析等具体内容。经过综合调研和商讨,提升监测方案的可行性与可操作性。并在此基础上,充分考虑经济效益和监测精度的要求,做好设备性能的平衡,从而展开设备的采购与维护保养工作,以保障公路边坡监测工作的有效展开。此外,还需要进一步展开公路边坡监测的预算编制以及项目申报,明确监测设备采购、人力资源、数据处理等方面的成本和费用,并确保相关手续的齐备,通过事先的预算编制与控制,有效保障公路边坡监测工作的展开。

(二) 提升公路边坡监测技术的先进水平

技术是提升公路边坡监测水平的重要基础，现阶段在公路边坡监测技术中，激光扫描仪、无人机遥感等先进的监测技术被广泛应用到公路边坡监测的过程中。而在技术不断发展与更新的过程中，必须进一步提升公路边坡监测技术的先进水平。一方面，需要积极使用现代公路边坡监测技术，比如微震监测、遥感雷达等监测手段，提升边坡监测的精度，并采用相关的计算机设备来提升数据处理的合理性与可靠性。另一方面，需要积极使用远程自动化的监测手段，通过自动信息收集以及远程通信，使相关的数据能够通过远程传输的方式为监测工作人员提供准确的数据，从而有效避免监测人员频繁出入现场所导致的人力成本增加现象。例如在采用微震监测的过程中，通过微震监测装置以及5G通信系统，可以记录边坡在地震影响下产生的振动数据。可以通过远程管理的方式，对滑坡灾害进行有效的预测，使管理决策人员能够针对预测结果提出相应的解决措施。

（三）建立系统性的边坡数据处理体系

在公路边坡变形监测的过程中，需要建立统一的数据中心，通过数据汇总的方式，提升数据采集、处理、分析的效率。利用数据中心提供的接口和平台，在采集相关数据的同时，通过远程通信的方式，使数据得到及时的共享，并保障各项数据可以用于边坡变形监测的协同处理过程中。而在数据中心处理之前，还需要对原始数据进行预处理，有效去除数据中的误差和噪声，并对其的格式进行转变，使数据能够利用数据中心进行标准化处理，从而有效降低数据处理成本，并提升数据处理的效率。在此基础上，还需要积极使用大数据、云计算、人工智能等先进的数据处理技术，为公路边坡变形监测工作建立专用的数据处理模型，在数据挖掘、识别、拟合的过程中，为提升公路边坡数据处理效率提供可靠的技术保障^[7]。

（四）提升公路边坡监测人员的技术水平

为了更好的利用现代技术完成公路边坡变形监测工作，在职边坡监测人员应当定期展开技术培训工作，针对当前边坡监测的先进技术，制定装备使用、技术应用、应急处理等多方面的课程，以有效提升公路边坡监测人员的技术实例。并在此基础上进一步使用经典案例的分享，鼓励边坡监测人员展开技术分享和学习，并在相互交流的过程中提升边坡监测人员的技术能力和技术水平，使其的操作能力与实践能力得到有效的提升。此外，还应当定期展开监测人员的技术能力考核评估工作，在对其专业能力进行验证的同时，对于存在问题的监测人员进行及时的提醒，从而避免人为因素对路边坡监测质量带来的不良影响。最后，还应当组织公路边坡监测人员定期展开新技术的追踪与研究，从而为公路边坡监测人员的技术水平提升提供新的思路和发展方向，为进一步保障公路边坡监测队伍的素质提供可持续发展的基础。

（五）完善公路边坡监测管理体系

首先，应当进一步健全公路边坡监测制度，在制定完善的管理规章制度的同时，还需要对监测单位、部门、人员的职责进行明确的划分，并进一步建立规范化的公路边坡监测工作流程，为相关工作的实施提供可靠的制度保障。其次，需要进一步加强公路边坡监测设备、技术方面的投入，在采购先进设备、高性价比设备的过程中，还需要对设备的管理、维护建立相应的标准，从而提升设备的使用寿命，并有效避免因设备故障引起的监测数据失真问题。同时，还需要对边坡监测数据管理系统展开进一步的完善，对其的采集、处理、应用等多个环节进行有效的整合，在确保数据可视化、实时化的同时，提升数据查询和应用的及时性。此外，还应当进一步加强公路边坡监测工作的管理与监督，建立科学的评估与考核机制，并严格处理、打击违规行为，同时强化应急处理措施，从而有效避免因特殊情况对公路边坡变形监测工作带来的不良影响。

四、结语

综上所述，公路边坡变形监测工作对于保障公路建设、运行的安全具有十分重要的作用。未来的公路边坡变形监测工作，需要重点朝着经济实惠的方向进行发展，在减少人力投入的同时，进一步提升监测设备的可靠性。在采取先进监测技术的同时，为提升公路边坡监测工作的质量提供良好的基础。

参考文献

- [1] 邵迎. 公路路基高边坡变形监测方法研究[J]. 建筑技术开发, 2022, 49(15): 130-132.
 - [2] 杨克胜. 基于多类型传感器数据融合的公路边坡变形监测技术研究[D]. 长安大学, 2022.
 - [3] 王彦章. 高速公路高边坡变形监测与分析[J]. 山西交通科技, 2022(01): 43-45+49.
 - [4] 刘洋洋, 张大磊, 宋辛辛, 王德生. 基于NURBS曲面建模的山区公路边坡变形监测研究[J]. 河南科学, 2021, 39(10): 1655-1662.
 - [5] 欧耀祥. 高速公路高边坡变形监测方法及数据处理分析[J]. 黑龙江交通科技, 2019, 42(05): 22-23+25.
 - [6] 肖剑锋. 高速公路路基高边坡变形监测与锚固处理[J]. 住宅与房地产, 2017(24): 174.
 - [7] 段懿飞. 高速公路边坡变形监测研究[J]. 科技视界, 2016(19): 135-136.
- 作者简介: 苏子灵(1998-), 女, 汉, 广西贺州人, 本科, 研究方向: 智能检测工作。
通讯作者: 杨水生(1989-), 男, 汉, 江西南昌人, 工程师, 研究方向: 公路勘测设计工作。
课题项目: 江西省交通运输厅科技项目(2022H0030); 桂林电子科技大学大学生创新创业训练计划项目资助(202110595064)。