

Research on Key Technologies for Health Monitoring and Reinforcement of Expressway Slopes

Daqi Zhang

China Railway Construction Kunlun Investment Group Co. Ltd., Chengdu, Sichuan, 610095, China

Abstract

With the continuous expansion of China's expressway network and extended operational lifespans, slope failures such as landslides and collapses have become major safety hazards threatening highway traffic. This study focuses on critical technologies for slope health monitoring and reinforcement in expressways, aiming to overcome limitations in traditional monitoring methods and inadequate targeted reinforcement strategies. The research details methodologies including slope stability analysis, equipment selection, and application, yielding significant conclusions about slope health assessment and reinforcement solutions. These findings demonstrate substantial theoretical and practical value for enhancing the safety and stability of highway slopes.

Keywords

Expressway; Slope health monitoring; Reinforcement technology; Stability analysis

高速公路边坡健康监测与加固的关键技术研究

张大启

中国铁建昆仑投资集团有限公司, 中国·四川成都 610095

摘要

在我国高速公路网持续扩容与运营年限增长的背景下, 边坡失稳引发的滑坡、坍塌等灾害已成为威胁道路通行安全的主要隐患之一。在此背景下, 本文聚焦高速公路边坡健康监测与加固关键技术, 旨在突破传统监测手段精度不足、加固方案针对性弱等瓶颈。本文详细描述了所采用的研究方法和技术手段, 包括边坡稳定性分析、监测设备的选择和使用等, 得出了关于边坡健康状态评估和加固方案的重要结论, 对于提高高速公路边坡的安全性和稳定性具有重要的理论和实践价值。

关键词

高速公路; 边坡健康监测; 加固技术; 稳定性分析

1 引言

高速公路项目经常因高边坡病害而影响建设工期或项目的运营。因此, 通过研究施工期间的过程监测、运维中病害的在线监测等方式, 对边坡结构的裂隙、位移、温湿度等进行实时监测, 同时运用监测的数据, 可以形成建设施工、运营维护的重要依据和内容^[1]。

研究的意义体现在多个方面: 首先, 它能够评估边坡建设及运营时期的状态, 为崩塌、滑移的预警、分析、处治等提供较为准确的数据; 其次, 它也有助于检验边坡处治设计和施工效果, 判断边坡处治后的稳定性; 最后, 研究成果可以为未来的设计、施工、运营提供宝贵的经验和科学依据。

2 边坡稳定性分析

2.1 边坡稳定性的影响因素

影响高速公路边坡稳定性的因素是多方面的, 可以从内在因素和外在因素两个方面进行分析。

内在因素主要包括:

地层与岩性: 不同的地层和岩石性质对边坡的稳定性有重要影响。

地质构造和地应力: 岩石中结构面的存在降低了岩体的整体强度, 增强了岩体的变形特性, 并可能引发剪切滑移、张裂破裂、错动变形等失稳现象。

外在因素则包括:

振动作用: 例如地震等自然灾害可能会对边坡稳定性产生影响。

气候条件和风化作用: 长期暴露在大气中的岩石会受到风化作用的影响, 改变其物理、化学性质, 从而降低岩石的强度。

坡体植被和人类工程活动: 例如过度开采、建设等都可能破坏坡体的平衡, 影响其稳定性。

【作者简介】张大启 (1977-), 男, 中国四川隆昌人, 本科, 工程师, 从事交通工程研究。

因此,对于高速公路边坡的稳定性分析,需要综合考虑这些内在和外在因素,采取适当的预防和治理措施以确保公路的安全运营。

2.2 边坡失稳的类型和特征

边坡失稳的类型和特征多种多样,通常可以将其归纳为平面滑动破坏、圆弧滑动破坏等主要形式。

此外,边坡失稳的形式还可能受到岩体结构面的各种特征影响。这些特征包括结构面的成因类型、组数和数量、连续性及其间距、起伏度及粗糙度、表面结合状态及充填物、状况及其与边坡临空面的关系等。

2.3 边坡稳定性评估方法

边坡稳定性的评估方法有很多种。其中,工程类比法是最常用的一种,这种方法通过将要分析的边坡与已研究的边坡进行对比,包括直接对比法和间接对比法^[2]。另一种方法是以地质过程机制分析和变形控制为基础,对边坡岩体结构特征和变形破坏模式进行研究,并建立一套适合山区高速公路高边坡动态支护设计的理论和方法体系。

3 边坡健康监测关键技术

3.1 监测技术概述

高速公路边坡监测技术目前常见的监测方法主要包括表面位移监测、深部位移监测、裂缝监测和沉降监测。这些监测方法可以满足公路边坡的基本监测需求,并且在市场上已经有基于不同技术的监测设备供选择,如雷达和基于北斗定位的设备。

3.2 新型监测技术及其优势

新型监测技术主要包括遥感技术、光纤传感技术、无人机监测等。这些技术的应用,显著提高了监测的效率和准确性。

新型监测系统还可以根据各层设备和系统功能整合数据通信,支持无线蜂窝网络、短信、北斗等多种通信方式,实现数据的实时采集、处理、存储和分析。这不仅开启了信息发布途径,实时展示信息数据和预警信息,也为边坡的稳定性评估和灾害预警提供了科学依据。

3.3 监测数据的采集、处理和分析

边坡监测数据的采集、处理和分析主要包括以下内容:

首先,通过各种监测技术(如遥感技术、光纤传感技术、无人机监测等)对边坡进行实时监测,获取原始监测数据。这些监测技术各有特点,可以根据实际需要选择使用。

然后,将采集到的原始监测数据进行预处理,包括数据清洗、数据校正等,以消除数据中的噪声和误差。这一步骤对于提高数据的质量和准确性至关重要。

接下来根据预处理后的数据,采用相应的数据处理模型进行分析,包括数据分析、模型建立和预测等。例如,可以通过分析监测数据,找出影响边坡稳定性的因素,预测边坡可能发生的变形情况。

最后,将处理和分析的结果进行可视化展示,如制作图表、地图等形式,以便于工程人员对边坡的稳定性状况进行直观的理解。此外,还可以将这些结果与预设的阈值进行比较,如果超过阈值则发出预警信息,为边坡的灾害预防提

供科学依据。

4 边坡加固关键技术

4.1 加固技术概述

边坡加固与防护技术是保障高速公路交通安全的重要措施。加固方法的选择需要考虑各种因素的影响,包括地质条件、施工环境、工程要求等。常见的边坡加固方法有:锚杆挡墙、土钉墙、预应力锚索、喷浆护坡、注浆加固等。

4.2 新型加固技术的发展和應用

边坡的新型加固技术主要包括生态修复、地质聚合物注浆和预应力锚索等。

生态修复是一种以生物措施为主,结合物理和化学手段进行边坡治理的方法。它通过种植植物或者采用微生物处理等技术,改善边坡的土质和水分条件,提高边坡的稳定性和抗侵蚀能力。然而,我国在边坡生态恢复的研究上还存在一些问题,如植物选择不当、技术措施不完善等,这些问题都需要我们进一步研究和解决。

地质聚合物注浆是一种新型的加固方法,它是将特定的材料以溶液的形式注入到土壤中,使其凝结硬化,从而提高土壤的整体稳定性。这种方法具有施工方便、效果显著等优点,但也需要针对具体的地质条件选择合适的注浆材料和工艺参数。

预应力锚索是一种在边坡中钻孔,安装预应力钢绞线,然后通过张拉预应力钢绞线使边坡受力均匀,从而提高边坡稳定性的方法。这种方法适用于高陡边坡和大变形边坡的加固工程,能够有效提高边坡的稳定性和安全性。

这些新型加固技术的发展和應用,不仅可以提高边坡的稳定性和安全性,而且可以保护环境,实现公路建设工程的可持续发展。

4.3 加固方案的设计和选择原则

边坡加固方案的设计和选择原则主要包括:一是安全性原则:这是设计边坡加固方案的首要原则,设计方案必须确保边坡的稳定性,防止滑坡、崩塌等灾害的发生;二是经济性原则:在满足安全性的前提下,设计方案应尽可能经济合理,以降低工程成本;三是可行性原则:设计方案必须可行,包括技术可行、施工可行和经济可行;四是环保性原则:设计方案应考虑环境保护,避免对环境造成破坏;五是持久性原则:设计方案应具有持久性,能够长期保持边坡的稳定性;六是适应性原则:设计方案应适应地质条件、气候条件、施工条件等因素的变化;七是综合性原则:设计方案应综合考虑各种因素,如地质条件、施工环境、工程要求等,以达到最佳效果。

5 边坡健康监测与加固的综合应用研究

5.1 基于监测数据的边坡稳定性预警系统构建

构建基于监测数据的边坡稳定性预警系统应完善基础监测设备的布设,完成数据的采集与管理,对数据进行处理与分析,并建立预警机制。

通过实施以上项目,可以构建一套完整的基于监测数

据的高速公路边坡稳定性预警系统,有效预防和控制边坡灾害的发生。

5.2 监测结果对加固决策的指导作用

边坡监测结果对于加固决策具有重要的指导作用。首先,监测数据可以提供关于边坡稳定性的实时信息,如位移、应力和地下水位等。这些数据是制定有效的施工方案和评估设计效果的重要依据^[3]。

其次,如果监测结果显示边坡存在潜在的稳定性问题,可以根据数据反馈及时调整设计和施工方案,以防止滑坡等灾害的发生。

最后,监测结果也可以用于评价加固措施的效果。某高速公路边坡在补强加固后,监测结果显示坡体变形速率迅速回落,边坡处于稳定变形状态。这一结果验证了补强加固的有效性。因此,可以说,高速公路边坡监测结果是加固决策不可或缺的重要参考^[1]。

5.3 加固效果的监测与评估

边坡加固效果的监测与评估是一个复杂的过程,需要结合地质条件、施工环境和工程要求等因素进行。监测内容通常包括位移、应力和地下水位等。这些数据可以通过各种设备和工具获得,如多点位移计、锚杆应力计、测斜仪、水位计等。此外,监测结果的分析也需要采用适当的方法。

对于加固效果的评估,主要是根据监测数据来判断边坡的稳定性和安全性。如果监测结果显示边坡存在潜在的稳定性问题,可以根据数据反馈及时调整设计和施工方案,以防止滑坡等灾害的发生。

6 未来发展趋势和挑战

6.1 边坡健康监测与加固技术的发展趋势

在线监测技术的应用:随着信息化的推进,边坡位移、应力和地下水位等关键参数的在线监测将更加普及。监测结果不仅可以指导施工,还可以反馈设计,为施工决策提供重要依据。

绿化防护的推广:未来的边坡防护工程将更多地采用植物防护方法,以实现边坡的生态化和可持续性。这种方法在保护边坡稳定的同时,也有利于生态环境的保护。

工程防护的结合:对于单靠植物防护不能保证稳定的边坡,应结合混凝土、框格、砌石等工程防护方法,以确保边坡的稳定性。

高质量的公路养护管理:根据《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》,未来将更加注重公路养护管理的高质量发展,以满足公众对安全便捷出行的需求^[4]。

联合监测的方法:通过对比位移与锚固力随时间的变化规律,分析边坡变形发展的阶段及主要影响因素,动态评估边坡的稳定性,为现场实现信息化施工提供全程跟踪和指导。

6.2 面临的主要挑战和问题

监测设备的精度和稳定性:监测设备需要具有高精度和高稳定性,以获取准确的数据。然而,目前的监测设备尚存在一定的局限性,如精度不高、易受环境影响等。

数据处理和分析:监测数据的处理和分析需要采用适当的方法,以提取出关键信息。然而,由于监测数据的复杂性,如何准确、有效地处理和分析数据仍然是一个挑战。

监测结果的实时反馈:监测结果需要能够及时反馈到设计和施工中,以指导施工并预防灾害的发生。然而,目前的监测系统尚未实现实时反馈,这也是一个需要解决的问题。

边坡结构变化的突发性强、分布广和隐蔽性等特点,对高速公路运营管理危害极大。因此,如何有效地预测和防止边坡变形,是一个重要的挑战。

边坡防护设计的难度大:根据不同的地质背景和岩土类型进行有效的边坡防护设计,是一个重要的问题。

7 结论

7.1 研究的主要成果

高速公路边坡健康监测与加固技术的研究主要成果和贡献包括:

提出了一套完整的边坡在线监测体系,实现了施工安全监测和处治效果监测。同时,新的边坡加固治理方法和设计思路,如预应力锚索框架梁、土钉墙加筋板等,可以有效地防止边坡的变形和破坏。

7.2 对未来研究的建议

展望未来,高速公路边坡健康监测与加固技术的重要性将逐步凸显,针对现状提出以下建议:

提高监测设备的精度和稳定性:通过研发新的监测设备或改进现有设备,提高监测数据的精度和稳定性。

发展数据处理和分析方法:研究和开发新的数据处理和分析方法,以更准确、有效地处理和分析监测数据。

实现监测结果的实时反馈:建立实时反馈系统,将监测结果及时反馈到设计和施工中,以指导施工并预防灾害的发生。

加强边坡变形预测和防止的研究:通过深入研究边坡变形的机理,发展有效的预测方法和防治措施。

优化边坡防护设计:根据不同的地质背景和岩土类型,进行更科学、合理的边坡防护设计。

加强联合监测的研究:通过对比位移与锚固力随时间的变化规律,分析边坡变形发展的阶段及主要影响因素,动态评估边坡的稳定性。

推广绿化防护的应用:在保证边坡稳定的同时,更多地采用植物防护方法,以实现边坡的生态化和可持续性。

参考文献

- [1] 赵锡灿,陈登峰,陈林盛.黑龙江科学[J].不同边坡防护形式对降雨入渗的影响分析,2021,(12):25-26.
- [2] 刘洪博,佟磊,张龙,韩科胤,丛波.中国地质灾害与防治学报[J].S303公路边坡崩塌灾害体发育特征及其危险性评价,2020,(8):12-13.
- [3] 李尤.黑龙江交通科技[J].高速公路高边坡设计要点与稳定性评价方法,2019,(12):23-24.
- [4] 张超,魏松涛,刘彬,李永荃,赵亚伟.公路[J].山区高速公路灰岩质高陡边坡失稳与加固措施分析,2023,(7):265-269.