

Rockfall在危岩地质灾害预测评价中的应用

黄华娟

(广西中科地质勘查有限责任公司, 广西 南宁 530000)

摘要:目前对危岩的影响一般按评估规程进行评价或根据理论公式进行复杂计算,本文以某矿山危岩调查及预测评价为例,对 Rockfall 软件在危岩落石运动轨迹分析中的实践运用进行对比小结,该软件对危岩运动轨迹的模拟结果与按照理论公式计算的结果接近,表明 Rockfall 可便捷、直观地应用于危岩地质灾害预测评价,提高工作效率。

关键词:危岩; Rockfall; 落石运动轨迹; 最大滚落距离

中图分类号: P694

文献标识码: A

文章编号: 1004-7344(2021)12-0160-02

0 前言

危岩是灰岩地区常见的一种地质灾害隐患,广西区内发生危岩地质灾害的岩性大多数为灰岩^[1],在矿山地质环境调查与治理、工程项目地质灾害危险性评估中,需要对项目所在区域内的危岩进行调查及预测评估,提出防治建议。目前广西矿山地质环境治理及地质灾害危险性评估中,对危岩的影响一般按评估规程进行评价,对危岩最大滚落范围缺少量化数据;或根据理论公式进行复杂计算,过程较烦琐。本文以某矿山危岩调查及预测评价为例,对 Rockfall 软件在危岩落石运动轨迹分析中的实践运用进行对比小结。

1 危岩特征

本次危岩调查采用旋翼无人机进行倾斜摄影测量,对危岩所在区域采集影像数据,室内经数据预处理、空中三角测量及生成三维模型,采用三维测图模块制作软件加载已生成的实景三维模型,可采集危岩体的位置、规模、结构面特征及危岩所在山体地形数据。

矿山危岩体发育在泥盆系上统灰岩山体,山体岩石裸露,陡崖及节理裂隙发育,岩体被结构面切割,在外力及重力作用下部分岩块松动掉落,形成底部悬空的危岩,在爆破振动、开挖扰动、地下挖空等条件下,危岩体可能发生失稳崩塌,威胁坡脚道路过往行人及工作人员。通过三维测图软件采集危岩体空间数据进行计算,危岩体积约 1275m³,危岩重心与坡脚地面高度 90m,所在山坡坡度 70°,植被稀少。

2 Rockfall 软件模拟危岩落石运动轨迹

Rockfall 软件是加拿大 Rocscience 公司开发的 Rocscience 系列岩土软件之一,用于陡峭边坡落石运动轨迹、弹跳高度及滚

落距离等统计分析。其计算原理是边坡上部的危岩体变成落石后,其势能转换为动能,落石与坡面接触发生反弹,不同边坡坡面的弹性及摩擦性质不同,落石的弹跳高度亦不同。弹跳过程中接触坡面对落石产生消能作用,致使落石的动能衰减,直至落石停留动能为零。整个过程遵循能量的转化和守恒定律^[2]。本次采用 Rockfall 模拟危岩掉落滚动轨迹,统计其滚动水平距离,模拟过程如下:

2.1 绘制边坡线

根据危岩所在坡面地形(简化为折线型边坡),在 Rockfall 软件中绘制边坡线,也可在 CAD 中用 1:1000 比例尺绘制边坡线直接导入 Rockfall 软件^[3]。

2.2 边坡性质赋值

根据《危岩防治工程技术规范(DB45/T 1696—2018)》对边坡性质进行赋值,本区危岩所在边坡为裸露灰岩边坡,岩块滚动摩擦系数取 0.40(见表 1),法向回弹系数、切向回弹系数分别取 0.40、0.86(见表 2)。

2.3 定义落石特征

将边坡危岩发育位置定位落石源位置,输入危岩体质量(根据体积及灰岩密度进行换算)及模拟碎石数量(本次取 20),将危岩掉落至坡面的过程简化为自由落体运动,初始速度为 0m/s。

2.4 模拟分析结果

根据设定的边坡及落石特征参数,采用 Rockfall 软件模拟落石运动轨迹及统计落石滚动水平距离,模拟分析结果见图 1~2。落石滚动水平距离一般在 90~106m,最大滚动距离 106m。

3 落石最大滚落距离理论计算

根据《危岩防治工程技术规范(DB45/T 1696—2018)》计算落

表 1 岩块滚动摩擦系数

坡面特征	滚动摩擦系数
光滑岩面、混凝土表面	0.30~0.60
软岩面、强风化硬岩面	0.40~0.60
堆石堆积坡面	0.55~0.70
密实碎石堆积坡面、硬土坡面、植被(灌木丛为主)发育	0.55~0.85
密实碎石堆积坡面、硬土坡面、植被不发育或少量杂草	0.50~0.75
松散碎石坡面、软土坡面、植被(灌木丛为主)发育	0.50~0.85
软土坡面、植被不发育或少量杂草	0.50~0.85

注:本表引自《危岩防治工程技术规范(DB45/T 1696—2018)》。

表 2 岩块恢复系数

碰撞系数	地面岩性				
	硬岩	软岩	硬土	普通土	松土
法向回弹系数 e_n	0.40	0.35	0.30	0.26	0.22
切向回弹系数 e_t	0.86	0.84	0.81	0.75	0.65

注:本表引自《危岩防治工程技术规范(DB45/T 1696—2018)》。

表 3 危岩最大滚落距离计算

符号	h	α	g	t	V_{0x}	V_{0y}	V_i	v'_{it}	tan	e_t	S_{max}
意义	危岩重心与地面高度/m	坡角/ $^\circ$	重力加速度/ (m/s^2)	时间/s	初始水平速度/(m/s)	初始垂直速度/(m/s)	危岩碰撞坡面的入射速度/(m/s)	初始滚动速度/(m/s)	滚动摩擦系数	岩块切向回弹系数	危岩最大滚动距离/m
取值方法	测量	测量		自由落体公式	自由落体	自由落体	公式 2	公式 3	表 1, 硬岩面	表 2, 硬岩	
取值	90	70	9.8		0	0	42.00	33.94	0.40	0.86	102.49



图 1 落石运动轨迹模拟
Horizontal Location of Rock End-points

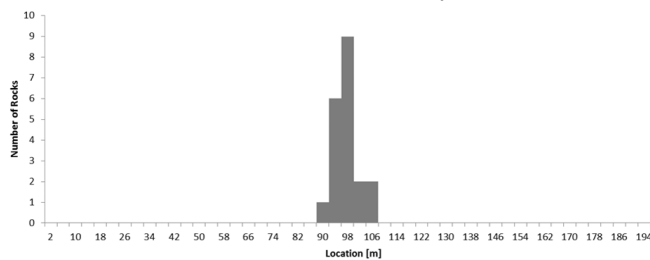


图 2 落石滚动水平距离统计结果

石最大滚动距离,计算公式如下:

$$S_{max} = \frac{0.7v'_{it}{}^2}{g \cdot \cos\alpha (\tan\alpha - \tan\phi_d)} \quad (1)$$

$$v_i = \sqrt{v_{0x}^2 + (v_{0y} + gt)^2} \quad (2)$$

$$v'_{it} = e_t \cdot v_i \sin\alpha \quad (3)$$

式中各项符号代表意义、取值见表 3, 根据公式计算危岩最大滚动距离为 102.49m。

4 结语

经对比, Rockfall 软件模拟结果落石滚动水平距离一般在 90~106m, 与按照理论公式计算危岩最大滚动距离 102.49m 接近。通过野外调查、无人机采集实测危岩特征数据, 采用 Rockfall 软件可便捷、直观的预测危岩落石的运动轨迹、弹跳高度及最大滚动距离, 较好地应用于危岩地质灾害预测评估, 为危岩防治提供依据。

参考文献

- [1] 朱峻灵. 广西危岩地质灾害发育特征及防治技术研究[J]. 南方国土资源, 2018(2): 49-53.
- [2] 曾舜. RockFall 软件在危岩崩塌处治设计中的应用[J]. 中国水运, 2011, 11(1): 211.
- [3] 徐一凡, 湛亚礼, 邓瑞传. 几种确定崩塌危岩体崩落影响范围方法的比较及应用[J]. 凯里学院学报, 2013, 31(3): 102-104.

收稿日期: 2021-02-04

作者简介: 黄华娟(1986—), 女, 壮族, 广西扶绥人, 本科, 主要从事矿山水工环地质工作。