

实验室高纯锗 γ 能谱仪

产品介绍及配置

GammaLIN 是中智核安研制的国产品牌的高纯锗 γ 能谱仪，由高纯锗探测器、制冷装置、数字化多道谱仪、低本底铅室、全自动伽玛能谱获取与分析软件、无源效率刻度软件等组成，是一套完整的解决方案。GammaLIN 集成了中智核安的多项专利技术，在系统稳定性、性能指标等方面媲美国际同类产品。

- 高纯锗探测器：P 型同轴、宽能型、平面型、井型等探测器，探测效率 10% ~ 100%；
- 制冷装置：液氮杜瓦罐、液氮回凝制冷机、电制冷机；
- 数字化多道谱仪：最大道址 16k、32k、64k 可选；
- 无源效率刻度软件：基于 CAD 建模的无源效率刻度软件、基于激光三维扫描建模的放射性样品非破坏性无源效率刻度软件；
- 铅室：可选配超低本底铅室、反宇宙射线铅室，对于探测效率 50% 的宽能高纯锗探测器，配置超低本底铅室本底可小于 1cps，配置反宇宙射线铅室，可在原来本底的基础上降低 0.5cps。

功 能

- 具备精确测量规则和非规则样品的 γ 放射性核素活度；
- 支持 4 种效率刻度方法，包括基于标准源的效率刻度、基于标准源修正的效率刻度、基于 CAD 建模的无源效率刻度、基于三维激光扫描建模的无源效率刻度，在此基础上实现任意形状体源、面源样品效率刻度因子计算；
- 具有含重峰解析的复杂能谱全自动定量分析功能，特别适合于裂变产物放射性测量。



图 1 GammaLIN 液氮回凝制冷高纯锗 γ 能谱仪



图 2 GammaLIN 液氮回凝制冷高纯锗 γ 能谱仪

左：配置低本底铅室（典型本底 2.0cps）；

右：配置超低本底铅室（典型本底 1.0cps）

产品技术指标

1. 高纯锗探测器

可选配 P 型同轴探测器、P 型宽能型同轴探测器、井型探测器、平板型探测器等。对于 P 型和宽能型高纯锗探测器，探测效率从 10% ~ 175% 可选。对于井型和平板型探测器，探测效率从 15% ~ 60% 可选。

表 1 P 型同轴高纯锗探测器

型号	相对效率 (%)	能量分辨率 (keV)		峰康比	峰型	
		122keV (eV)	1332.5keV (keV)		FW.1M /FWHM	FW.02M /FWHM
ZPD-10175	10	825	1.75	41:1	1.90	2.65
ZPD-15180	15	825	1.80	46:1	1.90	2.65
ZPD-20180	20	850	1.80	51:1	1.90	2.65
ZPD-25185	25	850	1.85	55:1	1.90	2.65
ZPD-30185	30	875	1.85	58:1	1.90	2.65
ZPD-35190	35	875	1.90	60:1	1.90	2.65
ZPD-40190	40	895	1.90	62:1	1.90	2.65
ZPD-50190	50	895	1.90	64:1	1.90	2.65
ZPD-60200	60	1000	2.00	68:1	2.00	3.00
ZPD-70200	70	1000	2.00	73:1	2.00	3.00
ZPD-80210	80	1000	2.10	77:1	2.00	3.00
ZPD-100210	100	1000	2.10	81:1	2.00	3.00
ZPD-120210	120	1000	2.10	83:1	2.00	3.00
ZPD-140220	140	1100	2.20	86:1	2.00	3.00
ZPD-160230	160	1150	2.20	88:1	2.00	3.00

表 2 P 型宽能同轴高纯锗探测器

型号	相对效率 (%)	能量分辨率 (keV)			峰康比	峰型	
		5.9keV (eV)	122keV (eV)	1332.5keV (keV)		FW.1M /FWHM	FW.02M /FWHM
ZPDX-10175	10	400	720	1.75	41:1	1.9	2.65
ZPDX-15180	15	450	740	1.80	46:1	1.9	2.65
ZPDX-20180	20	460	760	1.80	51:1	1.9	2.65
ZPDX-25185	25	480	775	1.85	55:1	1.9	2.65
ZPDX-30185	30	500	800	1.85	58:1	1.9	2.65
ZPDX-35190	35	550	830	1.90	60:1	1.9	2.65
ZPDX-40190	40	600	850	1.90	62:1	1.9	2.65
ZPDX-50190	50	620	875	1.90	64:1	1.9	2.65
ZPDX-60200	60	670	900	2.00	68:1	2.0	3.00
ZPDX-70200	70	700	950	2.00	73:1	2.0	3.00
ZPDX-80210	80	750	950	2.10	77:1	2.0	3.00
ZPDX-100210	100	800	1000	2.10	81:1	2.0	3.00

2. 数字化多道

配置中智核安研制的 16k 数字化多道，该多道全部采用军用级电子元器件，性能稳定可靠。也可选配我公司其他类型 32k 或 64k 多道，详见产品手册核电子学部分。

16k 数字化多道外观如图 3，性能指标如下：

- 最大数据通过率：> 100kcps；
- 粗调增益：1，2，4，8，16，32；
- 细调增益：0.25 ~ 1 可调；
- 最大道址：16384（16k）；
- 成形时间常数：上升时间从 0.8 μ s ~ 23 μ s 可调，每步 0.2 μ s，平顶时间从 0.3 μ s ~ 2.4 μ s，每步 0.1 μ s，由计算机选择；
- 线性：积分非线性 $\leq$ 0.025%，微分非线性 $\leq$ 1%；
- 温度系数：增益 < 35ppm/ $^{\circ}$ C，零点 < 3ppm/ $^{\circ}$ C；
- 信号处理：具有数字化稳谱、自动极零、数字化门控基线恢复等功能；
- 数据存储器：16384 道不丢失数据存储器，每道容量为 2^{31} ~ 1 计数；
- 存储器分段（系统变换增益）：由计算机选择为 16384，8192，4096，2048，1024 或 512；
- 高压：500V ~ 5000V；
- 工作温度：-20 $^{\circ}$ C ~ 50 $^{\circ}$ C。



图 3 数字化多道

3. GammaSharp 谱仪控制与能谱分析软件

GammaSharp γ 能谱分析软件集成硬件控制、能谱获取、数据分析、报告生成和质量控制于一体，以全自动分析为导航，在选择性精密交互分析的基础上输出分析结果，该软件集成当今国际上主要的高纯锗 γ 能谱分析软件的几乎所有功能，同时还具有如下三个特点：（1）全自动一次全谱解析；（2）重峰解析，最大可解析 20 重峰；（3）显示剥谱结果与原始数据的差异，用户对解谱精度有直观了解。GammaSharp 是对重峰进行精确解析的商用能谱分析软件，其具有以下主要功能：

- 谱仪控制：增益粗调、细调、启动数字化稳谱、调节高压、显示实时间 / 活时间、设置上下甄别阈等；
- 能量刻度：通过单峰拟合精确定位峰位，用户根据预先了解的知识确定峰位对应的能量，软件提供核素峰信息实时查询功能；
- 寻峰：采用一阶导数、二阶导数方法寻找孤立峰，在峰形拟合的基础上，采用 Mariscotti 方法寻峰进行二次寻峰，以确定重峰峰位；
- 效率刻度：软件提供三种功能，一是支持调用标准源实验测量的效率刻度曲线，二是集成无源效率刻度功能（支持 CAD 建模与三维激光扫描建模两种方式），三是提供基于标准源效率刻度因子的修正计算功能；
- 具有精确的级联符合相加校正功能；
- 峰拟合：可对畸变峰形进行交互分析，可定量解析重峰，最大可解析 20 重峰；
- 活度计算：对于同一核素的多个特征 γ 峰，同时考虑分支比、效率刻度因子，通过加权平均计算活度；
- 活度修正：具有采样时间修正、放置时间修正和测量时间活度修正功能；
- 效率计算：内置高度、密度效率修正功能；
- 最小可探测限计算：内置 Currie MDA, KTA MDA, PISO MDA, Critical level 等分析方法；
- 不确定度分析：综合计算探测效率不确定度、计数率不确定度给出能谱测量结果的不确定度；
- 分析用核素库：来自 ENSF (Evaluated nuclear structure data file)，有 3000 多种放射性同位素的谱线系，用户在使用过程中可以实时查询谱线信息；

- 界面：全中文界面；
- 分析流程：首先全自动分析，用户根据全自动分析的结果，选择关注的核素和能峰，进行高精度交互分析，然后输出报告。一般情况下全自动分析的功能已经满足用户需求。交互分析功能中，允许用户为样品添加注释、删除谱中的伪峰、加入自动处理过程未被检出的峰，改变拟合峰形等；
- 报告输出：以 TXT、PDF 等格式输出报告。

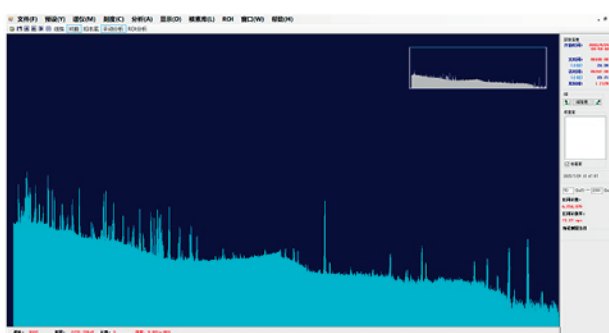


图 4 GammaSharp 能谱分析软件主界面

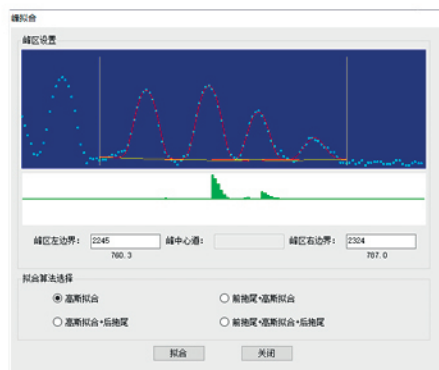


图 5 GammaSharp 能谱分析软件交互分析界面

4. Gammacalib 无源效率刻度软件

- 采用功能强大的 CAD 软件建模，实现对任意组合几何形状的体源的三维可视化快速建模，包括但不限于点源、柱体状、体源、平面源、马林杯、以及三通管、螺帽、螺栓等，由软件计算其效率刻度曲线；
- 计算能量范围为 3keV ~ 10MeV；
- 计算误差：在 45keV ~ 80 keV 一般不大于 10%，80keV ~ 10MeV 不大于 5%；
- 效率刻度曲线计算时间：对于形状对称的体源（如环境样品源），计算时间 < 20 秒。对于形状非对称的体源，计算时间一般 < 10 分钟。

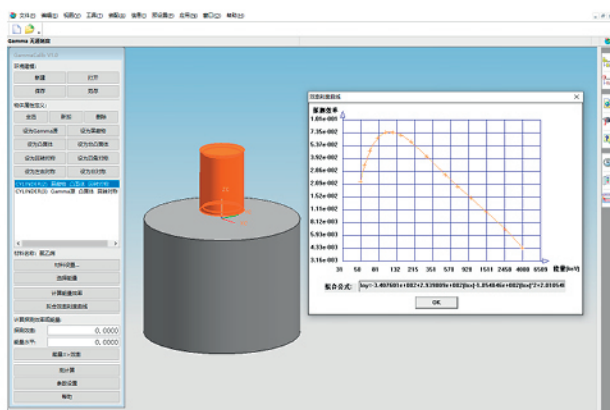


图 6 Gammacalib 无源效率刻度软件的典型界面

5. 低本底铅室

- 为压杆式顶部平移设计的一体式铅屏蔽室，对 50% 探测效率高纯锗探测器，50keV ~ 2MeV 的积分本底计数率 $\leq 2.0\text{cps}$;
- 为用户定制超低本底铅室，对于 50% 探测效率高纯锗探测器，50keV ~ 2MeV 的积分本底计数率不大于 1.0cps;
- 为用户定制反宇宙射线铅室，可在原来本底基础上降低 0.5cps。

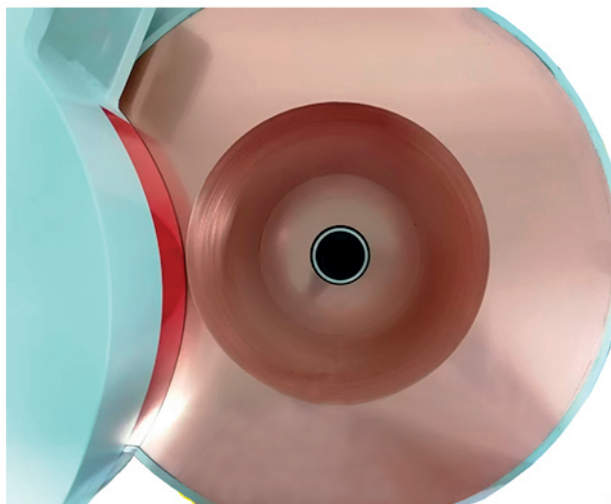


图 7 低本底铅室(顶视图)

6. 制冷装置

- 可选配杜瓦罐液氮制冷、电制冷（详见电制冷高纯锗探测器彩页）或者液氮回凝制冷装置（详见液氮回凝制冷机彩页）。

7. 基于激光三维扫描的无源效率刻度软件

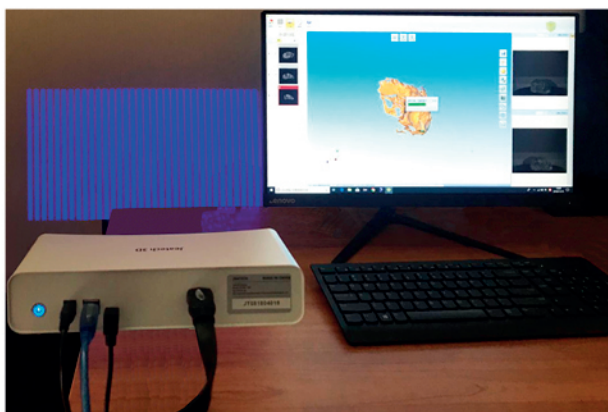


图 8 基于激光三维扫描仪的无源效率刻度软件系统

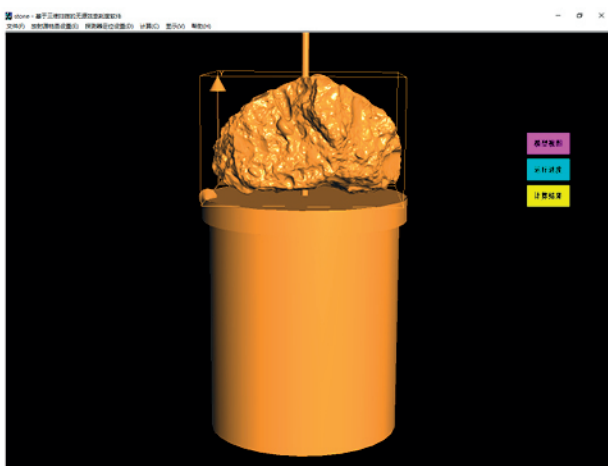


图 9 岩石样品无源效率建模

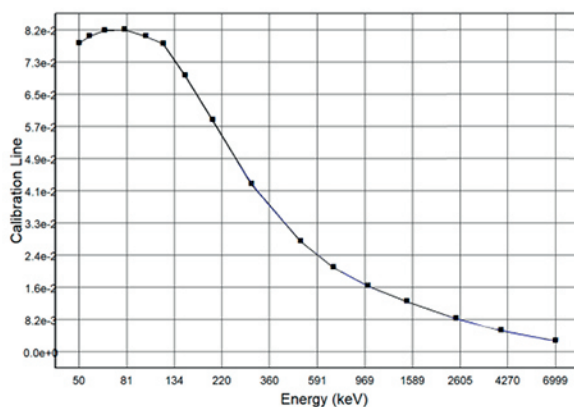


图 10 基于三维激光扫描的无源效率刻度软件效率模拟结果

- 对任意形状、材质体源，通过三维激光扫描建模；
- 计算扫描模型表面源的效率刻度因子；
- 计算扫描模型体源的效率刻度因子；
- 计算能量范围：3keV ~ 10MeV；
- 误差：< 10%。