

中国 ITER 氦冷固态实验包层系统安全设计分析进展

张龙¹, 周冰¹, 王艳灵¹, 曹启祥¹, 武兴华¹, 赵奉超¹, 王琦杰¹, 张鸿翔¹, 叶兴福¹,
王晓宇¹

¹中核集团核工业西南物理研究院, 成都 610225

Email: zhanglong@swip.ac.cn

摘 要：中国 ITER 氦冷固态实验包层系统（HCCB TBS）将集成安装在 ITER 装置中，测试未来聚变堆包层关键技术，包括验证包层系统的安全性。由于 ITER 在法国被认定为核设施，并且考虑到 HCCB TBS 中的氚、中子活化产物等放射性源项，合理的安全设计和详细的安全分析是设计评审及安全许可中必不可少的内容。本文从以下方面总结了目前阶段安全设计和安全分析工作的进展：

- 针对氚和中子活化产物等重要放射性源项，开展核分析及氚分析，确定源项的量和在系统中的分布情况。
- 多层包容系统的设计，包括静态的管道、元件壁，手套箱、套管等，以及动态的隔离阀，通风和除氚系统等。包容边界的安全分级确定和设计考虑。
- 设计中 ALARA 原则的应用，如通过低活化材料选择和控制材料杂质成分降低中子活化产物的产生，合理的屏蔽设计，优化的运行和维护方案，使用遥操系统，分区和进入控制等。
- 正常运行（包括维护）时的安全分析，放射性剂量率分析及释放分析结果。
- 强调被动安全控制，只设计必要的主动安全控制功能，如呼叫主动停堆，关闭隔离阀等，安全控制功能可靠性的考虑。
- 放射性废物计算，废物分级，废物安全处理和处置考虑。
- 假想事故分析，分析典型设计基准事故及超设计基准事故下的热工水力瞬态，安全功能的响应，分析放射性释放，压力释放等各种后果，证明系统设计的安全性。

关键词：聚变堆；实验包层；TBM；ITER；安全；氚；事故