

图 4 所示. 进一步通过后处理剔除掉对渗流无贡献的孤立裂隙和裂隙死端, 形成图 5 所示的连通裂隙网络.

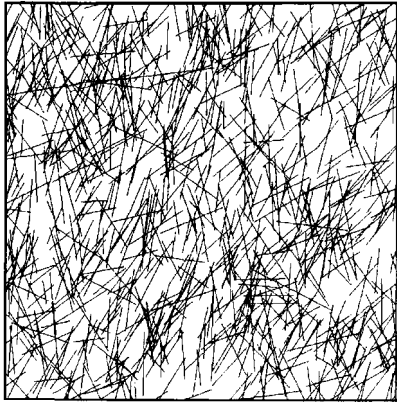


图 4 裂隙网络生成实例

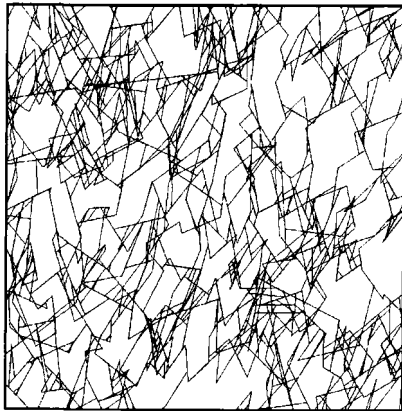


图 5 经处理后的连通裂隙网络图

根据计算机生成的随机裂隙网络 (图 5), 对每条裂隙进行判别, 并计算每条裂隙的贯通系数, 最后将每条裂隙相应的几何参数依次代入式 (17) 中, 即计算得到该复杂二维裂隙网络渗流的等效渗透系数张量

$$K = \begin{bmatrix} 0.84 & 0.38 \\ 0.38 & 2.08 \end{bmatrix} \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

算例分析表明该方法简便实用, 可近似用于工

程估算. 需要说明的是, 该方法的计算主要依据单裂隙的流动规律和裂隙的几何分布特征, 物理概念清楚, 但由于没有考虑裂隙本身几何形态的变化, 对于平行的均匀裂隙, 应该具有较好的精度. 算例 1 的结果也说明了此点. 对于复杂变化裂隙, 由于相连裂隙的形态差异, 以及随机生成裂隙的近似性, 其计算精度还难以给出统一的标准, 有待于进一步的应用分析.

#### 4 结 语

本文在无限延伸的多组平行裂隙的等效渗透系数张量的叠加算法的基础上, 针对更加一般的复杂二维裂隙渗流问题, 引入裂隙贯通系数用于表征非贯通裂隙特征, 同时结合随机裂隙网络的计算机生成技术, 发展了一种可以计算任意二维随机裂隙网络等效渗透系数张量的简便方法, 该方法的优点是可以不需要复杂的裂隙网络直接渗流数值模拟计算, 即可快速简便地估算复杂二维随机裂隙网络渗流的等效渗透系数张量. 通过算例分析, 表明该方法简便实用, 可近似用于工程估算.

#### 参 考 文 献

- 1 Wilson CR, Witherspoon PA. Steady state flow in rigid networks of fractures. *Water Resource Research*, 1974, 10(2): 1016-1024
- 2 张有天. 岩石水力学与工程. 北京: 中国水利水电出版社, 2005. 118-120
- 3 徐钟济. 蒙特卡罗方法. 上海: 上海科学技术出版社, 1985. 45-48
- 4 贾洪彪, 唐辉明. 岩体结构面三维网络模拟理论与工程应用. 北京: 科学出版社, 2008. 78-79
- 5 毛昶熙, 段祥宝, 李定方. 网络模型程序化及其应用. 水利水运科学研究, 1994, 3: 197-207 (Mao Changxi, Duan xiangbao, Li Dingfang. Programized model of networks and its applications. *Hydro-Science and Engineering*, 1994, (3): 197-207 (in Chinese))

(责任编辑: 胡 漫)

读者·作者·编者

#### 封面图片说明

封面图为一组油气井地下渗流场的模拟图 (带箭头的线为流线, 其他为等值线, 颜色深浅表示压力的大小, 圆圈的核心为井点). 油气井井组的渗流是油气田开发方案制定及方案调整的重要依据, 无论是对常规油气藏还是对非常规油气藏都有着重要的意义. 从油气藏井组的渗流场图可以看出: 流体的流动方向、压力分布的不均匀程度以及不同井产量对整个井组渗流场的影响. 从渗流场图还可以确定不流动区域的位置, 为调整井的钻井提供可靠的依据. (图文供稿: 刘曰武, 中国科学院力学研究所)