

地质雷达在岩体裂隙探测中的潜力：物理模型试验与数值模拟的见解

The potential of ground penetrating radar in rock fracture detection: insights from physical model tests and numerical simulations

宋智书^{1,2} 郑俊^{1,3} 张瑞琛¹

Zhishu SONG^{1,2} Jun ZHENG^{1,3} Ruichen ZHANG¹

(1. 浙江大学建筑工程学院, 杭州 310058;

2. 浙江大学平衡建筑中心, 杭州 310007;

3. 浙江大学建筑设计研究院有限公司, 杭州 310063)

(1. Department of Civil Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China;

2. Center for Balance Architecture, Zhejiang University, Hangzhou 310007, China;

3. The Architectural Design & Research Institute of Zhejiang University Co., Ltd., Hangzhou 310063, China)

摘要：岩体结构的表征对于分析岩质边坡稳定性至关重要。然而，由于大量裂隙隐匿于岩体内部，精确确定三维空间中岩体裂隙的分布颇具挑战。地质雷达（GPR）凭借其穿透能力和高效性在各个领域展现出显著潜力。但鉴于裂隙分布的非均质性和复杂性，利用 GPR 探测岩体中的裂隙依然困难重重。本文聚焦于不同分布模式的一对裂隙在 GPR 上的响应展开研究。通过大量的数值模拟，我们确定了平行、正交和 V 形裂隙在 GPR 图像上的独特响应模式。这些模式可用于推断岩体内部的裂隙分布。在六个具有不同裂隙分布的类岩石试样上进行的物理模型试验，证实了这些模拟结果。相较于单一裂隙的响应模式，一对裂隙产生的雷达响应模式为工程应用提供了更具实际意义的指导。此外，本文提出了基于 GPR 图像反演这些裂隙的参数方法，其有效性已通过模拟案例得到验证。该方法为基于表面的非侵入式透明化岩体结构表征提供了一个具有前景的方向。

关键词：岩质边坡;地质雷达;裂隙;响应模式;反演方法