

水电工程边坡稳定性研究

梁宸

泰国格乐大学

DOI: 10.12238/jpm.v5i8.7099

[摘要] 本文围绕水电工程边坡稳定性展开研究,通过分析影响因素、评价指标和管理策略,提出相关建议。涵盖数值模拟、实验方法和解析方法等技术,以及地质、水文水力、工程活动和自然灾害等多方面因素对边坡稳定性的影响。强调应急响应和灾害防治的重要性。本文的研究成果有助于提高水电工程边坡稳定性评价的准确性和可靠性,为工程设计、施工和管理提供科学依据。展望未来,继续深入研究边坡稳定性的数值模拟、监测技术和灾害预防措施,加强国际合作,推动水电工程边坡稳定性研究不断取得新进展。

[关键词] 水电工程、边坡稳定性、评价指标、灾害防治

Study on the slope stability of hydropower engineering

Liang Chen

Kirk University

[Abstract] This paper focuses on the slope stability of hydropower projects, and puts forward relevant suggestions through the analysis of influencing factors, evaluation indicators and management strategies. It covers numerical simulation, experimental methods and analytical methods, as well as geological, hydrological, hydrologic forces, engineering activities and natural disasters on slope stability. Emphasize the importance of emergency response and disaster prevention and control. The research results of this paper can help to improve the accuracy and reliability of slope stability evaluation in hydropower engineering, and provide a scientific basis for engineering design, construction and management. Looking forward to the future, we will continue to study the numerical simulation, monitoring technology and disaster prevention measures of slope stability, strengthen international cooperation, and promote the research of slope stability of hydropower projects.

[Key words] hydropower engineering, slope stability, evaluation index, disaster prevention and control

1 引言

水电工程作为重要的基础设施之一,在能源领域扮演着至关重要的角色。然而,其建设过程中常常面临着边坡稳定性的挑战。边坡稳定性问题不仅关系到工程的安全性和可靠性,还直接影响着周边环境的生态平衡和社会稳定。随着水电工程规模的不断扩大和建设环境的复杂化,对边坡稳定性进行深入研究显得尤为迫切^[1]。本文旨在系统探讨水电工程中边坡稳定性的影响因素、评价方法、管理策略等内容,以期水电工程的可持续发展提供理论支撑和实践指导。

2 边坡稳定性分析方法

2.1 数值模拟方法

数值模拟方法是研究水电工程边坡稳定性的重要手段之一,其基本思想是利用计算机模拟边坡系统的力学行为和变形特征。在数值模拟方法中,有限元法和离散元法是两种常用的技术^[2]。

有限元法将边坡系统离散为有限个单元,通过求解单元之间的相互作用来模拟整个系统的行为。离散元法则将边坡材料视为由大量离散单元组成的体系,模拟边坡的变形和破坏过程。这两种方法在边坡稳定性分析中各具优势,有限元法适用于边坡整体性较强的情况,而离散元法则更适用于研究边坡局部破坏和碎裂行为。

通过数值模拟方法,可以有效地预测边坡的稳定性,评估不同因素对边坡稳定性的影响,并为工程设计和风险管理提供科学依据。

2.2 解析方法

解析方法是研究水电工程边坡稳定性的重要手段之一,其主要特点是通过数学模型和理论推导来分析边坡系统的稳定性。其中,极限平衡法是一种常用的解析方法,它假设边坡在平衡状态下处于最不利的条件,通过平衡方程来推导边坡稳定的临界条件。随机有限元法则是基于概率和统计理论,将不确定

定性因素引入边坡稳定性分析，从而更加全面地评估边坡的稳定性。这些解析方法具有分析简便、结果直观等优点，能够在边坡设计和评估中提供重要的参考和指导。然而，解析方法也存在一定局限性，如对边坡系统的简化假设、对边坡非线性行为的忽略等，因此在实际应用中需要结合数值模拟方法等其他手段进行综合分析，以更准确地评估边坡的稳定性。

2.3 实验方法

实验方法在研究水电工程边坡稳定性方面发挥着重要作用。其中，物理模型试验是一种常见的实验方法，通过在实验室中建立边坡的缩尺模型，模拟边坡受力和变形过程，从而观察和分析边坡的稳定性特征。物理模型试验能够较为真实地模拟边坡的工程环境，提供直观的实验结果，对于验证理论模型和分析结果具有重要意义。另外，地质力学试验也是一种重要的实验方法，通过野外取样和室内试验，研究边坡材料的力学性质和参数，为边坡稳定性分析提供基础数据。实验方法具有直观、可靠等优点，能够较好地模拟边坡的真实情况，但也存在着成本高、时间长等缺点。因此，在实际研究中需要综合考虑实验方法与数值模拟方法等其他手段，以全面、准确地评估水电工程边坡的稳定性。

3 边坡稳定性影响因素

3.1 地质与地形条件

地质与地形条件是影响水电工程边坡稳定性的重要因素之一。地质条件包括岩性、构造、断裂带等，直接影响边坡的岩体稳定性和岩层结构。地形条件包括坡度、高差、地形起伏等，影响着边坡的受力分布和水文地质条件。不同的地质与地形条件会导致边坡受到不同程度的地质灾害威胁，如滑坡、崩塌等。所以，在水电工程设计和施工中，必须充分考虑地质与地形条件的影响，采取相应的加固措施和工程管理措施，以确保边坡的稳定性和工程的安全可靠性^[3]。

3.2 水文水力条件

水文水力条件涉及水流对边坡的侵蚀和冲刷作用。降雨、融雪和河流波浪等因素会导致边坡地表和地下水位变化，增加了边坡受力和变形的可能性。水流对边坡的侵蚀和冲刷作用会削弱边坡材料的抗剪强度和稳定性，增加边坡发生滑坡和崩塌的风险。此外，水文水力条件还与水电工程的调水调度和水库水位管理密切相关，不当的水文水力调控可能会导致边坡变形加剧或破坏。

因此，在水电工程设计和管理中，需要综合考虑水文水力条件对边坡稳定性的影响，采取相应的防护措施和水文水力调控措施，以确保边坡的稳定和工程的安全运行。

3.3 工程活动影响

施工过程中的挖土填方、爆破等活动可能改变边坡原有的地质结构和地形特征，引发边坡松动、滑坡等地质灾害。此外，水库蓄水、排水以及水电设备运行等活动也会改变边坡周围的水文水力环境，增加边坡受力和变形的风险。因此，工程活动在水电工程边坡稳定性管理中必须得到严格控制和合理规划，

采取有效的防护和监测措施，以减少工程活动对边坡稳定性的不利影响，确保工程安全可靠地运行。

3.4 自然灾害影响

自然灾害是水电工程边坡稳定性面临的重要挑战之一。包括地震、泥石流、暴雨洪水等自然灾害可能导致边坡的破坏和失稳。地震能够引发地质体的震动和地表变形，增加边坡滑动和崩塌的风险。泥石流在暴雨等强降水事件下可能冲击边坡，造成边坡表面的侵蚀和剥蚀，加剧边坡稳定性问题。此外，暴雨洪水也会导致边坡受水位变化和水流冲击，加速边坡的侵蚀和滑动。因此，对于水电工程边坡稳定性的管理，必须充分考虑自然灾害的影响，采取相应的防护和应急措施，提高边坡的抗灾能力，确保水电工程在自然灾害发生时的安全可靠。

4 边坡稳定性评价指标与典型案例分析

4.1 评价指标

水电工程边坡稳定性评价指标是为了全面评估边坡的稳定性和安全性而制定的量化标准。首先，基本指标包括坡度、高度、坡面性质等，这些指标直接反映了边坡的几何形态和土体特性，是评价边坡稳定性的基础。其次，动力指标涉及地震动力学参数、工程振动等，考虑了外部力对边坡稳定性的影响，尤其在地震频发区域具有重要意义。最后，环境指标包括水位变化、气候变化等，考虑了水文水力条件和气候因素对边坡稳定性的影响，是评价边坡长期稳定性的重要考量。综合考虑基本指标、动力指标和环境指标，可以更全面地评价水电工程边坡的稳定性，为工程设计和施工提供科学依据，确保水电工程的安全运行和可持续发展。

4.2 典型案例分析

在中国的水电工程中，有着许多典型案例可以用来分析边坡稳定性。以三峡工程为例，其建设过程中面临了巨大的边坡稳定性挑战。在水库蓄水过程中，受到了大量的地质力学效应，包括地表沉降、地层破裂等，这些地质变化可能导致边坡失稳。通过数值模拟和物理模型试验，工程团队对边坡稳定性进行了详尽的分析和评估，制定了一系列加固措施，如边坡护坡、坡体加固等，以确保工程的安全运行。

另一个典型案例是雅鲁藏布江大峡谷水电站项目。该项目位于地震频繁地带，边坡稳定性受到了地质构造、地震等多种因素的影响。在项目设计和施工中，工程团队采用了高强度钢筋混凝土护坡、岩质边坡加固等措施，以应对地质灾害风险。同时，通过地质勘察、数值模拟等手段，对边坡稳定性进行了全面评估，确保了工程的安全性和可靠性。

这些典型案例表明，在水电工程建设中，边坡稳定性的分析和评价至关重要。通过综合运用数值模拟、物理模型试验等方法，结合实地勘察和工程施工实践，可以有效地评估边坡的稳定性，并制定相应的管理和加固措施，从而确保水电工程的安全运行和可持续发展。

5 边坡稳定性管理与优化策略

5.1 监测与预警体系建设

应建立多参数监测系统,包括地质构造监测、水文水位监测、边坡位移监测等,实时监测边坡的变化情况。其次,应采用先进的监测技术,如遥感技术、地面雷达等,提高监测精度和效率。同时,建立预警机制,根据监测数据和预警模型,及时发布边坡稳定性预警信息,以应对潜在的灾害风险。此外,还需建立应急响应机制,明确应急处置流程和责任分工,确保在发生边坡稳定性问题时能够迅速、有效地采取应对措施,最大程度地减少损失。综合利用监测技术和预警体系,可以及时发现边坡稳定性问题的迹象,为工程安全管理提供科学依据,保障水电工程的稳定运行。

5.2 工程设计与施工管理策略

设计阶段需要充分考虑地质与地形条件,采用合适的边坡坡度和结构设计,减少边坡受力不均和变形的可能性。其次,施工过程中应严格执行设计方案,合理安排施工序列和施工方法,避免对边坡造成过度挖掘或不合理负荷,减少边坡破坏的风险。同时,加强施工现场监测,定期检查边坡变形情况,及时调整施工方案或采取补救措施,保证边坡稳定性。另外,应强化施工人员的培训和安全意识,加强施工队伍管理,确保施工过程中符合相关安全规范和标准。综合采用科学合理的设计方案和严格的施工管理措施,可以最大限度地降低边坡稳定性风险,确保水电工程的安全和稳定运行

5.2 应急响应与灾害防治措施

一旦发生边坡稳定性问题,应立即启动应急响应机制,采取紧急措施,如疏散周边人员、限制施工活动等,以减少人员伤亡和财产损失。同时,应建立灾害应对预案,明确责任分工

和处置流程,提前准备相关物资和设备,以便迅速、有效地应对各类灾害事件。此外,应加强灾后评估和复原工作,对受灾边坡进行全面评估,及时修复受损部位,恢复边坡的稳定状态,以保障水电工程的安全运行。综合考虑应急响应与灾害防治措施,可以最大程度地减少边坡灾害对水电工程造成的损失,确保工程安全稳定地运行。

6 结论与展望

水电工程边坡稳定性是水电工程建设和运行中需要高度关注的重要问题。通过本论文的研究,我们深入探讨了边坡稳定性的影响因素、评价指标、管理策略等方面内容,提出了针对性的建议和措施,为水电工程的安全运行提供了重要参考。

未来,随着水电工程规模的不断扩大和建设环境的复杂化,边坡稳定性研究将面临新的挑战 and 机遇。我们将继续深入研究边坡稳定性的数值模拟方法、监测技术、灾害预防等方面,提高边坡稳定性评价的准确性和可靠性。同时,加强国际合作与交流,借鉴和吸收国际先进经验,推动水电工程边坡稳定性研究取得新的突破,为水电工程的可持续发展贡献力量。

[参考文献]

- [1]王建锋,张小玲.水利水电工程边坡加固处理技术[J].城市建筑空间,2023,30(S1):445-446.
- [2]彭森良,张东升,王富强.国际水电工程地质勘察实践探讨[J].水力发电,2023,49(12):27-32+118.
- [3]张家健.水利水电施工工程中边坡开挖支护技术[J].中国高新科技,2021(13):55-56.

上接第 143 页

可行性、针对性和操作性。(3)要加强整改过程的监督。对于安全检查提出的问题,不管牵涉施工企业哪个部门,都必须按照“三定”原则(定人、定时、定措施)进行整改。整改负责人再按照隐患整改通知书的内容,按照各班组和个人承担的责任将整改问题下发到基层。监管部门要深入基层,强化整改前、中、后全链条监督,推动整改往实里走,往深里走。确保整改不走形式,不走过场。对于整改结果,各监管部门要在统一确认合格后,签字背书,严防“变通”整改,“抄近道”整改的发生。

结语

电力工程施工是一件十分危险的行为,需要施工人员具备较强的专业知识和丰富的实践技能后才可进行施工,施工过程中,受各类危害安全施工因素的影响,导致安全事故常有发生,必须加强电力工程施工现场的安全管理,统筹各监管部门合力,科学管理,规范管理,严格抓好各项安全施工制度的落地实施,才能有效减少安全事故隐患,确保电力工程施工安全,促进更多的电力工程项目早日达产见效,为我国经济建设提供强大的电力保证。

[参考文献]

- [1]王恒杰;张宇.浅谈电力工程施工现场安全管控[J].电力

设备管理,2021

- [2]常亮.浅谈电力建设工程的安全监督管理[J].中国高新技术企业,2016
- [3]周楠.电力建设工程施工的安全监督管理[J].企业技术开发,2016
- [4]宋毅.解析电力建设工程的安全监督管理措施[J].建材与装饰,2017
- [5]喻正春.电力建设工程中安全建设和施工的重要性[J].通讯世界,2018
- [6]刘声俊.电力建设工程项目安全管理工作重点分析[J].工程建设与设计,2020
- [7]王连辉;黄超艺;陈瑞娜.新时期基建施工现场安全管控措施探讨[J].电力安全技术,2021
- [8]王勇;张敏.电力线路施工现场安全智能管控研究[J].项目管理技术,2022
- [9]谭亮;王博.基于智能可穿戴设备的电力施工现场安全管控模型研究[J].电子元器件与信息技术,2023
- 作者简介:贾朋雷,男,汉族,身份证号码:410402199311065613,大学本科。