

<https://doi.org/10.3799/dqkx.2022.860>



动水驱动型滑坡物理启滑能够预测吗？

李长冬^{1,2}, 谭钦文²

1. 中国地质大学工程学院, 湖北武汉 430074

2. 中国地质大学湖北巴东地质灾害国家野外科学观测研究站, 湖北武汉 430074

我国地质条件复杂、地形地貌多样、地质改造作用强烈, 是世界上滑坡地质灾害最严重的国家。动水(降雨、库水等)驱动作用是滑坡地质灾害的重要触发因素, 具有覆盖范围广、驱动力强、致灾面大等特征; 据不完全统计, 仅三峡库区滑坡点就多达 3 800 余处, 动水驱动型滑坡严重威胁重大工程和人民生命财产安全。滑坡预测预报基础理论已成为动水驱动型滑坡可靠预报的瓶颈问题, 是当前工程地质和灾害地质领域亟需解决的国际前沿和关键难题(Lacroix *et al.*, 2020)。由于传统数据统计预测模型与滑坡演化过程脱节, 导致当前滑坡成功预报案例并不多见, 动水驱动型滑坡预测预报面临严峻挑战。迫切需要从动水驱动下滑坡地质体结构演变、强度劣化和启滑力学机制入手, 破解动水驱动型滑坡物理力学启滑预测的根本问题。

1 核心思想

动水驱动型滑坡成因机制复杂, 一方面降雨—库水作用会直接产生动态渗透压力、浮托力等荷载效应(Li *et al.*, 2021), 另一方面, 动水作用引起的几何扩容、颗粒冲蚀也会导致滑坡地质体结构劣化(Li *et al.*, 2019), 进而引发滑坡地质体强度劣化。

在动水荷载效应和滑坡地质体强度劣化效应的双重作用下, 滑坡最终可能发生灾难性失稳破坏。因此, 在动水驱动型滑坡启滑机制与判据研究中, 滑坡渗流场变化是动水驱动型滑坡启滑的重要触发因素, 滑带强度劣化是动水驱动型滑坡启滑的内在机制, 滑坡动水响应是动水驱动型滑坡启滑的关键环节, 而滑坡临界状态判识是动水驱动型滑坡启滑判据的核心内容。对于动水驱动型滑坡, 在动水作用下滑带的分区强度劣化特征与滑坡临界启滑状态密切相关。因此, 针对动水驱动滑坡, 考虑动态渗透压力、滑带强度劣化等动水多效应, 提出滑坡“渗流驱动—强度劣化—启动滑移”的启动动力学机制。以典型堆积层滑坡为原型建立基于滑带分区力学特征的动水驱动型滑坡物理启滑模型, 如图 1 所示。

2 科学价值

在降雨—库水水动力条件下, 滑坡具有独特的地质体结构演变和物理力学强度劣化规律, 最终可能诱发灾难性的失稳破坏。动水驱动条件下滑坡预测预报是工程地质领域国际前沿问题之一, 亟待取得突破(Tang *et al.*, 2019)。目前滑坡预测预报仍然以数据统计模型为主, 脱离了滑坡演化过程和物理

基金项目: 国家自然科学基金重大项目(No.42090054)。

作者简介: 李长冬(1981—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事地质灾害多场多尺度演化机理与防治研究。E-mail: lichangdong@cug.edu.cn

引用格式: 李长冬, 谭钦文, 2022. 动水驱动型滑坡物理启滑能够预测吗? 地球科学, 47(10): 3908—3910.

Citation: Li Changdong, Tan Qinwen, 2022. Is it Predictable for Physical Initiation of Hydrodynamic Pressure-Driven Landslides? *Earth Science*, 47(10): 3908—3910.

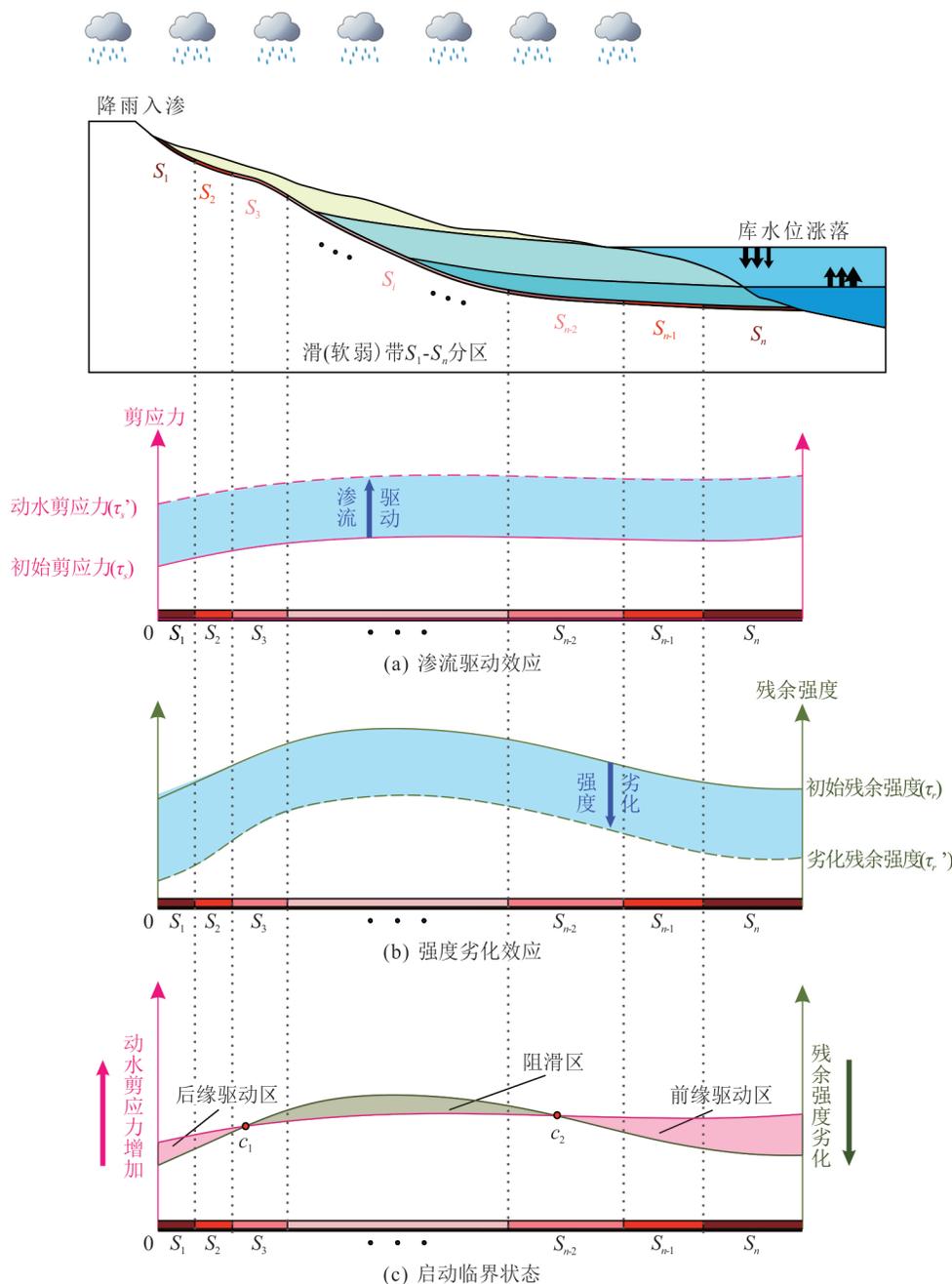


图 1 动水驱动型滑坡物理启滑模型研究思路

力学机制,亟需突破滑坡临界物理状态定量判识,以构建滑坡临界失稳阈值体系与启滑判据,实现水动力条件下滑坡精准预测预报,最终回答“动水驱动型滑坡物理启滑能够预测吗”这一科学问题,该基础理论和方法的创新突破对于提升动水驱动型滑坡精准预测预报具有重要的理论意义和科学价值。

3 发展前景

围绕滑坡物理启滑机制与判据的关键科学问题,提出了“渗流驱动—强度劣化—启动滑移”的滑坡物理启滑假说,通过开展滑坡渗流场精细化试验揭示水动力条件下滑坡渗流特征参量时空演化规律,以宏细观力学试验为手段厘清动水作用下滑带多尺度强度劣化机理,采用大型物理模型试验揭示滑坡动水响应规律与启动力学机制,基于物理力学

和过程仿真方法构建滑坡失稳阈值体系与滑坡启滑判据,为水动力条件下滑坡预测预报提供理论支撑.研究成果可增强动水驱动型滑坡启滑和判据的开拓性认识,服务国家防灾减灾重大战略需求,具有重要的理论研究意义和广阔的工程应用前景.

参考文献

- Lacroix, P., Handwerger, A. L., Bièvre, G., 2020. Life and Death of Slow-Moving Landslides. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(8): 404–419. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0072-8>
- Li, C.D., Criss, R.E., Fu, Z.Y., et al., 2021. Evolution Characteristics and Displacement Forecasting Model of Landslides with Stair-Step Sliding Surface along the Xiangxi River, Three Gorges Reservoir Region, China. *Engineering Geology*, 283: 105961. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105961>
- Li, C.D., Fu, Z.Y., Wang, Y., et al., 2019. Susceptibility of Reservoir-Induced Landslides and Strategies for Increasing the Slope Stability in the Three Gorges Reservoir Area: Zigui Basin as an Example. *Engineering Geology*, 261: 105279. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2019.105279>
- Tang, H.M., Wasowski, J., Juang, C.H., 2019. Geohazards in the Three Gorges Reservoir Area, China—Lessons Learned from Decades of Research. *Engineering Geology*, 261: 105267. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2019.105267>