

# 基于MATLAB与FLAC<sup>3D</sup>的煤系岩体裂隙网络构建

刘 阳

安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南

收稿日期: 2022年6月17日; 录用日期: 2022年7月18日; 发布日期: 2022年7月27日

---

## 摘 要

合理构建岩体裂隙网络是研究煤系岩体稳定性的重要前提。本文以岩体裂隙为研究对象, 基于蒙特卡洛法, 利用MATLAB进行编制随机裂隙网络生成软件, 同时根据生成的裂隙坐标建立数据几何集, 将处理后的坐标导入外部拓展AUTOCAD软件, 生成的裂隙以特定文件格式保存, 并导入FLAC<sup>3D</sup>产生交互生成裂隙网络模型。

## 关键词

蒙特卡洛法, 数据几何集, 裂隙网络模型

---

# Construction of Coal System Rock Crack Network Based on MATLAB and FLAC<sup>3D</sup>

Yang Liu

School of Earth and Environment, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

Received: Jun. 17<sup>th</sup>, 2022; accepted: Jul. 18<sup>th</sup>, 2022; published: Jul. 27<sup>th</sup>, 2022

---

## Abstract

Reasonable construction of rock mass fissure network is an important prerequisite for studying the stability of coal system rock mass. This paper takes rock mass fissure as the research object, based on the Monte Carlo method, using MATLAB to prepare random fissure network generation software, at the same time according to the fissure coordinates, to generate data geometry set, the processed coordinates into external expansion AUTOCAD software, the fissure generated was saved in a specific file format and imported to FLAC<sup>3D</sup> interactive to generate fissure network model.

## Keywords

Monte Carlo Method, Data Geometry Set, Crack Network Model

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着资源需求量日益增加,浅部资源逐渐枯竭,采矿向深部发展已成大势所趋[1],而煤炭作为我国的主要能源之一,当前我国已经探明的煤炭资源量超过 5.9 万亿吨,其中深部资源(千米以下)占到 53% 左右的比重[2],避免深部开采灾害的发生,加强灾害防治是深部煤炭安全开采的重要保障[3],也是很多专家与学者重点研究的课题。深部煤炭开采稳定性主要取决于经过复杂地质作用形成的裂隙岩体,准确把握岩体裂隙内部裂隙结构特征和空间分布是研究岩体裂隙稳定性的关键之一[4],而迹长、隙宽、密度等是裂隙网络主要的几何特征[5],早期 Baecher 提出了裂隙圆盘模型的假定[6],随着计算机技术的发展,李新强[7]、张亚[8]等对岩体裂隙模型构建均有着深入的研究。本文基于 MATLAB 进行随机裂隙网络编程,生成随机裂隙网络,通过建立数据集合并导入外部拓展画图软件 AUTOCAD 生成特定裂隙网络图形,将生成的裂隙网络图形以.dxf 文件格式保存,并导入模拟软件 FLAC<sup>3D</sup> 产生交互生成裂隙网络模型,为深部开采工程稳定性研究,保证工程安全进行提供重要的理论技术支持。

## 2. 生成原理

基于蒙特卡洛法进行 MATLAB 编程,其生成原理如下:

1) 裂隙方位角和迹长分布函数

裂隙方位角概率密度与分布正态随机数如下:

$$x = u_x + \sigma_x \times \sqrt{-2\ln(R)} \times \cos(2 \times \pi \times R)$$

式中,  $x$  为正态分布的随机数;  $R$  为 {0,1} 区间内的均匀随机数。

裂隙迹长概率密度与分布正态随机数如下:

$$x = \exp\left(u_y + \sigma_y \times \sqrt{-2\ln(R)} \times \cos(2 \times \pi \times R)\right)$$

式中,  $y = \ln x$ , 为  $y$  的平均值;

2) 根据坐标中心( $x,y$ )在一定范围内( $L,B$ )生成每组裂隙的总数  $n$ 、平均迹长  $l$ 、平均间距  $c$  的裂隙,公式如下:

$$n = \text{Int}\left(\frac{L \times B}{l \times c}\right)$$

式中 Int 为取整

通过上式得出裂隙的总条数  $n$ ,根据所设定的研究区域范围,生成含有  $n$  个随机数的样本区间,unidrnd 为离散均匀随机数的生成函数。

$$\begin{cases} \{x_1, x_2, \dots, x_n\} = C \times \text{unidrnd}\left(\frac{L}{C}, [n, 1]\right) \\ \{y_1, y_2, \dots, y_n\} = C \times \text{unidrnd}\left(\frac{B}{C}, [n, 1]\right) \end{cases}$$

式中， $c$  为裂隙的平均间距  $c$ ； $L$  和  $B$  分别为裂隙域长度与宽度。

### 3. 基于 MATLAB 裂隙网路生成

基于蒙特卡洛法利用 MATLAB 进行随机裂隙软件编程，该程序可以根据随机设置的裂隙参数进行随机裂隙网络生成，并框选相应尺寸随机裂隙，如图 1 所示。

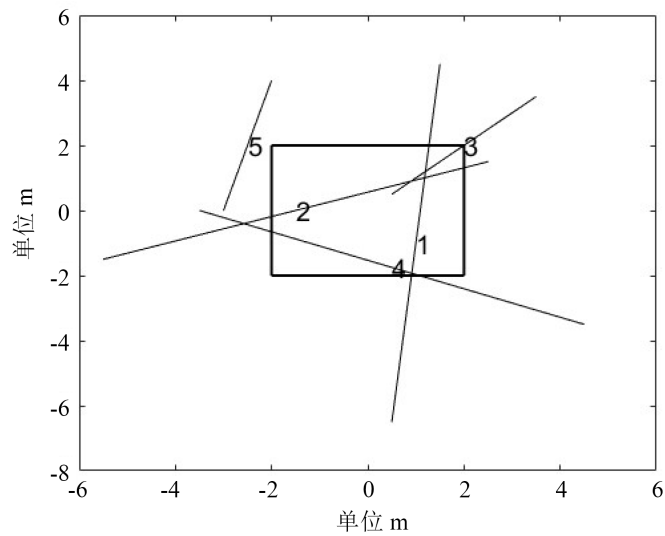


Figure 1. Schematic diagram of the fissure box selection  
图 1. 裂隙框选示意图

例如根据上述框选原理对 20 m × 20 m 尺寸裂隙进行生成并框选，结果如图 2，图 3 所示。

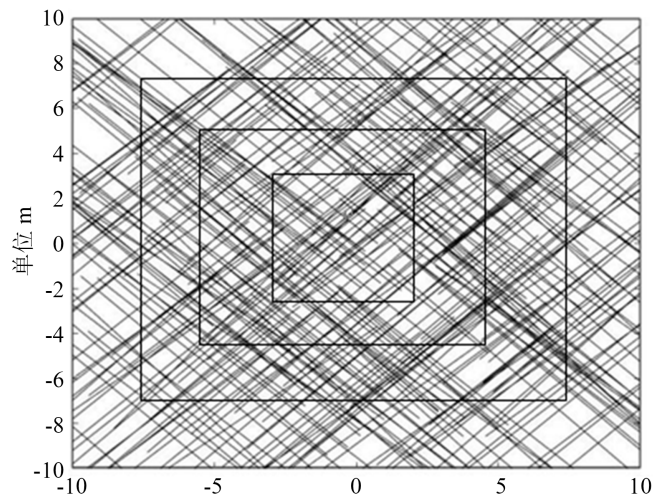
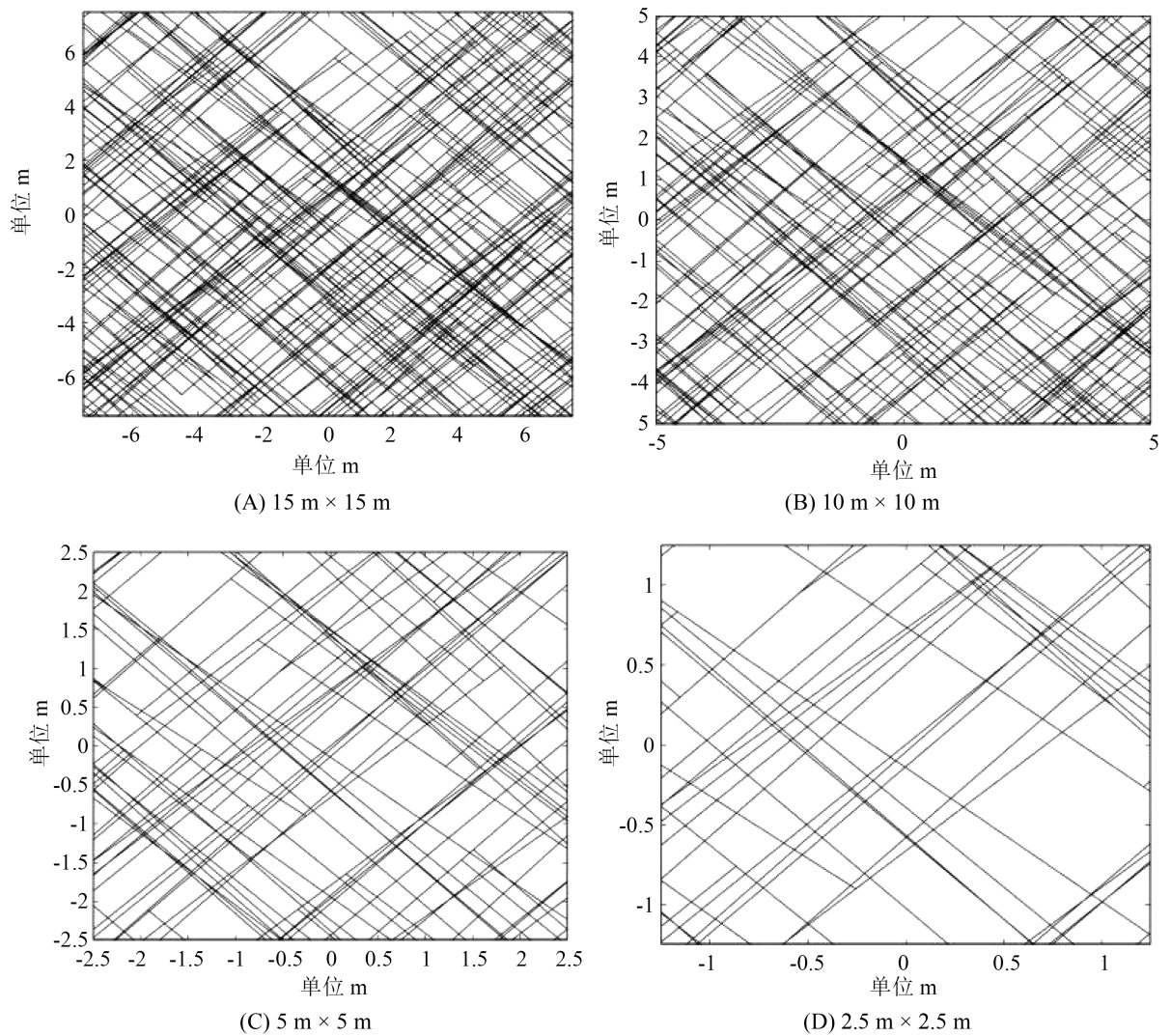


Figure 2. 20 m × 20 m fissure network and box selection  
图 2. 20 m × 20 m 裂隙网络及框选



**Figure 3.** Box the study subregion  
**图 3.** 框选研究子区域

### 4. FLAC<sup>3D</sup> 数值模型建立

在将程序生成的二维裂隙导入 FLAC<sup>3D</sup> 之前，需要进行坐标多线段处理，步骤如表 1 所示。

**Table 1.** Schematic diagram of Multi-segment Linearization of Fracture Coordinates  
**表 1.** 裂隙坐标多段线化处理示意表

	A	B	C	D	E	F	G
1	x1	y1	x2	y2	=“pline”&A1&“,”&B1	=C1&“,”&D1	c
2	x1	y1	x2	y2	pline x1,y1	x2,y2	c

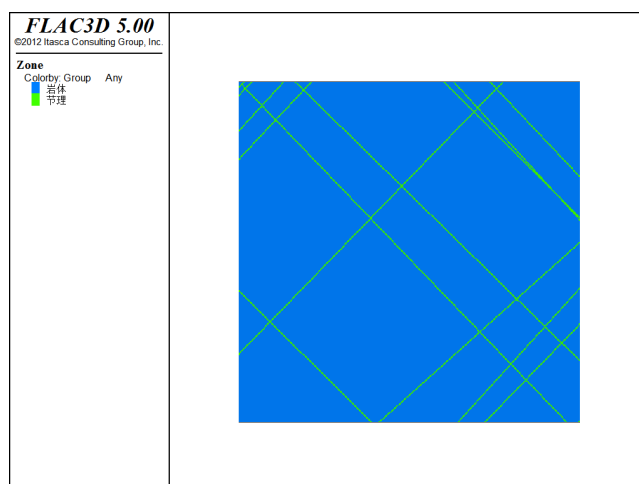
其中，X1, Y1、X2, Y2 为线段两端坐标。

按照表 1 的多线段处理方式，对 16 m × 16 m 进行框选 1 m × 1 m 研究子区域，其坐标处理后的结果如表 2 所示。

**Table 2.** 1 Coordinate Parameters of the 1 m × 1 m subregions  
**表 2.** 1 m × 1 m 子区域坐标参数

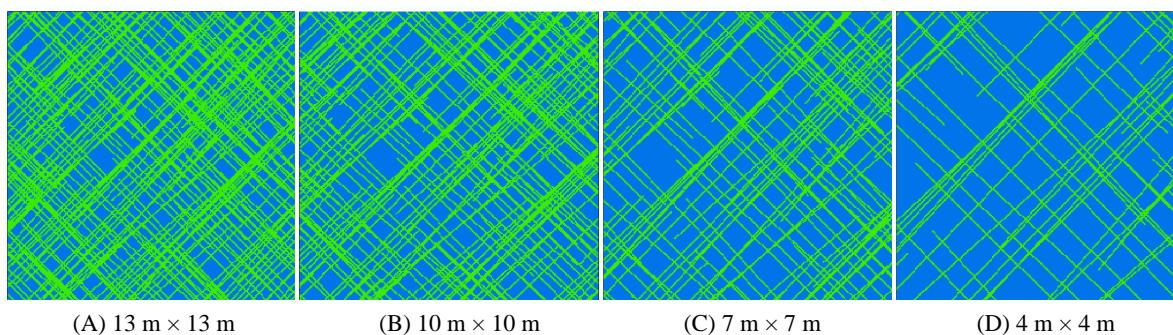
裂隙编号	裂隙坐标	端点 1		端点 2	
		x1	y1	x2	y2
1		-0.5000	-0.5000	0.5000	-0.5000
2		-0.5000	-0.5000	-0.5000	0.5000
3		-0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
4		0.5000	-0.5000	0.5000	0.5000
5		-0.5000	0.2986	-0.3064	0.5000
6		-0.1684	-0.5000	0.5000	0.1000
7		0.4282	-0.5000	0.5000	-0.4322
8		-0.5000	-0.1846	0.1138	0.5000
9		-0.5000	-0.4765	0.5000	0.4432
10		-0.5000	0.0469	-0.0356	0.5000
11		-0.5000	-0.0573	-0.0234	-0.5000
12		-0.5000	-0.0056	-0.0403	-0.5000
13		-0.1241	0.5000	0.5000	-0.1000
14		-0.5000	0.0017	0.0470	-0.5000
15		0.4343	0.5000	0.5000	0.4305
16		-0.5000	-0.2729	-0.2836	-0.5000
17		-0.3932	0.5000	0.5000	-0.3604
18		-0.1211	0.5000	0.5000	-0.1262
19		0.3729	0.5000	0.5000	0.3805
20		0.4048	0.5000	0.5000	0.3988

利用外部拓展画图软件绘制三维裂隙几何模型，并以.dxf 文件形式保存，导入 FLAC<sup>3D</sup>，即可产生 1 m × 1 m 裂隙网络数值模型，如图 4 所示。



**Figure 4.** 1 m × 1 m fissure network geometry  
**图 4.** 1 m × 1 m 裂隙网络几何图形

按照上述裂隙数值模型建立的方法对  $16\text{ m} \times 16\text{ m}$  范围内  $13\text{ m} \times 13\text{ m}$ 、 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 、 $7\text{ m} \times 7\text{ m}$ 、 $4\text{ m} \times 4\text{ m}$  尺寸裂隙建立，如图 5 所示。



**Figure 5.** Study subregions of different sizes  
**图 5.** 不同尺寸研究子区域

## 5. 结论

1) 利用 MATLAB 进行编程随机裂隙生成程序，根据特定的裂隙迹长、产状、走向等裂隙特征生成相应的随机裂隙，同时生成不同裂隙所对应的裂隙坐标，为借助 AUTOCAD 生成不同裂隙模型提供坐标依据。

2) 举例说明了研究子区域的框选方法，以及裂隙网络、裂隙的 AUTOCAD 几何集和 FLAC<sup>3D</sup> 几何数据集的建立方法，为随机裂隙数值模型的生成以及对后续相关工程研究领域，如 REV 的研究，提供了有效的技术支持。

## 参考文献

- [1] 吴钦正, 刘兴全, 李桂林, 陈科旭, 刘洋. 我国金属矿山深部开采发展现状及对策研究[J]. 采矿技术, 2021, 21(5): 23-27.
- [2] 徐保财. 我国煤矿深部开采现状及灾害防治分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2020, 40(16): 192-193.
- [3] 张赞兰. 煤矿深部开采中常见的问题及对策[J]. 煤炭科技, 2015(4): 134-135.
- [4] 杜玉芳. 基于 Monte Carlo 方法的岩体三维裂隙网络建模研究[D]: [硕士学位论文]. 石家庄: 河北地质大学, 2022.
- [5] 王振伟, 马克, 田洪圆, 李全生. 基于 RFPA<sup>2D</sup>-Flow 软件对裂隙岩体渗透特性表征单元体的研究[J]. 煤炭学报, 2019, 44(10): 3012-3021.
- [6] Priest, S.D. and Hudson, J.A. (1981) Estimation of Discontinuity Spacing and Trace Length Using Scanline Surveys. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, **18**, 183-197. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(81\)90973-6](https://doi.org/10.1016/0148-9062(81)90973-6)
- [7] Baecher, G.B, Lanney, N.A. and Einstein, H.H. (1977) Statistical Description of Rock Properties and Sampling. *The 18th U.S. Symposium on Rock Mechanics (USRMS)*, Golden, 22-24 June 1977.
- [8] 李新强, 陈平. 岩体结构面的渗透性网络模拟研究[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版), 2004, 19(2): 49-52.