

# 基于裂隙网络模拟的岩质边坡潜在滑面搜索方法

张 勇<sup>1</sup>, 聂德新<sup>1</sup>, 张 斌<sup>2</sup>

(1. 成都理工大学 工程地质研究所, 成都 610059; 2. 四川省交通厅公路规划勘察设计研究院, 成都 610041)

**摘 要:** 在一些岩质边坡稳定性评价当中, 往往由于勘探资料的缺乏, 无法对构成未来边坡失稳破坏的主要结构面进行了解, 也无法确定未来滑面的位置。针对岩质边坡潜在滑面的位置及具体形态等问题, 利用裂隙网络模拟的方法对各结构面进行统计, 确定了边坡破坏的结构面组合模式以及潜在滑面位置。

**关键词:** 潜在滑面; 网络模拟; 蒙特- 卡洛

中图分类号: P642. 22

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)03-0083-02

## Network Simulation on Fissures and Hunting for Potential Sliding Surfaces of a Rock Slope

ZHANG Yong<sup>1</sup>, NIE De-xin<sup>1</sup>, ZHANG Bin<sup>2</sup>

(1. Institute of Engineering Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. Communication Department of Highway Survey and Design of Sichuan Province Chengdu 610041, China)

**Abstract:** This text directs against such questions as the position of the potential sliding surface of slope and concrete shape, etc. by rock quality, the method of utilizing the crack network to imitate the mode and potential sliding surface. For the position and the shape of slide surface, it deals with the method of cracks network simulating to count the parameters of discontinuity, and the combination of discontinuity and potential slide surface of the slope.

**Key words:** potential sliding surface; network simulating; Monte-carlo

### 1 概 述

岩质边坡工程的稳定性分析中, 尤其在一些矿山、道路边坡工程中, 由于各种人力、物力上的因素, 不可能进行大规模的勘探。因此在这种情况下, 如何获得边坡内部结构面具体的组合方式以及怎样判断潜在滑面的形态将是对边坡的稳定状态正确评价的关键。

在边坡工程地质调查当中, 边坡的结构面参数都是通过实际测量获得, 采用简单的几何投影方法来确定边坡体的特征, 没有真正考虑节理岩体复杂的结构形态以及结构面组合破坏的内在机制<sup>[1,2]</sup>。随着计算机技术的发展以及各门学科的不断综合, 人们发现在野外编录资料的基础上, 通过概率统计的原理, 可以确定几何参数的概率模型, 获得不同结构面几何参数统计的样本数据。然后利用网络模拟的方法便可以得到边坡结构面组合方式, 并模拟出边坡潜在滑面的形态以及位置。

### 2 理论依据

随着边坡工程地质的不断发展, 人们发现岩体中大量杂乱无章呈随机分布的节理面(主要指Ⅰ、Ⅱ级结构面), 从统计的意义上讲, 反映这些结构面分布特征的几何参数(间距、倾向、倾角、迹长等)都是服从一定的统计规律的。将现场实测的大量样本数据建立概率统计模型, 并将其反映到计算机上, 形成与现场结构面具有相同统计特性、表征结构面空间分布特征的裂隙网络模拟图形, 采用的方法为蒙特- 卡

洛(Monte-carlo)法<sup>[1,3]</sup>。

蒙特- 卡洛法又称为随机模拟法或统计试验法, 该方法是根据已知的分布函数, 利用均匀随机数求随机变量的方法。实际上蒙特- 卡洛模拟是现场采样统计的逆过程。现场测量统计是根据岩体中裂隙的分布形式求出表征裂隙的各种几何参数的分布函数。而计算机模拟过程是根据统计得出的裂隙几何参数的分布函数来推求服从这些分布规律的裂隙网络图形。在裂隙网络模拟时, 要得出按现场实测的具体分布函数的随机变量, 可以先由计算机产生均匀分布的随机数, 然后按已知的实测分布函数, 从均匀分布的随机数中进行随机采样, 得到所求的具体分布的随机数<sup>[4-6]</sup>。

### 3 工程实例

#### 3.1 基本地质条件

某泥岩矿山位于都江堰市境内, 处于盆地与山区交界部位, 属构造剥蚀低山地貌, 地势总体北高南低。矿区范围内相对高差 215 m, 矿区南呈缓坡形态, 东西受沟切割, 形成较陡倾坡。

区内出露的地层为三叠系须家河组中段( $T_3^{xj2}$ )和第四系坡残积物松散覆盖层( $Q_4^{coll}$ ), 岩层产状  $350^\circ \angle 25^\circ$ 。矿区开采矿石主要为须家河组中的泥岩、砂岩。

矿区处于懒板凳- 白石飞来峰之懒板凳向斜南翼, 构造以 NNE-SSW 为主, 矿区内的断裂不发育, 裂隙比较密集,

岩体较为破碎。

随着采矿开挖的进行,矿区地表将形成每级高 5 m,宽 5 m,坡角约 60° 的阶梯状地形。矿区设计开采年限为 50 年,故边坡为永久性边坡。

在不断的开挖过程中,矿山边坡将逐渐形成,因此需要对其在开挖过程中的边坡稳定性进行评价。

3.2 裂隙网络模拟参数统计

在矿区布置多条剖面,分别对剖面附近基岩露头处测量大量的结构面参数数据,进行概率统计。本文以剖面为例运用赤平极点投影作图法作出极点等密图(图 1)。而后进行结构面分组并得到每组结构面几何参数统计的样本数据。然后,按每组结构面所属的结构面几何参数分别进行统计分析 & 曲线拟合,即可得到相应参数的概率模型。(表 1)

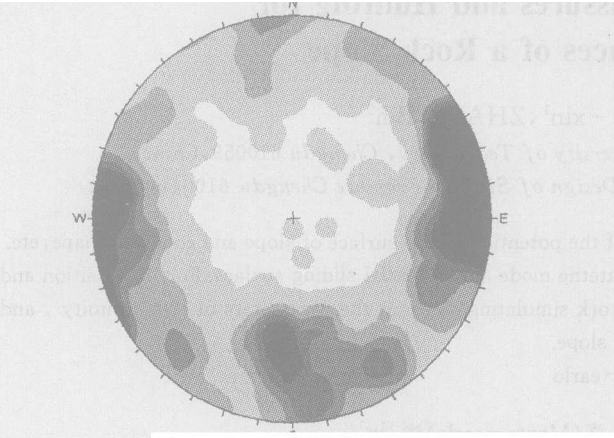


图 1 剖面裂隙极点等密图

表 1 剖面结构面参数

结构面组数	3		
结构面组号	1	2	3
间距分布类型	正态	正态	对数正态
间距均值	0.12	0.13	0.29
间距方差	0.02	0.07	0.22
倾向分布类型	正态	正态	负指数
倾向均值	93.00	184.00	274.33
倾向方差	7.60	26.93	14.74
倾角分布类型	正态	正态	负指数
倾角均值	83.00	64.48	79.00
倾角方差	4.53	10.54	1.00
迹长分布类型	正态	正态	负指数
迹长均值	0.80	0.46	0.73
迹长方差	0.85	0.20	0.28

3.3 裂隙网络模拟及潜在滑面搜索

以上述结构面参数统计特征为基础,利用蒙特-卡洛方

法,得到岩体结构面网络模拟图(如图 2)。从图中可以看出,网络模拟图表现出来的结构面特征与极点等密图的结果是一致的,同时由于结构面总体上以陡倾角的为主,因此在竖直方向上裂隙连通率较高,而与平缓方向裂隙有效连通率不是很多,大多以岩桥相连接。

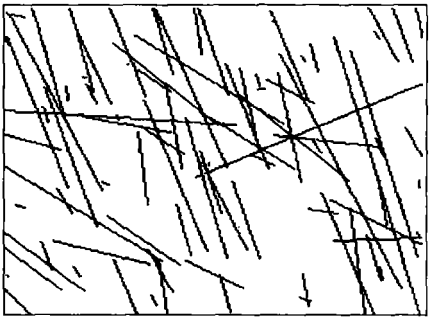


图 2 结构面网络模拟图

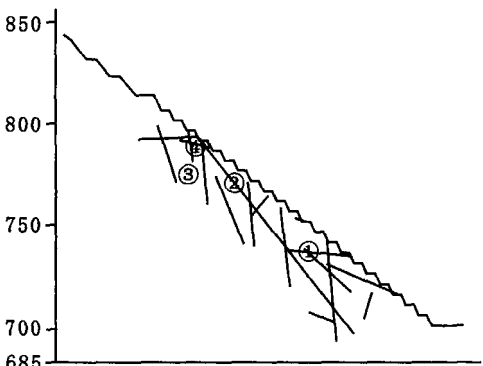


图 3 剖面结构面组合图

将结构面网络模拟结果嵌入未来开挖以后形成的边坡中,得到如图 3 所示的边坡结构面组合图。由图 3 可以发现各结构面与开挖面之间存在多种组合切割形式,其中,从滑体的规模和潜在滑移面的长度以及陡倾程度来看,结构面 ~ 的组合具有代表性或为最不利形式。由此通过比较不同结构面的组合形式可以判断结构面 ~ 和 ~ 的组合最为不利,将可能构成未来边坡的潜在滑面,依此即可对边坡进行稳定性评价。

4 结 论

本文提出了基于蒙特-卡洛方法的裂隙网络模拟方法,并在结构面统计与随机模拟相结合的基础上,研究了岩质边坡潜在滑面的搜索方法。研究中针对岩质边坡内部结构面组合的问题,采用由表及里的方法,利用外部裂隙的统计规律来模拟出边坡内部的裂隙网络组合,确定了边坡潜在滑面形态及位置,为边坡稳定性分析提供了理论依据,并对后期边坡工程的开挖及治理工作有着重要的参考意义。

参考文献:

[ 1 ] 贾志欣,汪小刚.包含定位长大裂隙的节理岩体连通率的计算及应用[J].岩石力学与工程学报,2001,20(4):457-461.  
[ 2 ] Zhang X. A two dimensional model of en-echelon jointed rock masses with multi-discontinuity geometry parameters[J]. Rock Mechanics and Rock Engineering, 1989, 22(3): 231-142.  
[ 3 ] Hudson J A, Priest S D. Discontinuities and rock mass geometry[J]. International Journal for Rock Mechanics and Mining Science, 1979, 16(2): 339-362.  
[ 4 ] 魏安.岩体裂隙网络的计算机模拟及其应用[J].西南交通大学学报,1995,30(2):200-205.  
[ 5 ] 潘别桐.国外岩体结构面网络概率模型研究现状[J].地质科技情报,1984,(2):45-50.  
[ 6 ] 徐钟济.蒙特卡洛方法[M].上海:上海科学出版社,1985.  
[ 7 ] 张永荣,余宏明,殷坤龙,等.江西某厂矿区边坡岩体结构面网络模拟研究[J].地质科技情报,2000,19(1):85-88.