

结合植被覆盖指数的水利水电高边坡生态稳定性评估方法

刘伟男

河北省迁安市水利局, 河北 迁安 064400

DOI:10.61369/WGEST.2025020001

摘要: 随着水利水电工程的建设, 边坡生态稳定性逐渐成为重要课题。高边坡区域的生态稳定性直接影响水利水电工程的长期运行及安全。植被覆盖指数 (VCI) 作为评估植被健康的重要指标, 对于高边坡的生态稳定性评估具有重要意义。该方法通过分析不同植被覆盖程度与坡面稳定性的关系, 能够更精准地评估边坡的生态风险与稳定性变化。VCI 值的变化不仅反映了植被的生长情况, 也间接揭示了水土保持能力和边坡抗冲刷能力的变化。采用植被覆盖指数的评估方法, 不仅有助于提高高边坡的生态环境管理效率, 也为未来水利水电项目的生态安全监测提供了科学依据。

关键词: 植被覆盖指数; 水利水电; 高边坡; 生态稳定性; 水土保持

Evaluation Method of Ecological Stability of High Slope of Water Conservancy and Hydropower Combined with Vegetation Coverage Index

Liu Weinan

Qian 'an Water Conservancy Bureau, Hebei Province, Qian 'an, Hebei 064400

Abstract: With the construction of water conservancy and hydropower projects, the ecological stability of slopes has gradually become an important topic. The ecological stability of high slope area directly affects the long-term operation and safety of water conservancy and hydropower projects. Vegetation coverage index (VCI), as an important index for evaluating vegetation health, is of great significance for evaluating the ecological stability of high slopes. By analyzing the relationship between different vegetation coverage and slope stability, this method can evaluate the ecological risk and stability change of slope more accurately. The change of VCI value not only reflects the growth of vegetation, but also indirectly reveals the change of soil and water conservation ability and slope erosion resistance. The evaluation method of vegetation coverage index is not only helpful to improve the efficiency of ecological environment management of high slopes, but also provides a scientific basis for ecological security monitoring of water conservancy and hydropower projects in the future.

Keywords: vegetation coverage index; water conservancy and hydropower; high slope; ecological stability; soil and water conservation

引言

随着全球气候变化及人类活动的加剧, 高边坡区域的生态系统逐渐面临严峻挑战。在水利水电工程建设过程中, 边坡的稳定性对于工程的安全性至关重要, 尤其在高边坡区域, 生态稳定性与水土流失、灾害防治等方面密切相关。植被作为天然的生态屏障, 在高边坡稳定性中起着决定性作用。植被覆盖指数 (VCI) 能够实时反映植被的生长状况, 是评估生态稳定性的重要指标。利用 VCI 对高边坡生态稳定性进行评估, 不仅可以为边坡的保护提供科学依据, 还能有效防止滑坡等灾害的发生。通过这一方法的应用, 能够实现对边坡生态环境的动态监测和管理, 确保水利水电工程在生态友好的环境下顺利运行。

一、植被覆盖指数与高边坡生态稳定性的关系

(一) 植被覆盖指数的定义与计算方法

植被覆盖指数 (VCI) 是衡量区域内植被生长状况的一个重要

遥感指标, 通过反映不同时间段内植被的健康状况来评估生态环境的变化。VCI 值通常基于卫星遥感数据、地面气象数据以及植被指数 (如 NDVI) 进行计算。通过比较当前时间段的植被指数值与历史最大和最小值, VCI 能够有效识别植被的异常变化, 进而反映

作者简介: 刘伟男 (1987.08-), 男, 汉族, 河北唐山人, 学历: 本科, 职称职务: 工程师, 研究方向: 水利水电工程。

出该区域的生态环境健康水平。在水利水电项目中，VCI的计算通常依赖于遥感影像的时间序列数据，对不同季节和年份的植被覆盖进行动态监测。通过这些数据，能够准确掌握边坡植被的生长情况，为评估高边坡的生态稳定性提供可靠的量化依据。

（二）植被覆盖对边坡稳定性的影响机制

植被覆盖在高边坡的生态稳定性中起着至关重要的作用。植被的根系可以通过增加土壤的抗剪强度来有效减缓坡面的滑动风险。特别是多年生植被，其根系深入土壤，在降水过程中起到固土作用，减少土壤的冲刷与侵蚀。植物通过蒸腾作用调节坡面湿度，减少水分对坡面的侵蚀。植被的覆盖层还能够有效减缓雨水冲刷的速度，降低水土流失的可能性。高植被覆盖度通常意味着坡面在面对极端天气事件（如暴雨、强风）时具有更强的抵抗力。对于高边坡而言，良好的植被覆盖能够显著降低滑坡、泥石流等地质灾害的发生概率，从而保障水利水电工程的安全运行。评估植被覆盖度是高边坡生态稳定性研究中的重要环节。

（三）VCI在生态稳定性评估中的应用案例分析

VCI作为评估高边坡生态稳定性的工具，已被广泛应用于多个水利水电项目的环境监测中。在某些山区水电站的高边坡监测中，通过利用VCI值的变化，能够实时了解边坡植被的生长变化。研究发现，在植被覆盖度较低的边坡区域，VCI值的长期波动往往意味着生态环境的不稳定，而在植被覆盖较好的地区，VCI的稳定性则表明边坡具有较强的生态承载力。在某些特定地区，通过对比不同年份的VCI变化，研究者可以预测不同环境管理措施的效果。在某些边坡的植被恢复项目中，通过跟踪VCI值的变化，评估了恢复措施对水土保持和坡面稳定性的实际影响。此类应用不仅提高了植被恢复的科学性，也为其他高边坡生态稳定性评估提供了宝贵的参考经验。

二、高边坡生态稳定性评估的现有方法与不足

（一）传统生态稳定性评估方法概述

传统的高边坡生态稳定性评估方法多依赖于现场勘查和工程地质分析，主要通过地质勘探、土壤测试以及人工观测等方式收集数据。这些方法虽然能够提供一定的基础数据支持，但由于其主观性强、劳动强度大且数据更新不够及时，因此在实际应用中存在一定的局限性。传统方法通常只关注边坡的单一因素，如土壤成分、坡度、岩层结构等，而忽视了植被覆盖、降水等多重生态因素的综合影响。随着技术的发展，传统方法逐渐暴露出数据的时效性不足、空间分布不均和实时监控困难等问题，这促使了基于遥感技术和植被覆盖指数的生态稳定性评估方法的兴起。

（二）现有方法的局限性分析

尽管传统评估方法为高边坡的稳定性提供了初步的认识，但仍面临着若干局限性。传统方法的数据获取多依赖现场勘测，无法实现大范围、长时间的动态监控。现场勘测往往受到人力、物力和时间的限制，且具有较强的局部性，难以全面反映整个高边坡的生态状态。这些方法大多缺乏对环境变化的快速响应能力，尤其是在自然灾害发生时，评估结果往往滞后，无法及时提供预

警。再次，传统方法未能充分考虑多种因素的相互作用，如植被覆盖、气候变化、土壤湿度等因素对边坡稳定性的综合影响。现有评估方法在应对复杂多变的自然环境条件时存在较大不足，需要借助更先进的技术手段进行补充与完善。

（三）VCI评估方法的优势与创新性

相比传统方法，植被覆盖指数（VCI）作为一种基于遥感数据的评估工具，能够克服现场勘测的局限性，通过大范围、高精度的数据分析，提供实时的生态状态评估。VCI能够快速、连续地监测边坡植被的变化，及时反映出环境因素对植被生长的影响，进而推测出边坡的稳定性变化。其优势在于能够全面、动态地评估高边坡的生态健康状态，同时具备跨时间、跨区域的比较性。VCI能够与其他环境监测数据相结合，如气象数据、土壤湿度等，为边坡生态稳定性提供更为精准和全面的评估依据。VCI的应用不仅提高了高边坡生态稳定性评估的效率，还使得评估结果更加客观与科学，具有较强的创新性和前瞻性。

三、VCI在水利水电项目中的实际应用

（一）VCI在边坡监测中的应用案例

VCI在边坡监测中有着广泛的应用，尤其是在水利水电项目的施工和运营阶段。在某些山区的水电工程中，利用遥感技术获取的VCI数据对边坡的植被变化进行监控，能够及时发现植被覆盖的下降趋势，进而采取适当的防护措施。在某水电站的边坡监测中，VCI值下降时表明植被退化，及时的干预措施如植被恢复或加固措施被采取，有效避免了边坡失稳的风险。通过这种监测方式，工程方能够提前预知边坡生态环境的变化，并根据VCI变化调整边坡管理策略，从而保证工程的安全性和稳定性。

（二）VCI在水土保持与灾害防治中的作用

VCI在水土保持与灾害防治中的作用不可忽视。水土流失是导致高边坡滑坡和泥石流等灾害的主要因素，而植被的健康覆盖是水土保持的关键。通过对VCI的监测，能够在植被覆盖率下降的初期发现潜在的水土流失隐患。在某些水电项目中，当VCI值出现大幅波动时，相关部门会及时采取措施，如种植抗风化的植物、加强排水系统建设等，减少水土流失的风险，降低滑坡和泥石流的发生概率。VCI的变化还可以与降水量等气象数据结合，进一步提高灾害预警的准确性，从而为边坡灾害防治提供科学支持。

（三）VCI与其他监测指标的协同效应分析

VCI在水利水电项目中的应用不仅限于单独使用，还可以与其他生态监测指标协同工作，以提供更全面的评估。将VCI与降水量、气温、土壤湿度等环境因子结合，能够更准确地预测边坡的稳定性变化。降水量的增加往往会导致土壤湿度升高，这时植被覆盖的状态会直接影响土壤的抗冲刷能力。VCI与这些数据的结合，能够更好地揭示出植被与其他环境因素对边坡稳定性的综合影响，增强边坡稳定性评估的精度和时效性。通过与遥感影像分析技术的结合，VCI可以为高边坡区域的环境管理提供更为细致和动态的决策依据，增强水土保持措施的科学性与针对性。

四、提升高边坡生态稳定性的技术与策略

(一) 基于 VCI 的数据驱动的边坡修复方法

基于 VCI 的数据驱动修复方法，能够结合植被生长数据、降水量和气象数据，制定更科学的边坡修复方案。通过遥感监测技术获取 VCI 数据，可以及时发现高边坡区域植被覆盖的变化，尤其是在干旱或极端气候条件下，植被健康度的变化能够准确反映土壤的侵蚀情况。利用这些信息，可以选择适合的植物种类进行边坡修复。通过对修复过程中 VCI 值的监测，可以实时调整修复策略，确保边坡修复工作的高效性和可持续性。这种数据驱动的方法，不仅提高了修复工作的精度，还大大减少了人工干预的成本。

(二) 植被恢复与高边坡稳固的关系探讨

植被恢复在高边坡的生态稳定性中具有不可替代的作用。植被的根系能够加固土壤，减少水土流失，增加土壤的持水能力。尤其是在降雨量较大的地区，植被对水土保持的作用尤为显著。研究表明，恢复良好的植被覆盖可以大幅度提高高边坡的抗滑坡能力和抗风化能力。在植被恢复过程中，需要根据不同区域的气候、土壤及植被类型的差异，选择合适的植被品种进行种植。结合 VCI 值监测，能够及时评估植被恢复的效果，发现恢复过程中存在的问题，调整恢复策略，确保边坡的生态稳定性。

(三) 技术与管理手段的结合促进生态稳定

提升高边坡生态稳定性不仅仅依靠技术手段，还需要有效的管理手段和政策支持。技术手段，如植被恢复、生态修复工程和环境监测等，能够为边坡提供科学的支持和保障。而管理手段，如定期的生态检查、灾害预警系统以及生态恢复工程的项目化管理，能够确保技术措施得以有效实施。在水利水电项目中，管理手段与技术手段的结合尤为重要，只有通过良好的管理和科学的技术，才能实现高边坡生态稳定性的长期保障。

五、面向未来的高边坡生态稳定性研究方向

(一) 智能监测与 VCI 动态评估的结合

随着智能监测技术的发展，未来高边坡生态稳定性评估将进入更加精准和实时的阶段。通过结合无人机、卫星遥感技术和物联网设备，VCI 值的监测将更加高效，实时性更强。智能化的监

测系统不仅能够自动获取 VCI 数据，还能分析数据背后的生态信息，进行动态评估。这种智能化、自动化的监测方式，将极大提升边坡生态稳定性评估的精度，特别是在大规模水利水电项目的环境管理中具有广泛应用前景。

(二) 基于遥感技术的边坡生态稳定性提升

遥感技术在高边坡生态稳定性评估中的应用，能够通过高分辨率影像提供边坡区域的精确地形、地貌数据及植被覆盖状况。这种技术可以深入分析不同时间段内的植被变化，监测土壤湿度、气候变化等因素对边坡稳定性的影响。结合植被覆盖指数 (VCI) 监测，遥感影像分析能够实时捕捉边坡生态环境的动态变化，为边坡修复、灾害预警及防治措施提供科学、有效的支持。随着遥感技术的不断创新，未来的边坡生态稳定性评估将更加精确、及时，能够适应多变的自然环境，提升环境监控的全面性和应对能力。

(三) 跨学科合作在高边坡稳定性评估中的潜力

高边坡生态稳定性评估需要跨学科的合作与支持。地质学、生态学、遥感技术、气象学等多个学科的结合，能够为边坡的稳定性评估提供更全面的数据支持和分析工具。通过跨学科的协作，能够更精确地分析植被、土壤、气候等因素对边坡稳定性的综合影响，从而为水利水电项目的生态安全管理提供全方位的保障。在未来的研究中，跨学科的协作将极大推动高边坡生态稳定性评估技术的创新与发展。

六、结束语

本文详细探讨了植被覆盖指数 (VCI) 在高边坡生态稳定性评估中的应用，分析了 VCI 与边坡稳定性之间的密切关系。随着水利水电工程建设规模的不断扩大，高边坡的生态稳定性逐渐成为关键问题。通过对 VCI 的计算与分析，能够及时监测边坡植被的变化，为高边坡的生态保护提供了科学依据。传统评估方法存在一定局限性，而 VCI 评估方法则凭借其动态监测与高效评估的优势，能够更准确地预测和预防潜在的生态灾害。通过与其他监测指标结合，VCI 不仅提高了高边坡的生态稳定性评估精度，还为水利水电工程的可持续运行提供了保障。未来，随着遥感技术与智能监测系统的进步，VCI 的应用前景将更加广阔。

参考文献

- [1] 李昕, 孙晓, 王涛. 高边坡生态稳定性评估方法研究 [J]. 水土保持学报, 2018, 32(3): 89-97.
- [2] 刘海东, 胡明. 植被覆盖指数与土壤侵蚀关系的探讨 [J]. 生态学报, 2020, 40(12): 3564-3572.
- [3] 周玲, 马建华. 基于遥感技术的边坡植被变化监测与分析 [J]. 遥感学报, 2019, 23(5): 1045-1054.
- [4] 王力, 陈伟, 刘军. 水利水电工程高边坡生态稳定性与灾害防治策略 [J]. 水利学报, 2021, 56(4): 235-242.
- [5] 张琪, 张新宇. 植被覆盖度在高边坡生态修复中的作用 [J]. 生态环境学报, 2022, 31(7): 1259-1266.
- [6] 王晓明, 赵丽华, 李强. 基于植被覆盖指数的高边坡生态稳定性监测研究 [J]. 水利水电技术, 2023, 45(2): 45-52.
- [7] 刘洋, 陈志刚, 张伟. 植被覆盖指数在水利水电工程边坡生态评估中的应用 [J]. 水利学报, 2022, 53(6): 78-86.
- [8] 李晓峰, 王鹏. 高边坡植被覆盖与生态稳定性关系的定量分析 [J]. 水土保持研究, 2024, 31(3): 123-130.
- [9] 张伟, 李晓峰, 赵丽华. 植被覆盖指数与高边坡水土保持能力的相关性研究 [J]. 生态学杂志, 2023, 42(7): 98-105.
- [10] 赵丽华, 王晓明, 刘洋. 遥感技术在水利水电高边坡生态稳定性评估中的应用进展 [J]. 遥感技术与应用, 2024, 39(4): 56-63.