

煤炭地下气化顶板温度场与力学场模拟

王喆¹, 王皓正¹

1. 煤炭工业地下气化工程研究中心, 中国矿业大学(北京), 北京

简介:

煤炭地下气化是将地下的煤炭资源进行可控制的燃烧, 生成CO、H₂、CH₄等气体的过程。技术优势包括: 可开采利用深部煤炭资源、实现地下无人开采、矸石灰渣留在地下等。

地下气化过程中发生顶板冒落可能会导通地下水, 甚至造成地表沉降。相较于传统井工煤炭开采, 地下气化技术的一大区别是井下温度高达1300℃, 顶板力学场会受到温度场的影响。

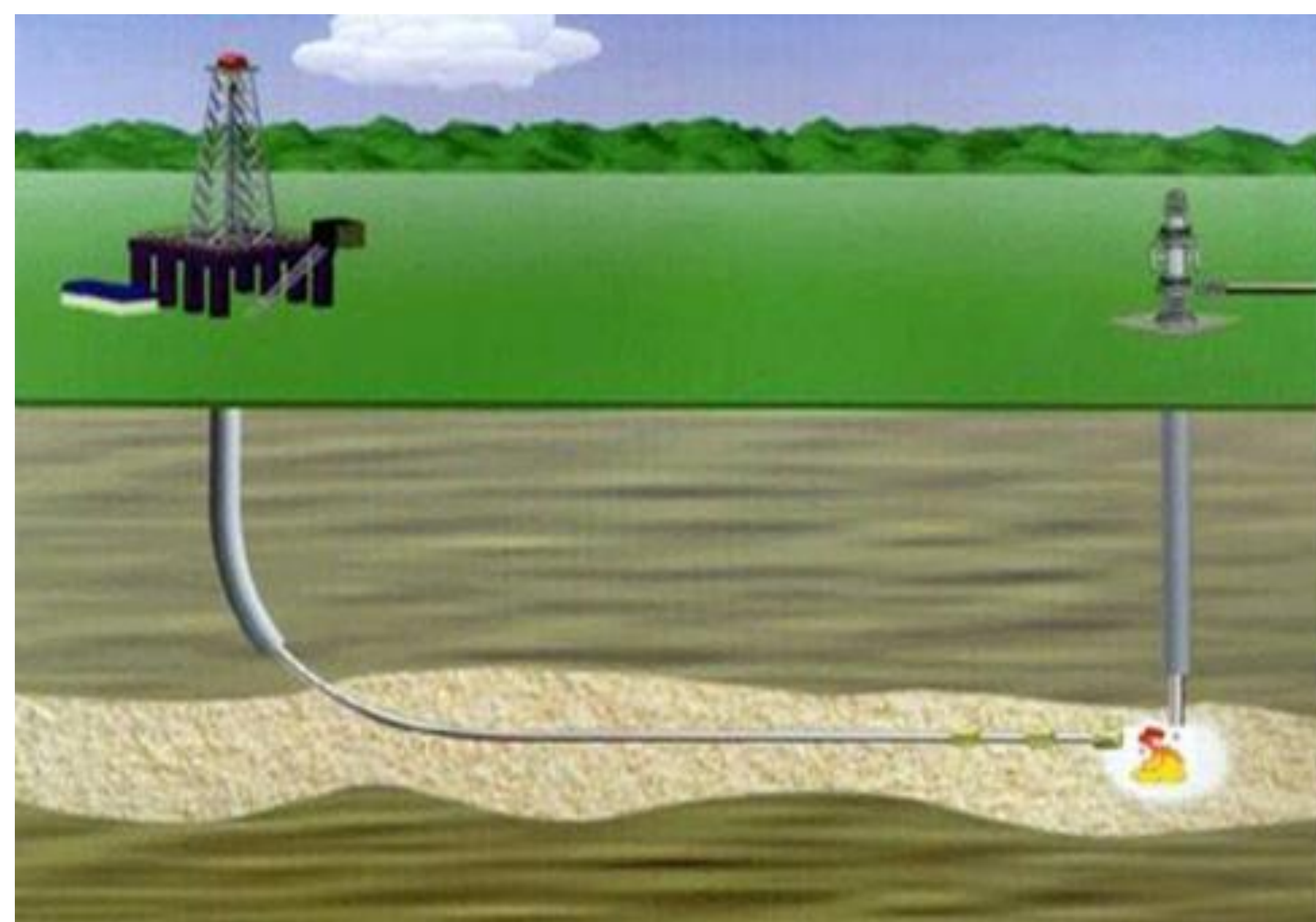


图 1. 钻井式地下气化示意图

计算方法:

首先, 测得顶板不同岩石类型比热容、导热系数、杨氏模量随温度变化的方程, 模拟煤层上方300m的高度范围的顶板, 剩余深度通过边界载荷的方式作用于模型上方。随着地下气化进行, 燃空区逐渐扩展, 燃烧区一侧温度达到1300℃。

设置燃空区长度为随时间相关变化的变量, 各层顶板材料属性中的比热容、导热系数、杨氏模量为随温度变化的函数。使用固体力学模块和固体传热模块进行求解。设置下边界为固定约束, 其余边界自由, 上边界施加向下的单位面积力; 燃空区右侧边界温度为1300℃, 煤层与顶板交界处的温度相等。使用多物理场接口中的温度耦合, 源自固体传热接口指向固体力学接口。使用瞬态求解器求解。

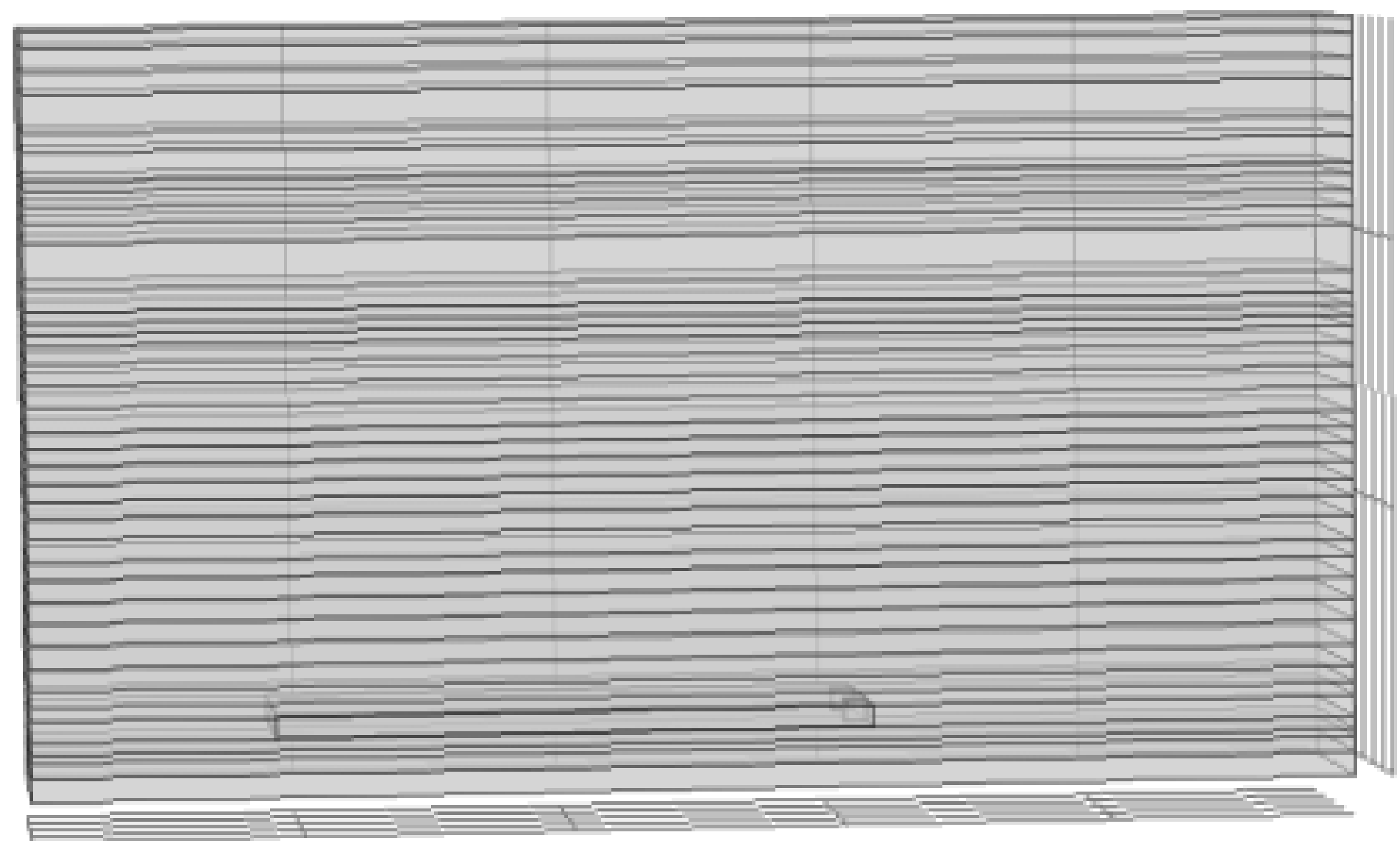


图 2. 几何模型

结果:

以气化400d时的应力场、温度场分布情况作为演示。

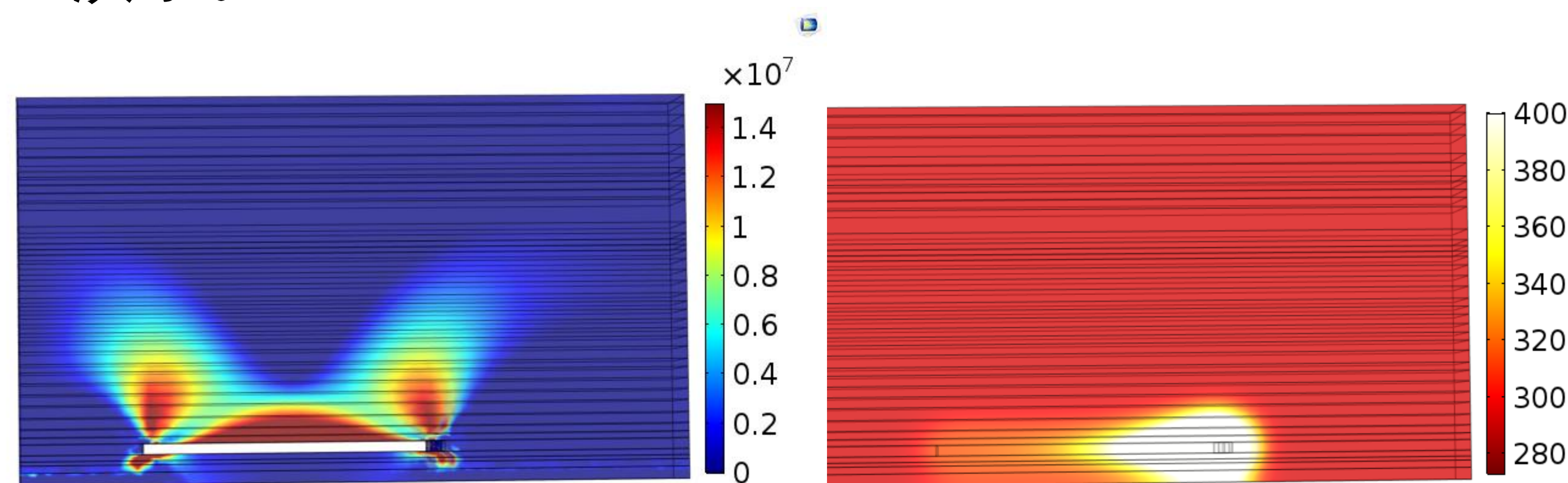


图 3. 主应力分布图

图 4. 温度场分布图

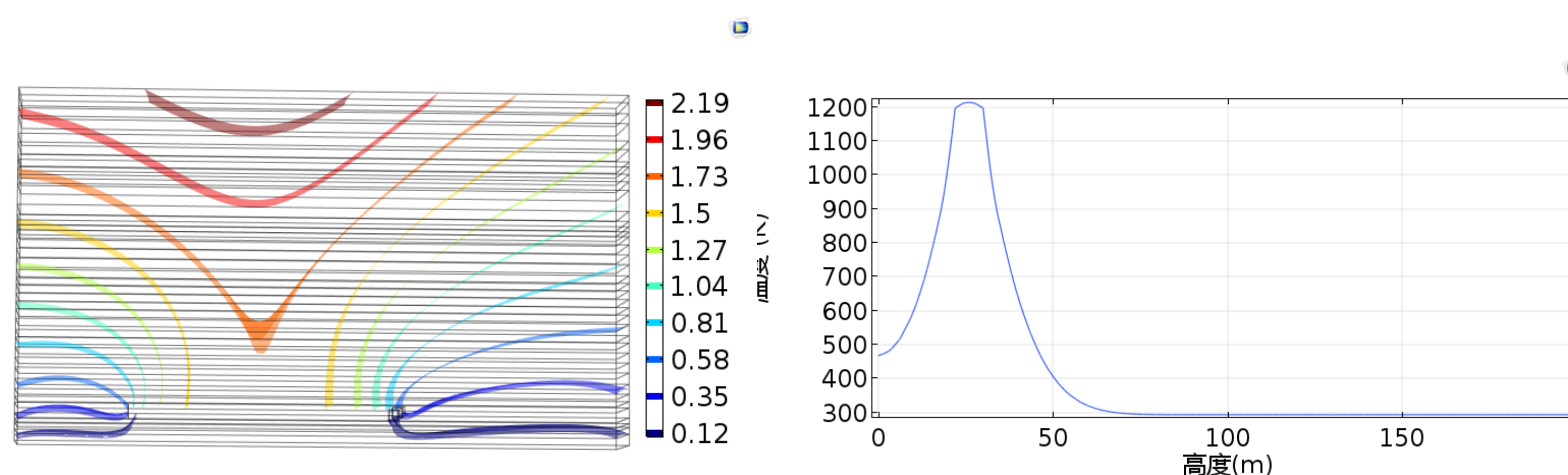


图 5. 主应力等值面

图 6. 燃烧区上方温度随高度变化图

结论:

仿真结果表明, 地下气化对顶板的温度影响范围约为60m, 随燃空区扩展, 顶板应力集中高度增大, 应力超过岩石材料的强度极限即认为发生垮落, 垮落高度与燃空区长度的关系近似为

$$H=0.48(L-146.3)$$

根据仿真结果燃空区两侧有明显的应力集中区, 在地下气化工程现场施工设计中, 气化炉两端的垂直进气井与出气管应于燃空区保持安全距离, 避开应力集中区范围, 防止管路侧向折断。

根据模拟得到的垮落高度对实际地下气化的整体方案设计具有重大指导意义, 可根据预气化煤层条件模拟垮落高度, 得知该煤层的气化是否会对煤层上方含水层造成影响, 验证该地区煤层进行地下气化的可行性。

该模拟并未对煤层的气化过程及燃空区扩展过程进行模拟, 需进一步研究和探索。

参考文献:

1. Jianfei Xi, Characteristics of lump lignite pyrolysis and the influence of temperature on lignite swelling in underground coal gasification, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 228-235 (2016)
2. Jianhua Wang, Temperature field distribution and parametric study in underground coal gasification stope, International Journal of Thermal Sciences, 66-77(2017)