

猴子岩水库色玉滑坡涌浪灾害链 CFD-DEM 耦合数值模拟

Coupled CFD-DEM Numerical Simulation of Seyu Landslide Surging Wave Hazard Chain in Houziyan Reservoir

肖华波¹, 王泽皓^{2,3}, 石伟明¹, 王东坡², 欧阳朝军³
Hua-Bo Xiao¹, Ze-Hao Wang^{2,3}, Wei-Ming Shi¹, Dong-Po Wang², Chao-Jun Ouyang³

(1. 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072;

2. 成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610059;

3. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

(1. Power China Chengdu Engineering Corporation Limited, Chengdu; 610072, China;

2. State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu; 610059, China;

3. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu; 610041, China;)

摘要: 滑坡涌浪是一种常见的地质灾害现象, 由于滑坡体与水体之间存在复杂的流固耦合作用, 使得传统的单一介质模型无法进行准确求解。为此, 基于一种计算流体力学方法 (CFD) 与离散单元法 (DEM) 的流固耦合模型, 采用计算流体力学方法 (CFD) 求解水体流动, 采用离散单元法 (DEM) 模拟散粒体滑坡运动, 充分利用不同计算模型的优势, 对滑坡及涌浪演进过程进行数值模拟分析。首先, 利用该方法对 Robbe-Saule 开展的颗粒堆积体坍塌-涌浪试验进行了相同工况下的数值计算, 从颗粒坍塌运动过程、涌浪高度演化过程等方面进行对比, 模拟结果与试验结果吻合得很好, 验证了 CFD-DEM 流固耦合模型的有效性。然后, 将该方法应用于四川省猴子岩水库色玉滑坡-涌浪灾害的演进过程分析, 重现了该事件滑坡失稳运动、涌浪产生及传播、涌浪爬升、涌浪回流的全过程, 计算得到的电站进水口处涌浪高度与实测数据较为接近。计算结果显示, 色玉滑坡从失稳运动至静止堆积的持续时间约 20s, 颗粒平均速度最大达到 16.12m/s; 滑坡引起的涌浪在约 10s 后传播到对岸, 之后开始沿坡面向上爬升, 最大爬升高度达到 27.32m。研究表明, CFD-DEM 流固耦合模型能够很好地应用于山区河谷大规模滑坡涌浪灾害的模拟, 可为库区防灾减灾提供高效的技术支持。

关键词: 滑坡涌浪; 计算流体力学 (CFD); 离散单元法 (DEM); 耦合模型; 数值模拟