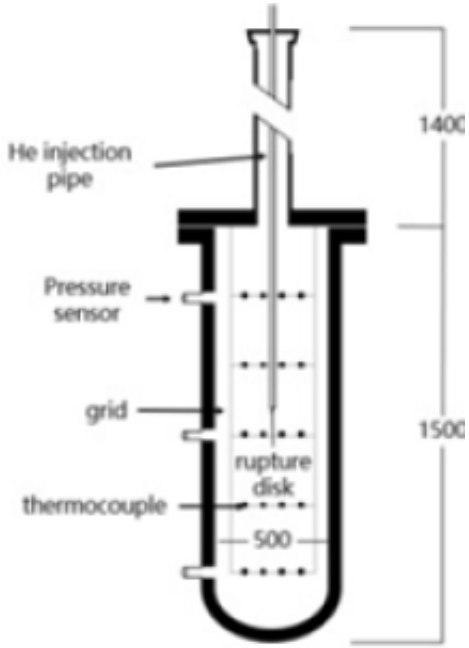
合肥研究院在聚变堆液态铅锂包层安全研究中取得进展

近日，中国科学院合肥物质科学研究院核能安全技术研究所研究人员在聚变堆液态铅锂包层安全研究取得进展，相关研究成果发表在《国际氢能杂志》（International Journal of Hydrogen Energy）上。

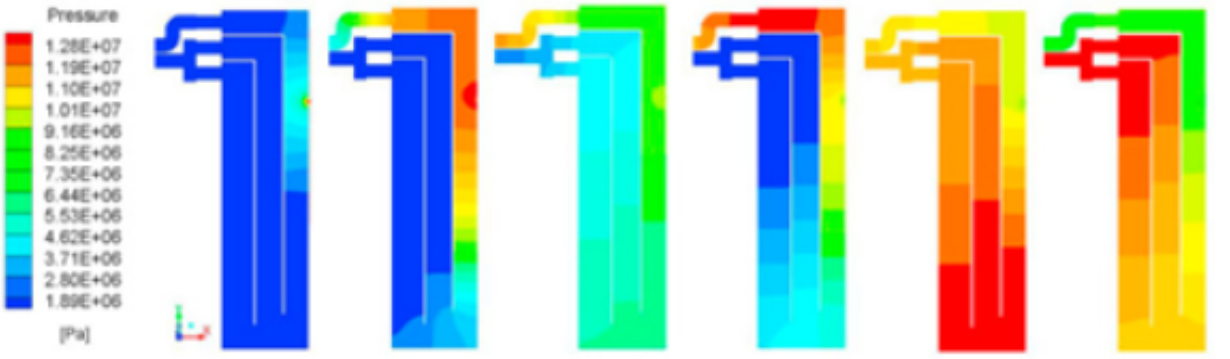
氦冷液态铅锂（PbLi）包层被认为是聚变反应堆候选包层之一，其具有结构简单、载热能力强、氚增殖比高等优点。然而，由于高能中子辐照、高热负荷、大压力梯度等严苛的服役条件，在增殖区部分氦气冷却管道发生破裂时，会导致“包层内破口事故”（in-box Loss of coolant Accident，in-box LOCA）。事故发生时，高压氦会迅速注入铅锂流道，产生复杂的两相流和巨大的压力冲击效应，可能导致峰值压力超过设计极限，威胁包层结构的完整性。因此，开展箱内失稳的瞬态分析，对提高保护层的安全性，避免放射性物质泄漏具有重要意义。

该项研究建立了流固耦合的双向耦合模型，并通过高压氦气注入液态锂铅的实验数据对模型进行了验证，然后将验证的模型应用于双功能锂铅包层的瞬态压力波传播分析和结构应力分析，以探索内破口事故下包层结构的完整性。此外，针对断裂位置对压力和结构应力的影响，研究发现，在任何情况下，液态铅锂包层增殖区内的瞬态压力都经历了阶梯状上升期、振荡期和稳定增长期三个阶段。在压力峰值出现在压力振荡期，其值强烈地依赖于破裂位置，离进口、出口越近，峰值压力越高，最大压力达到进口压力的两倍以上(~16 MPa)。因此，研究发现部分局部区域的结构应力已经超过了允许极限，并提出了相应的改进建议。该研究可为氦冷铅锂包层的安全设计、运行和事故缓解措施提供指导。

研究工作获得国家自然科学基金以及国家重点研发计划项目的资助。



实验装置及传感器位置



（a）t=3.04e-4s （b）t=8.25e-4s （c）t=1.29e-3s （d）t=1.86e-3s （e）t=3.58e-3s （f）t=4.73e-3s

In-box LOCA 事故下DFLL包层增殖区内压力变化

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/166083.html