

用于TRISO燃料颗粒性能多物理场耦合分析的COMSOL模型

李伟¹

¹中国核动力研究设计院

Abstract

TRISO (TRistructure ISOtropic) 燃料颗粒不仅是在役高温气冷堆燃料元件的核心部件，同时也是下一代用于水冷反应堆的全陶瓷微密封 (FCM) 耐事故燃料 (ATF) 元件的关键组成部分。TRISO燃料颗粒由内核部分和包覆层两部分组成，其中内核部分包括球形UO₂或UN燃料核芯和包围核芯的疏松热解碳缓冲层，包覆层由内向外依次为内致密热解碳层 (IPyC层)、碳化硅层 (SiC层) 和外致密热解碳层 (OPyC层)。基于COMSOL多物理场耦合有限元软件开发了TRISO燃料颗粒的三维热学-力学-裂变产物扩散耦合分析模型，详细考虑了材料物性参数随温度、快中子注量、各向异性系数和燃耗等因素的变化，热膨胀，燃料核芯的密实和肿胀，Buffer层、IPyC层和OPyC层辐照变形，SiC层、IPyC层和OPyC层辐照蠕变，Buffer层与IPyC层之间的间隙导热，CO气体产生 (忽略CO₂气体产量) 和裂变气体释放，内部气体压力，裂变产物扩散以及燃料颗粒的失效概率等。为验证模型合理性，选取IAEA CRP-6基准题进行计算，对比结果符合良好。随着ATF实验和理论研究的深入，本文研究工作对后续FCM燃料元件的性能分析也具有重要参考价值。

Figures used in the abstract

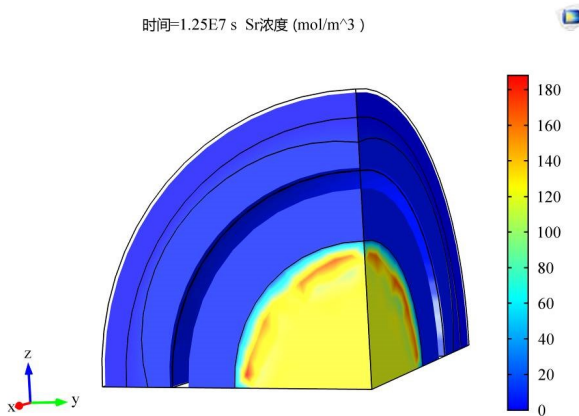


Figure 2: 裂变产物锶(Sr)的分布