

含冰边坡稳定性和崩塌运动过程模拟：以西藏阿汝冰崩为例

Numerical simulation of stability and collapse processes of ice-containing slopes: a case study of Aru glacier collapses in Tibet

魏明东¹ 戴峰^{1,2} 刘焱¹ 蒋涛¹ 洪涵雨²

Mingdong Wei¹ Feng Dai^{1,2} Yi Liu¹ Tao Jiang¹ Hanyu Hong²

(1. 四川大学山区河流保护与治理全国重点实验室, 四川 成都 610065;

2. 四川大学建筑与环境学院, 四川 成都 610065)

(1. State Key Laboratory of Hydraulics and Mountain River Engineering, Sichuan University, Chengdu 200092, China;

2. College of Architecture and Environment, Sichuan University, Chengdu 200092, China)

摘要: 在气候变化作用下, 藏东南高海拔地区呈现变暖变湿趋势。多条隧道所处山区发生冰崩、冰岩崩、冰-岩碎屑流、泥石流灾害的风险逐渐加重, 不仅威胁施工人员和工程设施安全, 而且制约着隧道工程建设。虽然该地区含冰边坡失稳崩塌的发生机制已经引起广泛关注, 但由于含冰边坡失稳涉及多个物理过程以及各物理过程之间存在复杂相互作用, 目前仍然难以定量评估含冰边坡的稳定性。而且, 大多数模拟研究主要关注含冰边坡稳定性或者失稳崩塌运动过程, 较少研究同时实现“气候要素作用下的含冰边坡稳定性演化”和“含冰边坡崩塌-运动-堆积过程”模拟。研究提出了一种基于热水力耦合的概念模型, 用以模拟含冰边坡稳定性以及潜在的崩塌范围。该模型实现了耦合考虑多种气候要素, 包括气温、融水、降雨等。以西藏阿汝冰崩事件作为研究案例, 表明了该模型在评估含冰边坡稳定性和崩塌范围方面具备良好的潜力, 并且直观地显示了气候变化在低坡角含冰边坡失稳事件中起到的关键影响。此外, 基于数值模拟较好地再现了该含冰边坡案例的“失稳崩塌-运动-堆积”过程。研究成果有助于应对含冰边坡失稳相关的灾害风险。

关键词: 气候变化; 含冰边坡; 稳定性; 运动过程; 数值模拟