

# 高陡边坡变形监测和防护加固技术的探讨

冯学达

东乌珠穆沁旗边防公路养护中心 内蒙古 锡林郭勒盟 026000

**摘要:** 本文探讨了高陡边坡的变形监测和防护加固技术。首先介绍了传统和现代变形监测技术,并分析了其适用性和局限性。接着,阐述了多种防护加固技术,包括植被防护、网格防护、土壤钉加固、抗滑桩加固和预应力锚索加固等。在选择和实施防护加固技术时,需要考虑地质条件、变形程度、成本和效益等因素。最后,总结了变形监测和防护加固技术在高陡边坡中的应用,并展望了未来研究方向和技术发展趋势。本文的研究成果可为高陡边坡的治理提供技术支持和参考。

**关键词:** 高陡边坡; 变形监测; 防护加固技术

## 引言

高陡边坡是指坡度陡峭、高度较大的坡地。由于其地形特殊,高陡边坡常常发生变形和失稳,给人们的生产和生活带来很大的危害。因此,对高陡边坡进行变形监测和防护加固是非常必要的。本文旨在探讨高陡边坡变形监测和防护加固技术的研究现状和发展趋势,为高陡边坡的治理提供技术支持和参考。

### 1 变形监测和防护加固技术的重要性

变形监测和防护加固技术在工程领域具有不可忽视的重要性。这两者都是确保工程结构安全、稳定和耐久性的关键措施。以下将分别讨论变形监测和防护加固技术的重要性。

#### 1.1 变形监测的重要性

变形监测是对工程结构进行实时、精确的测量,以了解其形状、位置等参数的变化情况。其重要性体现在以下几个方面:通过实时监测结构的变形情况,可以及时发现潜在的安全隐患。一旦检测到异常变形,可以迅速采取应对措施,防止事故发生。变形监测数据可以为结构健康诊断提供重要依据。通过对监测数据进行分析,可以了解结构的受力状态、损伤程度等信息,为后续的维护、加固提供决策支持。变形监测结果可以为工程设计提供反馈。通过比较设计预期与实际变形情况,可以对设计进行优化,提高结构的性能。

#### 1.2 防护加固技术的重要性

防护加固技术是对工程结构进行增强、加固的措施,以提高其承载能力、抗震性能等。其重要性体现在以下几个方面:通过加固处理,可以增强结构的承载能力,减少因外力作用引起的破坏风险,这对于保障人民生命财产安全具有重要意义。防护加固措施可以延缓结构的老化过程,延长其使用寿命。这对于节约资源、减

少浪费具有积极作用。通过加固改造,可以提高结构对外部环境变化的适应性。例如,在地震多发区,通过抗震加固技术,可以显著提高建筑的抗震性能,降低地震灾害风险。

## 2 高陡边坡变形监测技术

### 2.1 传统变形监测技术

(1) 目测检查。在高陡边坡变形监测中,传统的方法一直发挥着重要作用。这些方法简单、直观,虽然存在局限性,但在适当的条件下,它们依然能够提供有价值的信息。目测检查是其中最为基础的方法<sup>[1]</sup>。专业人员凭借经验,定期对边坡进行目视观察,寻找如裂缝、滑坡等明显变化的迹象。这种方式的优点在于其简洁性,不需要复杂的设备,但缺点也同样明显。目测检查高度依赖观察者的经验,对于微小的变形很难准确捕捉,而且受观察角度、光线等多种因素影响。为了更精确地监测变形,标杆测量法被引入。这种方法在边坡上设置固定的标杆,通过定期测量标杆的位置变化来推断边坡的变形情况。标杆作为参考点,能够提供更为客观的量化数据。然而,这种方法也有其局限性。首先,标杆的设置密度直接影响了监测的精度。过于稀疏的设置可能会漏掉某些重要信息,而过于密集则会增加成本和测量难度。其次,测量精度也是一个不可忽视的因素。受限于测量工具和方法,标杆位置的测量误差可能累积,从而影响最终的变形判断。(2) 标杆测量。在高陡边坡变形监测中,传统技术占据了重要的地位,其中标杆测量法是一种经典且实用的方法。该方法主要依赖于在边坡的关键位置设置标杆,通过定期测量标杆的高度变化来推断边坡的变形情况。尽管标杆测量法具有一定的局限性,如在复杂地形或大范围内的应用可能会受到限制,并且受到天气、人为因素等干扰,可能导致测量误差。

尽管如此,标杆测量法依然具有其独特的优势和应用价值。它简单易行,成本低廉,适用于小范围、低成本的山坡监测。在实际项目中,如果条件适宜,采用标杆测量法能够迅速获得变形数据,为工程决策提供支持。为了进一步提高标杆测量法的精度和可靠性,可以结合现代技术进行优化。例如,采用高精度测量工具,如电子全站仪、GPS定位系统等,以提高测量的准确度。同时,可以结合目测检查,定期对边坡进行目视观察,记录表面裂缝、色泽变化等直观信息,这些信息可以与标杆测量数据相互印证,提供更全面的变形分析。综上所述,标杆测量法虽然受到一些限制,但在合适的条件下,结合现代技术和目测检查,仍可以成为一种有效、经济的高陡边坡变形监测手段。在实际应用中,应根据项目需求和现场条件,灵活选择监测技术,确保数据的准确性和工程的安全。需要注意的是,无论是目测检查还是标杆测量,都需要专业人员进行操作和判断。他们的经验和对当地环境的了解是影响监测结果的关键因素<sup>[2]</sup>。因此,加强人员培训,提高其对边坡变形迹象的识别能力,是确保传统变形监测技术有效实施的重要环节。

## 2.2 现代变形监测技术

在高陡边坡变形监测领域,现代技术的运用为工程师提供了更精确、更全面的数据,使得他们能更好地理解边坡的行为并预测可能的变形。以下是几种主要的现代变形监测技术。

### 2.2.1 GPS定位技术

在变形监测领域,技术的进步为工程师提供了更为精确和高效的工具。其中,GPS定位技术以其高精度和实时性,在变形监测中发挥了不可或缺的作用。全球定位系统(GPS)原本是为了导航而开发的,但随着时间的推移,它的应用已经远远超出了最初的设定。在变形监测中,GPS定位技术成为了一个重要的手段。当我们在边坡等结构上战略布局GPS接收器时,它能够实时、连续地监测到边坡的三维位置变化。这意味着,不仅仅是平面的移动,连高度上的微小变化都能够被精确地捕捉到。这种技术的优势还在于它的高精度。传统的变形监测方法可能会受到各种外部因素的干扰,导致数据存在一定的误差。而GPS定位技术则能够在任何天气条件下,都保持高精度的监测。同时,它还能够提供大范围的覆盖,这使得工程师可以更加全面地了解到边坡的变形情况。除了实时的变形数据,GPS数据还可以用于分析边坡变形的速率和趋势。这对于预防和维护策略来说至关重要。通过对数据的深入分析,工程师可以预测未来边坡的变形情况,从而提前采取相应的措施,避免可能出现的灾

害。因此,GPS定位技术在现代变形监测中,为工程师提供了宝贵的数据支持,使得变形监测更为精确和高效。

### 2.2.2 遥感技术

在变形监测领域,遥感技术已经成为一种不可或缺的工具。这种技术主要依赖卫星或飞机上的传感器来捕获地表的信息,为各种工程,特别是边坡监测,提供了宝贵的数据<sup>[3]</sup>。遥感技术在边坡监测中的应用尤为突出。传统的边坡监测方法往往局限于某一点或某一区域,而遥感技术则能够定期获取大范围的边坡图像,这使得工程师能够从一个更宏观的角度来观察边坡的变化。当边坡发生变形时,其表面的色调、纹理等特征往往会发生变化。遥感技术能够高精度地捕捉到这些变化,从而为工程师提供边坡变形的线索。通过对这些图像进行深入的分析,工程师可以推断出边坡的变形情况,进而采取相应的工程措施。除了常规的图像分析外,一些高级的遥感技术还可以生成数字高程模型。这种模型能够精确地展示边坡的三维形态,从而使工程师更能准确地了解边坡的三维变形情况。对于那些地形复杂、变形严重的边坡来说,无疑是一种极为有价值的工具。总的来说,遥感技术为现代变形监测领域带来了革命性的变革。它不仅提高了监测的效率和精度,更为工程师提供了一种全新的、宏观的观察视角,使得变形监测更为全面和准确。

### 2.2.3 InSAR技术

干涉合成孔径雷达(InSAR)技术,作为遥感领域的一次技术革新,为变形监测提供了全新的视角和解决方案。它工作的原理是基于合成孔径雷达(SAR)获取的相位信息,进而分析并提取出地表的高程信息与形变。传统的变形监测方法往往受到地形、环境等多种因素的制约,而InSAR技术的出现,打破了这些限制。它能够在不直接接触目标的情况下,实现高精度、大范围的监测,这得益于其高精度的测量能力。更为值得一提的是,对于地形复杂、人类难以接近的区域,InSAR技术展现出了其独特的优势。比如,高陡边坡的监测,传统方法不仅操作困难,而且数据收集受限。而InSAR技术不仅能够轻松覆盖这些区域,更能够提供连续、全面的数据,为工程师提供了宝贵的信息。这项技术的出现,无疑为工程师提供了一种新的、强大的工具。更重要的是,它为高陡边坡的变形监测与管理带来了前所未有的便捷与准确性。随着技术的进一步发展,我们有理由相信,InSAR技术将在未来的变形监测领域发挥更大的作用,为保障人民生命财产安全提供更坚实的技术支撑<sup>[4]</sup>。

## 3 高陡边坡防护加固技术

### 3.1 防护技术

防护技术是高陡边坡治理的关键环节,其目的在于防止坡面的进一步风化、侵蚀和崩塌,提高边坡的整体稳定性。(1)植被防护。植被防护技术是一种常用且生态经济的边坡防护方式。其基本原理是利用植物的生长活动,通过根系固土、茎叶挡水等方式来达到稳定边坡、防止水土流失的目的。这种防护方式不仅有助于保护生态环境,还能在一定程度上降低工程成本。在实施植被防护时,植被的选择是关键。需要考虑当地的气候条件、土壤性质以及坡度等因素。例如,在气候条件恶劣、土壤贫瘠、坡度陡峭的情况下,应选择根系发达、耐旱、耐贫瘠的植物。这样可以确保植物在恶劣环境下也能正常生长,发挥其防护作用。同时,还需要考虑植物的生长速度、覆盖面积等因素,以确保植被的成活率和防护效果。此外,植被防护技术的实施还需要结合土木工程技术。例如,在边坡较陡的地方,可能需要进行坡面加固,再种植植物。同时,为了促进植物的生长,可能还需要进行土壤改良、施肥等处理。(2)网格防护。网格防护是一种新型的边坡防护技术。它采用高强度聚合物材料制成网格结构,覆盖在坡面上。这种网格具有良好的韧性和抗紫外线性能,能有效抵抗自然环境的侵蚀,防止坡面的风化和侵蚀。同时,网格防护技术还能与植被防护技术相结合。在网格内可以填充土壤,然后种植植物。这样,植物的生长就能与网格结构形成稳定的植被覆盖层,进一步提高边坡的稳定性。网格的存在也能为植物的生长提供一个良好的环境,促进植物的生长。

### 3.2 加固技术

加固技术是针对已经出现失稳迹象的高陡边坡进行的一种强化手段,旨在提高边坡的抗滑能力和整体稳定性。(1)土壤钉加固。加固技术对于已经出现失稳迹象的高陡边坡来说,是一种至关重要的强化手段。这种技术的目标是提高边坡的抗滑能力和整体稳定性,防止进一步的土壤侵蚀和可能的滑坡。在防护加固技术中,土壤钉加固、抗滑桩加固和预应力锚索加固是常用的方法。土壤钉加固技术是一种被动加固技术,它的原理是利用土壤钉的抗拔力,将坡体内部的剪切力传递到稳

定的土层中。土壤钉通常由钢筋或高强度聚合物材料制成,一端锚入稳定的土层中,另一端与坡面固定。这种加固技术施工简便,成本低廉,且对周边环境的影响较小。因此,土壤钉加固技术特别适用于土质边坡的加固。(2)抗滑桩加固。抗滑桩加固技术是一种主动加固技术,它使用钢筋混凝土桩或钢桩,沿坡面打入稳定土层中<sup>[5]</sup>。抗滑桩通过桩身的摩擦阻力和端承力,为坡体提供额外的抗滑力矩,从而有效提高坡体的稳定性。这种加固技术适用于土质和岩质边坡的加固,尤其对于大型滑坡的治理效果显著。然而,抗滑桩加固技术的施工难度较大,成本较高,需要精心的设计和施工。(3)预应力锚索加固。预应力锚索加固技术是一种高强度、高效率的加固方法。它利用高强度钢绞线制成的锚索,一端固定在坡体内部的稳定岩层或土壤中,另一端通过预应力张拉设备施加预应力,然后固定在坡面上的锚具上。预应力锚索能够有效地调整坡体内的应力分布,显著提高坡体的整体稳定性和抗滑能力。这种技术的优点在于其能够适应各种复杂的地质环境,且加固效果好,因此被广泛应用于高陡边坡的加固工程中。

### 结语

总而言之,通过本文的研究,我们深入了解了高陡边坡变形监测和防护加固技术的重要性和应用现状。在未来,我们期待通过不断的技术创新和实践探索,进一步提高高陡边坡的稳定性和安全性,为保障人民生命财产安全和社会经济发展做出更大的贡献。

### 参考文献

- [1]周新磊.(2019).边坡变形与应力监测技术研究进展与展望.工程地质学报, 27(06),1135-1148.
- [2]张伟兵.(2019).基于光纤传感的边坡变形监测技术研究进展.工程地质学报, 27(06),1149-1162.
- [3]刘振兴.(2020).公路高陡边坡施工稳定性动态监测研究.工程地质学报, 27(06),1163-1176.
- [4]杨志强.(2020).堆积体高陡边坡稳定性分析及防治措施研究.工程地质学报, 26(S2),359-364.
- [5]陈永强.(2021).高陡边坡变形监测方法综述.工程地质学报, 25(S2),349-354.