

基于大体积 CZT 探测器的核反应堆一回路冷却剂

放射性核素活度浓度在线监测系统

一、产品介绍

ATCZT-100 型核反应堆一回路冷却剂放射性核素活度浓度在线监测装置是北京中智核安科技有限公司联合研制的创新产品，如图 1，该产品通过连续监测核反应堆一回路冷却剂的放射性核素活度浓度及其变化，为判断燃料破损状态提供参考和依据。ATCZT 由大体积 CZT 探测器、BGO 反符合探测器、电子学模块、数字化多道分析器、数据采集与能谱分析软件等组成。



图 1 ATCZT-100 核反应堆一回路冷却剂放射性核素活度在线监测装置

二、产品功能

- ATCZT-100 是一套在线反康普顿射线谱仪, 通过反符合技术有效抑制腐蚀产物低能端核素探测下限的影响, 这些低能端核素包括 ^{133}Xe 、 ^{131}I 等;
- ATCZT-100 采用的 CZT 探测器, 其 662keV 的能量分辨率 (如图 2), 满足裂变产物能谱测量要求。同时, CZT 探测器在常温下使用, 环境适应性远远好于在液氮温度下使用的高纯锗探测器;
- ATCZT-100 采用中智核安的 GammaSharp 能谱分析软件, 该软件的具有优秀的全自动解谱能力和重峰分析能力, 特别适合具有大量重峰的裂变产物伽玛能谱分析;
- 配置中智核安的 GammaCalib 无源效率刻度软件, 实现任意形状测量管道的效率刻度因子精确计算, 无需使用放射源;
- ATCZT 一体化合计, 结构紧凑, 体积小, 长 34 cm, 宽 15cm, 高 15cm, 重量小于 70kg, 特别适合现场部署;

通过以上技术途径和方法, ATCZT-100 有效解决了核反应堆一回路冷却剂放射性核素活度连续监测面临的三个核心问题, 一是腐蚀产物对探测下限的影响问题, 二是探测器要同时满足环境适应性好且能量分辨率足够高的要求, 三是建立全自动连续分析能力。



图 2 探测器能量分辨率

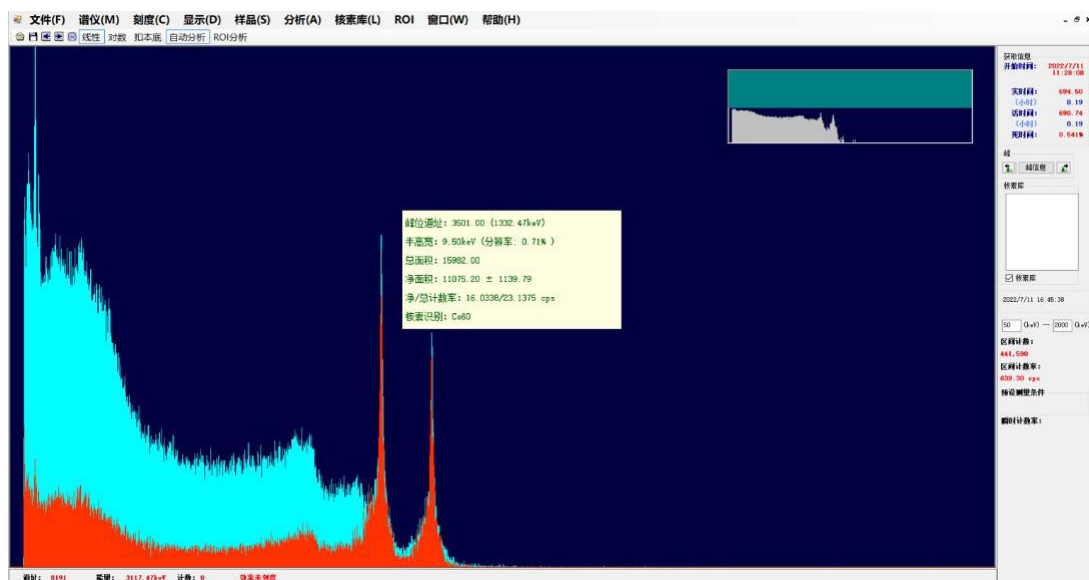


图 3 反康能谱与直接测量能谱对比

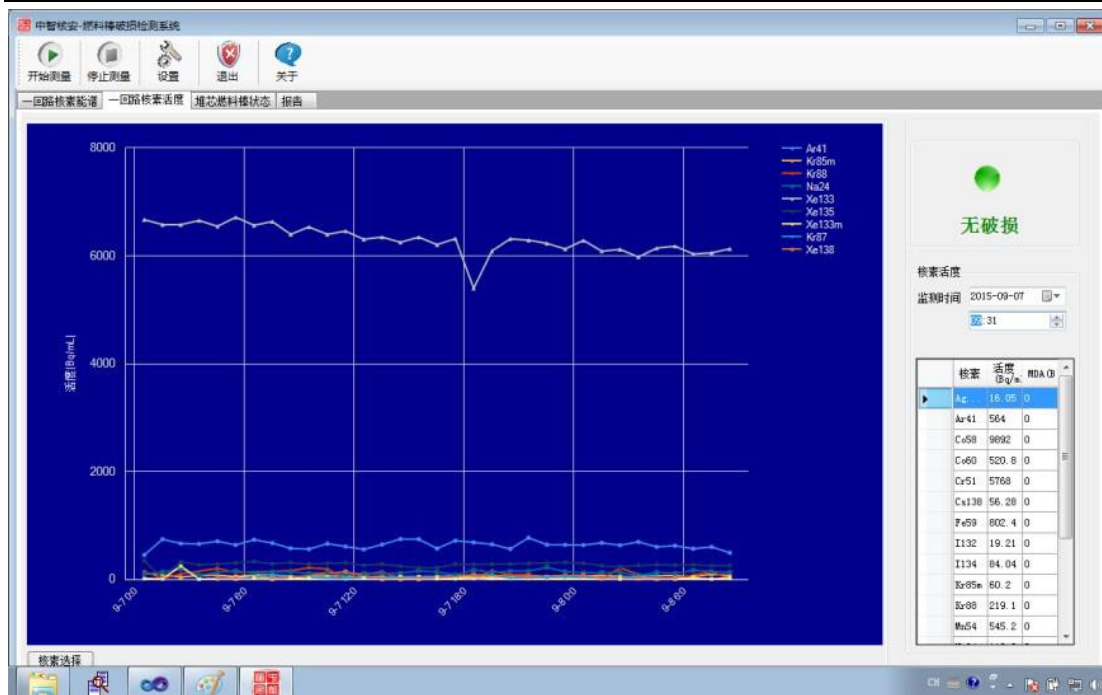


图 4 一回路冷却剂放射性核素活度随时间变化曲线

三、产品技术参数

- 测量的主要核素：Kr-85m、kr-87、kr-88、Xe-133、Xe-135、Xe-138、I-131、I-132、I-133、I-134、I-135、Cs-134、Cs-137、Cs-138、Co-60、Co-58、Fe-59、Na-24 等，给出 15 分钟、30 分钟、45 分钟等间隔 15 分钟的测量结果，并实时显示各种核素活度随时间变化曲线；
- CZT 探测器晶体规格：4cm×4cm×1.2cm（可定制不同尺寸型号）；
- CZT 探测器能量分辨率：< 0.8% (@662keV)；
- 反符合探测器：BGO 探测器；
- 探测下限：50Bq/ml（Xe-133），在给出活度测量结果的同时给出最小可探测限；
- 测量时间：15 分钟~600 分钟；
- 破损根数误差：≤20%；



- 重量： < 70kg;
- MTBF： 12000 小时;
- MTTR： ≤8 小时。

四、应用领域

核反应堆一回路水放射性核素活度在线测量，燃料元件破损在线测量监测。

核心模块反康大体积 CZT 探测器及其配套的能谱分析软件, 还可应用于废物桶 γ 无损测量等其他领域。