

沟道型泥石流拦挡坝群淤满后过流冲刷破坏模式研究

曾远强

四川科兴工程咨询有限公司 四川 成都 610036

【摘要】：沟道型泥石流拦挡坝群在长期的运营过程中，随着淤积泥沙的积累，存在过流冲刷破坏的潜在风险。本文基于沟道型泥石流拦挡坝群的工作原理，探讨了在淤满后的过流冲刷破坏模式。通过对坝群内部泥沙淤积、坝体材料以及水流流速等因素的分析，本文揭示了坝群在遭遇过流时的稳定性变化和破坏机理，并提出了针对性应对措施。过流冲刷破坏模式主要受坝体结构、淤积程度及水流强度的影响，且泥沙的冲刷作用在坝体的长期稳定性中起到了关键性作用。文章针对拦挡坝群的设计和维护提出了改进建议，为未来类似工程的安全性评估和管理提供了理论依据。

【关键词】：沟道型泥石流；拦挡坝群；淤积泥沙；过流冲刷；破坏模式

DOI:10.12417/2811-0528.25.21.042

引言

沟道型泥石流拦挡坝群是防治泥石流灾害的重要设施之一，广泛应用于山区及易发生泥石流的区域。随着长期使用及雨水的冲刷，坝群在不同气候条件下面临着淤积和过流等严峻考验。特别是坝群淤满后的过流冲刷，不仅影响其正常功能，还可能引发坝体结构的严重破坏。现有研究对于拦挡坝群在过流状态下的破坏模式分析较为有限，且对其稳定性和耐久性存在较多争议。深入分析沟道型泥石流拦挡坝群淤满后的过流冲刷破坏模式，不仅有助于提高其抗冲刷能力，还能为后续的坝体设计和加固提供科学依据。本文旨在通过理论与实地数据相结合，探索该类坝群的过流冲刷行为，并提出合理的防护措施，填补当前领域中的研究空白。

1 沟道型泥石流拦挡坝群过流冲刷破坏的机理分析

沟道型泥石流拦挡坝群主要用于拦截泥石流，减缓其速度，保护下游区域。然而，随着时间推移，泥沙逐渐堆积，坝体面临过流冲刷的风险。过流冲刷破坏是指水流因泥沙堆积或流速增加而冲刷坝体材料，导致结构损坏。破坏机理涉及流体力学、坝体材料性能及淤积泥沙的影响。当水流强度加大时，坝体局部结构可能受损，材料的风化和劣化使抗冲刷能力下降，最终可能引发坝体的不稳定。研究过流冲刷破坏机理对于坝群设计优化和长期维护至关重要。

越来越多的研究者开始关注沟道型泥石流拦挡坝群在面临过流冲刷时的动态变化。水流的冲击力、坝体的承载能力以及泥沙的特性，均在不同程度上影响坝群的破坏模式。根据实验和理论研究，过流冲刷破坏通常分为多个阶段。初期阶段，水流的冲刷力较小，主要造成坝体表层的轻微损伤；随着水流量的增加，冲击力加大，坝体表面开始显现明显的侵蚀痕迹，部分材料脱落。当水流更为剧烈时，坝体内层结构暴露，泥沙的冲刷作用加剧，最终导致坝体的结构性失稳。在这些过程中，

坝体的材质、结构形式以及坝群的地形特点都起着重要作用。可以看出，过流冲刷破坏机理与水流力学、坝体物理特性和外部环境因素密切相关，研究这些因素对于防止坝体破坏至关重要。

为了更好地理解过流冲刷的破坏机理，当前研究还注重通过实验模拟和数值计算的方式，分析不同条件下的破坏模式。通过模拟水流与坝体的相互作用，可以较为精确地预测在不同水流强度和淤积状态下，坝体可能出现的破坏情况。通过数值模型，研究人员能够揭示不同坝体结构在面对不同类型冲刷力时的响应机制，为优化坝群的设计和改善抗冲刷能力提供了科学依据。通过这些研究，不仅能够更好地理解坝群在过流冲刷中的破坏机理，还能够为未来的坝群设计提供有力支持。

2 淤满后过流冲刷对坝群稳定性的影响因素

沟道型泥石流拦挡坝群在运行过程中，随着泥沙的逐步积累，出现了淤满的现象。这一现象意味着坝群的有效容纳空间已经减少，泥沙的堆积不仅增加了坝体的压力，也改变了水流的流态，从而对坝体的稳定性产生了深远影响。淤满后的坝群在面对过流冲刷时，其稳定性受到多种因素的影响。坝群的设计结构和材料性能直接决定了其在面对淤积后过流冲刷的承受能力。一般来说，坝体的抗冲刷能力与坝体的材料强度、密度以及坝体的防护层设置密切相关。随着淤积物质的增加，坝体的有效保护层被压缩，进而导致坝体的抗冲刷性能下降。水流在过流时会加剧坝体材料的侵蚀，尤其是在坝群与水流交界处，局部的流速和冲击力常常较大，容易发生局部破坏。

水流的流速和流量是影响过流冲刷破坏的关键因素。水流的流速越大，其冲刷能力越强，尤其是在坝体表层的淤积物较为松散的情况下，水流更容易对坝体进行侵蚀。淤满后的坝群，其泥沙层会发生不均匀分布，部分地区的泥沙堆积较多，水流经过时，流速可能会发生变化，这样的流速变化对坝体的稳定

性构成了较大的威胁。水流的流量在短时间内的剧烈波动,容易导致坝体局部的过载,进而引发水流冲刷。坝群的结构设计在此过程中起到了至关重要的作用。坝群是否配有有效的排水系统,是否采取了防冲刷的加固措施,都会直接影响坝体的稳定性和抗冲刷能力。

除了水流流速和流量,坝群所在地区的气候条件也对过流冲刷的影响起到了重要作用。在一些高山区,雨水的集中降落和快速流入使得水流流速急剧增加,特别是在暴雨期间,水流的流量会迅速增大,这为坝体提供了较强的冲刷力。气候变化还可能导致降雨模式的变化,增加了过流冲刷的不可预测性。随着气候变化的加剧,极端天气事件的发生频率逐渐增多,泥石流拦挡坝群面临的环境压力和冲刷破坏风险也相应提高。在对坝群进行设计时,必须充分考虑地区的气候特征和降水模式,以提高坝群在面对极端气候事件时的适应能力和抗冲刷能力。

3 优化拦挡坝群设计与维护策略的实践路径

为了提高沟道型泥石流拦挡坝群的稳定性和抗冲刷能力,优化坝群的设计和与维护策略至关重要。在设计阶段,首先需要深入分析坝群所在区域的地理特征、气候条件和水流特性,以便选择合适的设计方案。针对不同的地质环境和水文条件,采用适当的坝体结构形式和防护措施。选择具有较高抗冲刷性能的高强度材料,可以有效增强坝体的耐久性,延长其使用寿命。通过增设抗冲刷层、喷锚技术或其他加固措施,可以显著增强坝体表层的稳定性,降低水流冲击带来的损害。设计合理的排

水系统,确保排水畅通,防止水流滞留,从而避免因水流积聚造成坝体的过载和结构性破坏。这些措施能够显著提高坝群的整体防护能力,确保其长期稳定运行。

在实际维护过程中,定期检查和及时维护至关重要。随着坝群使用年限的增加,淤积泥沙的数量和性质可能发生变化,这对坝体的稳定性产生了潜在威胁。应根据坝群的使用情况进行定期的淤积清理,尤其是在大雨季节前后,需对坝体进行检查和加固,确保其抗冲刷能力。针对淤满后的坝群,还应实施分段清理,确保坝体各部分的均衡性和稳定性。为了更好地应对过流冲刷的风险,建议对坝群进行实时监测。通过安装监测设备,实时获取坝体的状态信息和水流变化数据,有助于快速判断坝体的稳定性,并提前采取应对措施。通过实时数据分析,可以实现对坝群状态的精确评估,从而为及时加固或修复提供依据。这些策略的实施不仅能够有效防范过流冲刷对坝群的破坏,还能提高坝群的综合防护能力,确保其在长时间内发挥出最佳的防护效果。

4 结语

本文通过分析沟道型泥石流拦挡坝群在过流冲刷条件下的破坏机理,探讨了水流冲刷力、坝体材质、泥沙淤积等因素对坝群稳定性的影响。过流冲刷破坏是一个逐步加剧的过程,涉及坝体表层的侵蚀、内部结构的暴露和最终的结构性失稳。理解这些破坏机理,对于坝群的设计优化与维护策略至关重要。通过针对性的设计和定期维护,可以有效提升坝群抗冲刷能力,确保其长期稳定运行。

参考文献:

- [1] 张波,李红.沟道型泥石流拦挡坝群的水力学特性及冲刷破坏研究[J].水利学报,2023,54(8):1024-1031.
- [2] 刘洋,赵刚.泥石流拦挡坝群的稳定性与破坏机理分析[J].水力发电学报,2024,40(3):145-153.
- [3] 陈俊,王涛.基于数值模拟的泥石流拦挡坝群冲刷破坏机理研究[J].岩土工程技术,2022,44(6):1123-1131.