

# 微波加热煤岩裂隙变形的电-热-固耦合模型

管伟明<sup>1</sup>, 李虎威<sup>1</sup>

1. 新疆大学, 地质与矿业工程学院, 延安路1230号, 乌鲁木齐, 新疆, 830000

**引言:** 为研究不同加热方式下煤岩内部裂隙在热力耦合作用下的变形特征, 建立了微波和常规加热两种数值模型, 考察了不同温度场分布特征下裂隙周边应力应变场的变化过程。

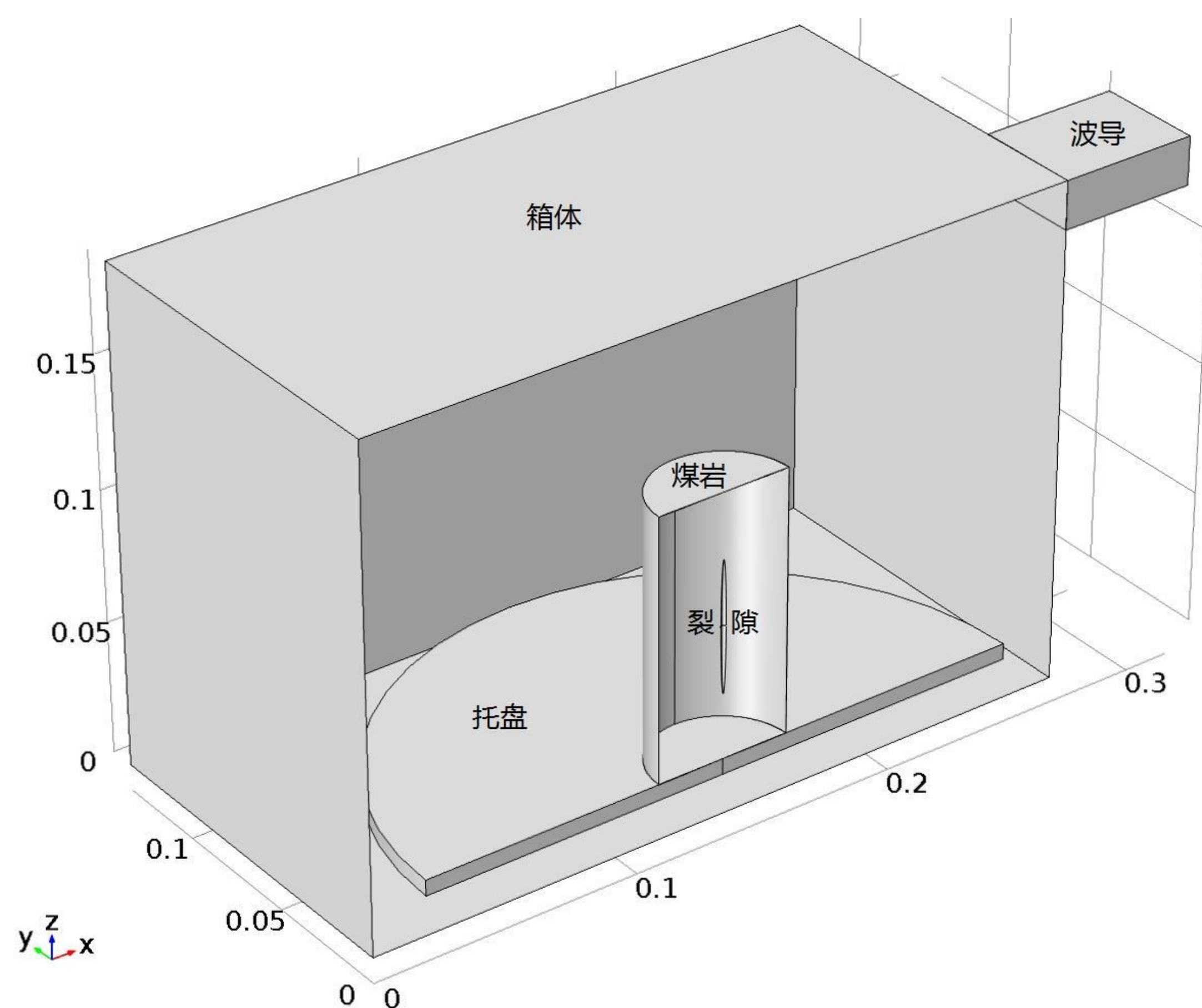


图 1. 微波加热煤岩裂隙的几何特征模型

**计算方法:** 模型以电场、固体传热、固体力学的单向耦合作为计算过程, 依次得到岩柱内电场、温度场、热应力的分布。

$$\nabla \times \left( \frac{1}{\mu_r} \nabla \times \vec{E} \right) - \frac{(2\pi f)^2}{c} (\epsilon' - i\epsilon'') \vec{E} = 0$$

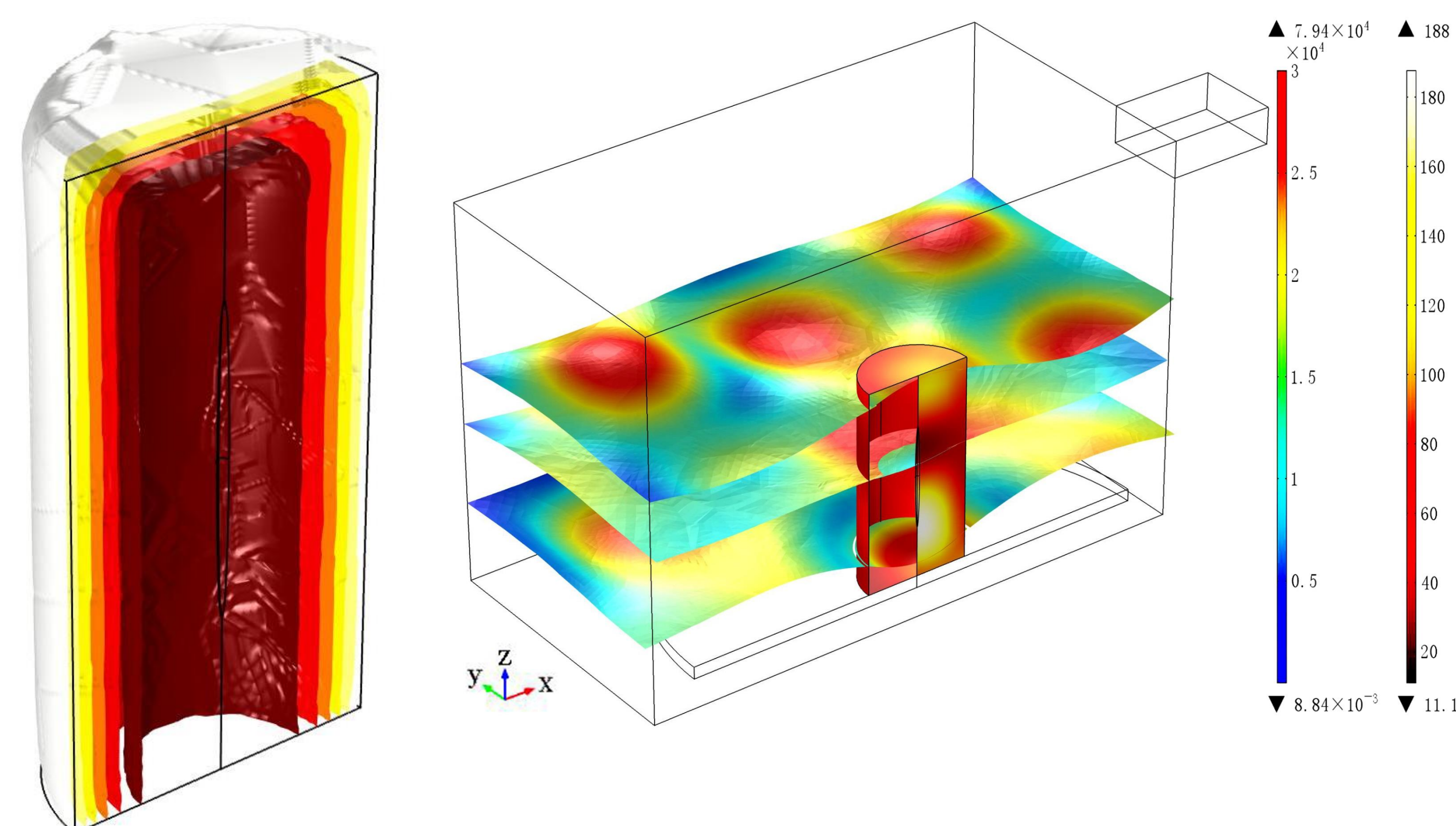
$$Q_{emw} = 2\pi\epsilon_0\epsilon'' f |\vec{E}|^2$$

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \cdot (-\lambda \nabla T) = Q_{emw}$$

$$s = s_0 + D(\epsilon - \epsilon_0 - \epsilon_{th})$$

**结果:** 微波加热时温度场与电场的分布高度相关, 呈现出内高外低和不均匀性; 常规加热时温度场为外高内低, 且分布均匀;

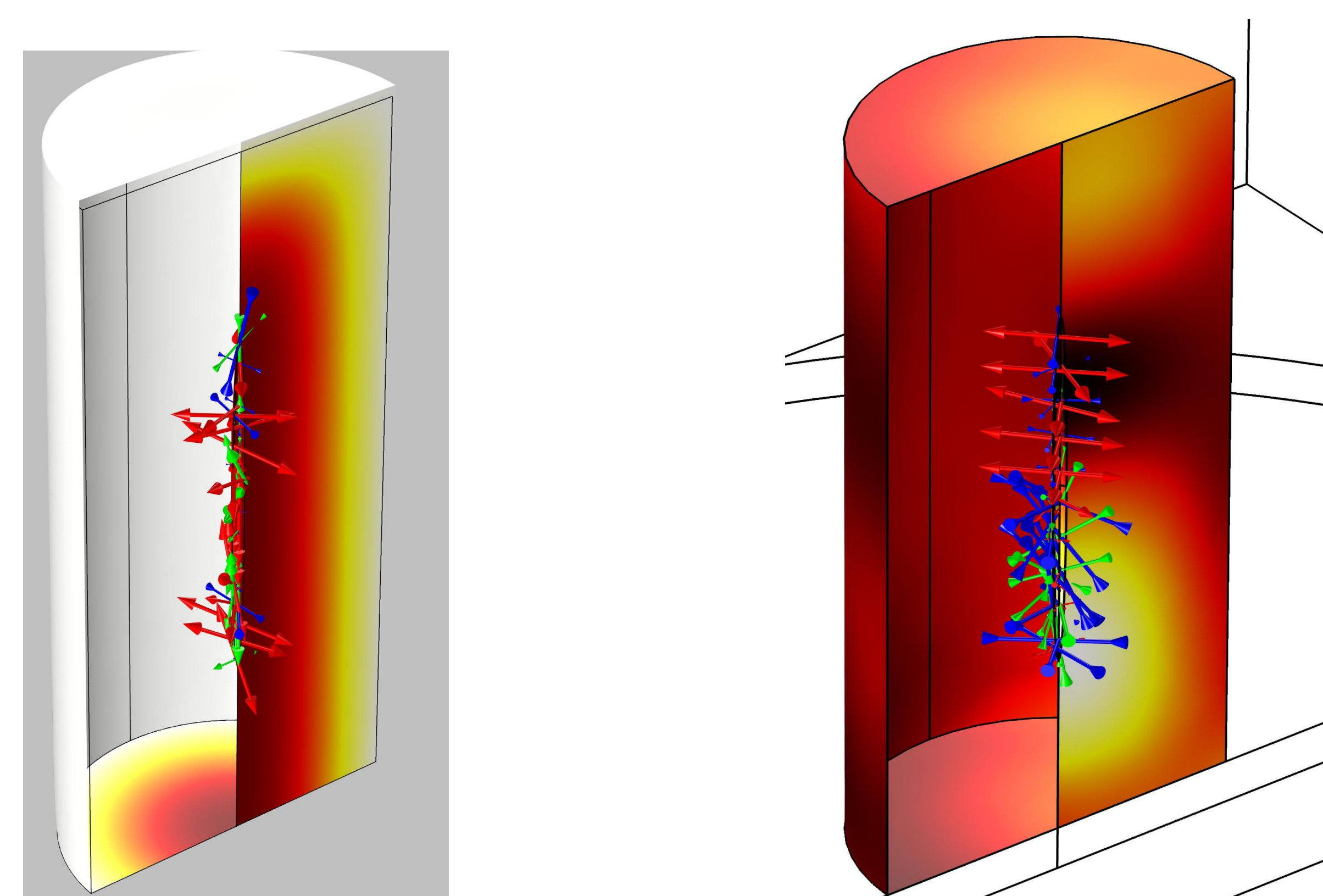
微波加热时裂隙周边的高温区显现为压应力, 低温区多为拉应力; 常规加热时裂隙周边多表现为拉应力, 但量值较小;



(a) 常规加热

(b) 微波加热

图 2. 不同加热方式下的温度分布特征



(a) 常规加热

(b) 微波加热

图 3. 不同加热方式下的裂隙周边最大主应力分布

**结论:** 1) 微波加热为体加热, 热应力分布具有较大极值, 易于裂隙的发育和新生; 2) 相对裂隙位置, 热源越近则裂隙边缘更多呈现为压应力, 反之为拉应力, 说明热膨胀更易向与其接近的自由空间延伸; 3) 煤岩裂隙在自然环境下多充填水分或矿物, 微波加热易在其内形成闪蒸高压和优先膨胀现象, 对裂隙发育有更大的作用, 可在热采煤层气方面加以利用。

## 参考文献:

1. COMSOL RF App Library Manual.
2. 管伟明. 微波加热煤储层的共轭传热模型[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2014, 11: 1447-1452.
3. 管伟明, 张紫昭. 微波加热煤岩裂隙变形的电-热-固耦合模型[J]. 中国矿业, 2015, 07: 133-136.