

齐飞鹏<sup>1</sup>, 刘振海<sup>1</sup>, 李文杰<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中国核动力研究设计院 成都市 四川省 中国

## Abstract

反应堆内固有的多物理场环境使得核燃料的堆内行为演化十分复杂，除了传统的热、力学现象外，反应堆内中子辐照场对核燃料性能演化具有至关重要的作用，主要体现在：1) 中子辐照将引起材料内部发生显著的微结构演化，这一方面将影响燃料及包壳材料的热物理性能，另一方面，材料微结构演化将引起特殊的宏观变形现象，例如辐照肿胀、辐照生长等；2) 核素裂变产生的难溶性或易挥发性裂变产物在燃料基质内积累、扩散、聚集并最终释放进入气腔引起的裂变气体释放现象。为了准确预测反应堆内燃料元件的热、力及辐照性能演化，本文基于多物理场耦合分析平台COMSOL，搭建了棒状燃料热-力-辐照耦合性能分析工具，为棒状燃料元件设计及其安全评价提供支持。堆内辐照效应的模拟主要通过材料物性及行为模型引入：材料物性模型建立了材料物性与辐照参数（中子注量、燃耗等）之间的关系；材料行为模型可预测宏观辐照变形，进而通过修改燃料/包壳力学本构方程的方式，将辐照肿胀、辐照生长等作为附加非弹性应变项引入结构变形分析；裂变气体释放分析则基于半解析的裂变气体释放模型，考虑非热释放、热释放、稳态及瞬态释放，能够稳健而高效地预测轻水堆工况下的裂变气体释放量。

## Figures used in the abstract

---

Figure 1: 燃料棒温度分布