

基于三维点云的岩体露头结构面高效识别与聚类方法研究

Efficient Identification and Clustering Method for Rock Outcrop Discontinuities Based on 3D Point Clouds

易小宇^{1,2}, 吴文煊¹, 冯文凯^{1,2}, 周永健¹, 赵家琛¹

Xiaoyu Yi^{1,2}, Wenxuan Wu¹, Wenkai Feng^{1,2}, Yongjian Zhou¹, Jiachen Zhao¹

(1. 成都理工大学 环境与土木工程学院 四川成都 610059;

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)

(1. College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

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

摘要: 在地下及边坡岩体工程中, 岩体结构面对岩体力学行为、稳定性评估以及工程设计的准确性有着直接影响。因此, 岩体结构面的识别与聚类成为岩石力学领域中的关键问题。研究提出一种在大规模岩体露头点云中对结构面高效准确的识别与聚类方法。该方法首先通过体素滤波对点云数据进行降采样, 并利用 K-d 树构建点云的拓扑结构。然后, 结合主成分分析 (PCA) 计算点云的法向量, 再通过逐点聚类 (PWC) 算法提取结构面的产状信息 (倾向和倾角)。在此基础上, 引入改进的鲸鱼优化算法 (MWOA), 实现结构面产状自动聚类分组。该算法通过设计鲸鱼种群编码和非线性调整策略, 平衡全局搜索与局部开发能力, 并利用轮廓系数自动确定最优聚类数, 几乎无需用户干预。研究结果表明, 所提方法在精度相当的条件下识别效率远优于传统方法, 并在聚类准确性、收敛速度和稳定性上相较于传统方法均有明显优势。所提方法不仅能够从大规模岩体露头点云数据中高效准确提取岩体结构面, 还使用改进的鲸鱼优化算法对结构面产状自动聚类分组, 为岩体结构面分析提供了一种精度与效率平衡的新工具。

关键词: 岩体结构面; 三维点云; 逐点聚类算法 (PWC); 改进鲸鱼优化算法 (MWOA)