

## 超低本底肺及全身计数器

### 一、产品介绍

L&WBC 型肺及全身计数器是北京中智核安科技有限公司研制的新一代肺及全身计数器，具有测量人体肺部伽马放射性活度、内照射剂量和人体全身放射性水平的功能，也可以测量肝脏和腹部等的放射性，其整体性能先进。由于采用了无源效率刻度技术，极大提高了肺计数器的现场实用能力，不需要人体体模就能够精确测量肺部活度的产品，其测量的准确性得到中辐院人体肺模型的检验。系统结构和现场应用如图 1。

L&WBC 的标准配置为 4 个宽能型高纯锗探测器、一个 8 升的 NaI 探测器、机械系统、控制终端与操作台、肺计数器能谱分析软件、肺计数器无源效率刻度软件和人体内照射剂量评估软件组成，可以选配低本底屏蔽室。

主要技术特点：

- 采用无源效率刻度软件，不需要昂贵的人体体模即可以开展精确测量，使得肺计数器的可操作性强，很容易实际应用；
- 不仅可以测量肺，也可以测量甲状腺等其他器官；
- 具备全身计数扫描测量功能；
- 测量的自动化程度高，自动生成报告；
- 测量与内照射评估一体化；
- 测量程序符合 IAEA 相关标准。



图 1 肺计数器测量人体模型现场应用

## 二、产品功能

- 高纯锗探测器用于测量肺部放射性核素的活度，测量结果作为全身内照射剂量评估的依据；
- NaI 探测器进行全身扫描，测量全身放射性计数；
- 控制终端完成全部放射性数据的采集与处理；
- 肺计数器能谱分析软件完成放射性能谱数据的采集与分析；
- 无源效率刻度软件完成肺部测量的效率刻度因子计算，作为活度测量的基础；
- 机械系统可以 6 自由度旋转，使得探测器与人体肺部保持规定的测量位置；
- 内照射剂量评估软件在活度测量的基础上，根据 IAEA 相关标准，计算全身内照射剂量；
- 整个系统重量小于 500kg。

### 三、产品技术参数

#### 1. 高纯锗探测器系统

配置四个宽能型高纯锗探测器，四路多道电子学系统，4 台电制冷装置，铅屏蔽组成。

- 探测器：采用超低本底冷指材料；
- 多道电子学系统为我司 GammaSpectrum-1 型多道，GammaSpectrum-1 是我司推出的适用于实验室条件的 HPGe 谱仪，全部采用军用级器件，性能稳定可靠，在实验室中可以长期保持优秀的指标，其性能指标显著优于国外产品，为样品测量、科研实验提供保障；
- 电制冷装置：4 台斯特林制冷机；
- 铅屏蔽：包裹在探头外，形成一个小范围的低本底环境，重量 200 公斤。

#### 2. NaI 探测器

- 作为全身计数探测器，放置于测量床下，进行全身扫描；
- 晶体尺寸：4 英寸×4 英寸×16 英寸（可定制不同尺寸规格）；
- 能量分辨率： $\leq 7\%$ （对于 Cs-137 的 662keV 能量）；
- 扫描时间：按照国际 ANSI N13.30 标准，一分钟完成全身扫描；
- 重量：不大于 30kg。

#### 3. 机械结构

L&WBC-1 的机械结构如下图 2，主要完成高纯锗探测器支撑与位置调整，人体承载，全身扫描探测器轨道固定等功能。机械系统的六自由度定位可将探测器定位于精确的角度和位置，与四个低能高效率探测器相配合，实现探测效率的最大化，并降低肺部钷铀等放射性核素的探测限。较大的活动范围，可实现对其

他器官的测量，如甲状腺、肝脏等。

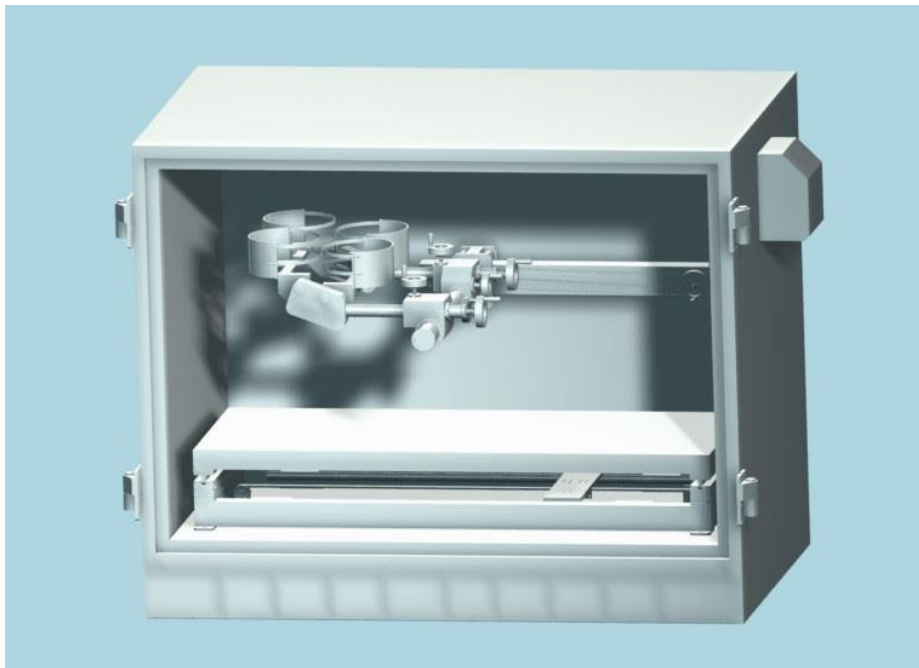


图 2 L&WBC-1 机械结构图

#### 4. 肺计数器数据采集与能谱分析软件

肺计数器数据采集与能谱分析软件 GammaSharp 为新一代 HPGe 能谱分析软件，采用一键式全自动能谱分析功能为用户提供初步的样品放射性核素识别和活度信息，在此基础上提供交互分析功能，实现能谱的精确分析。GammaSharp 软件内置 3000 余种  $\gamma$  放射性核素同位素谱线系，来自 ENSF (Evaluated nuclear structure data file) 的核素库，其射线分支比等信息精确可靠。软件可直接读取 GSCOCH 计算得出的效率刻度结果并自动进行核素识别，活度计算，并给出活度最小可探测限。最多可同时获取十个实时能谱。肺计数器软件主界面如下图 3 所示。

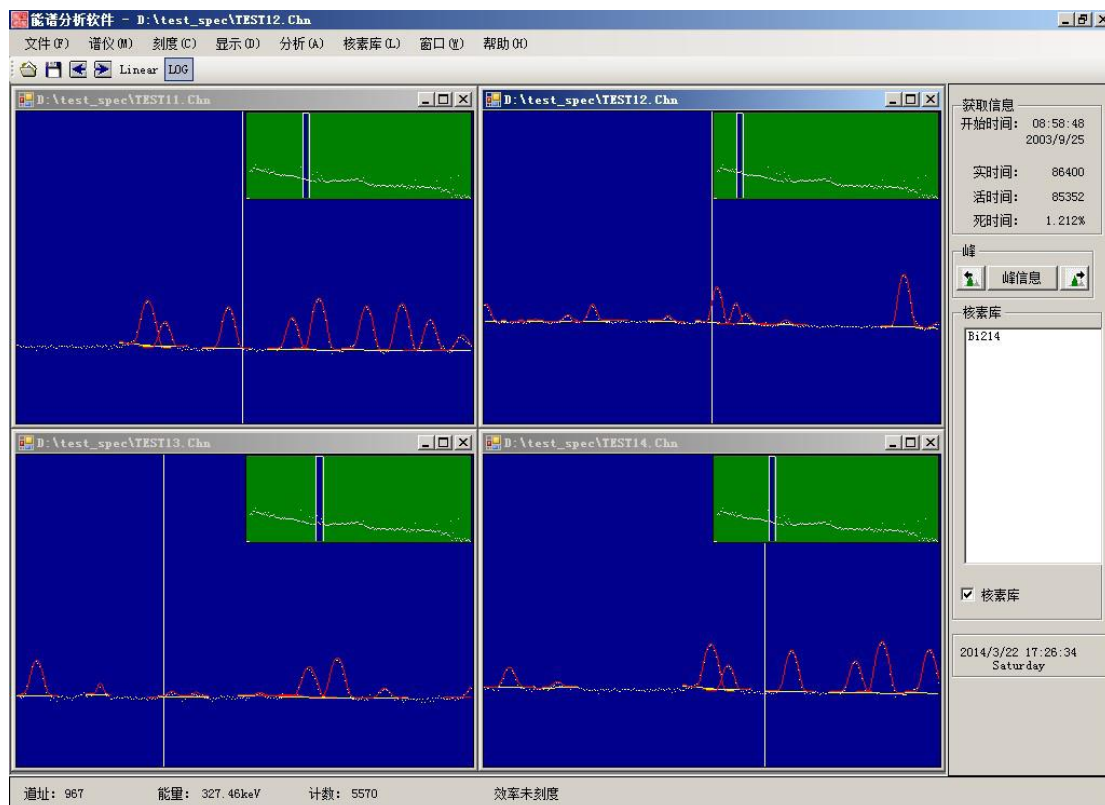


图 3 肺计数器能谱分析软件典型界面

## 5. 内照射剂量评估软件

GammaSharp 软件分析的结果可被剂量计算软件调用，计算被测量人所受内照射剂量，内照射剂量评估软件界面如下图 4 所示。其中的模型采用 IAEA 的相关标准。

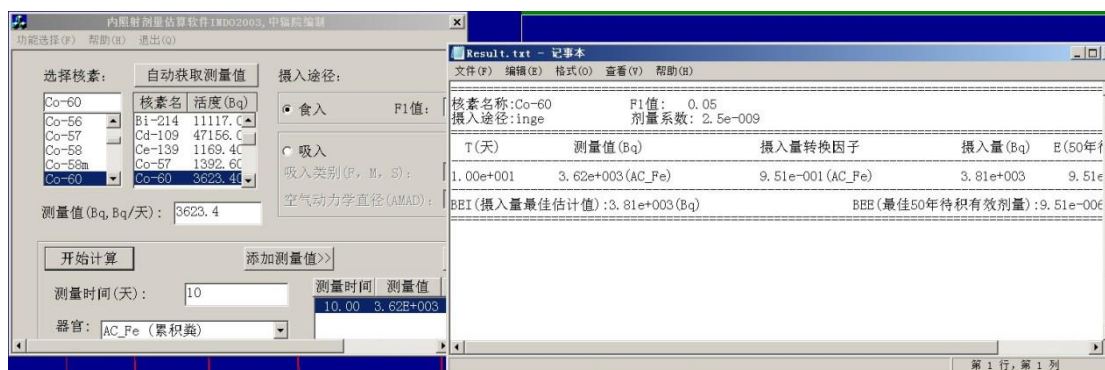


图 4 剂量计算软件界面



## 6. 无源效率刻度软件

肺计数器活度测量的基础是效率刻度，肺的效率刻度非常困难，目前一般采用人体体模，并结合数百块点源，这种方法的缺点是价格非常昂贵、需要大量的辐射源、不准确。中智核安为此开发了具有业内领先水平的无源效率刻度软件，经过了中核辐射防护研究院 3 个体模的检验，误差在 6% 以内，大大提高了肺计数器的现场应用能力，极大降低了肺计数器的使用难度。

效率刻度因子计算软件 GSCOCH (V1.0) 基于人体胸部 CT 扫描数据计算效率刻度因子，解决了肺部放射性核素活度测量的最大瓶颈，实现了放射性活度精确测量。获得人体 CT 数据后，GSCOCH 可自动提取肺部模型，对肺部进行标记，然后利用数值计算的方法，快速给出效率刻度因子，相对于传统的蒙特卡洛方法节省了上百倍的时间。GSCOCH 具备胸壁厚度调整功能，对于没有 CT 数据的测量对象，可以在参考人模型基础上通过调整实现测量个体的效率刻度因子计算。GSCOCH 可在全能谱范围内的能量进行刻度，实验检验该软件的最高误差仅为 6%。GSCOCH 软件典型界面如图 5 所示意，计算结果与 MCNP 程序的比较如图 6。

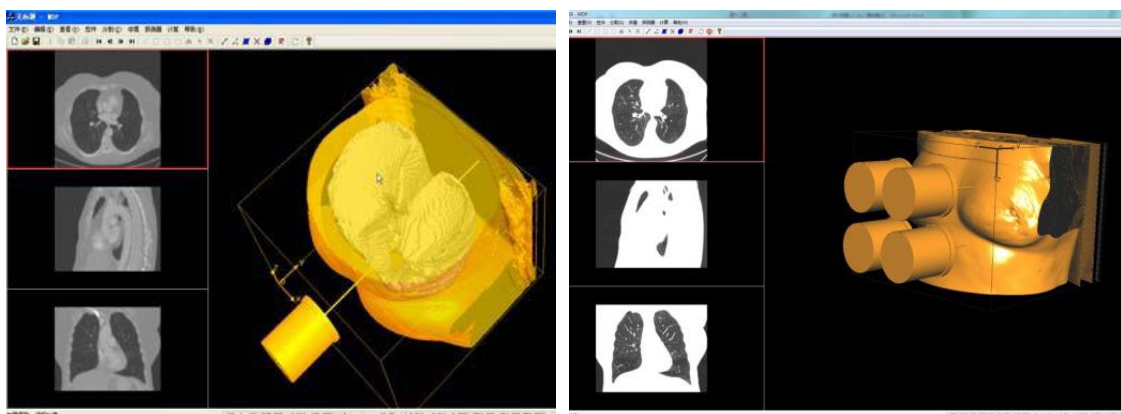


图 5 肺计数器效率刻度因子计算软件 GSCOCH 典型界面

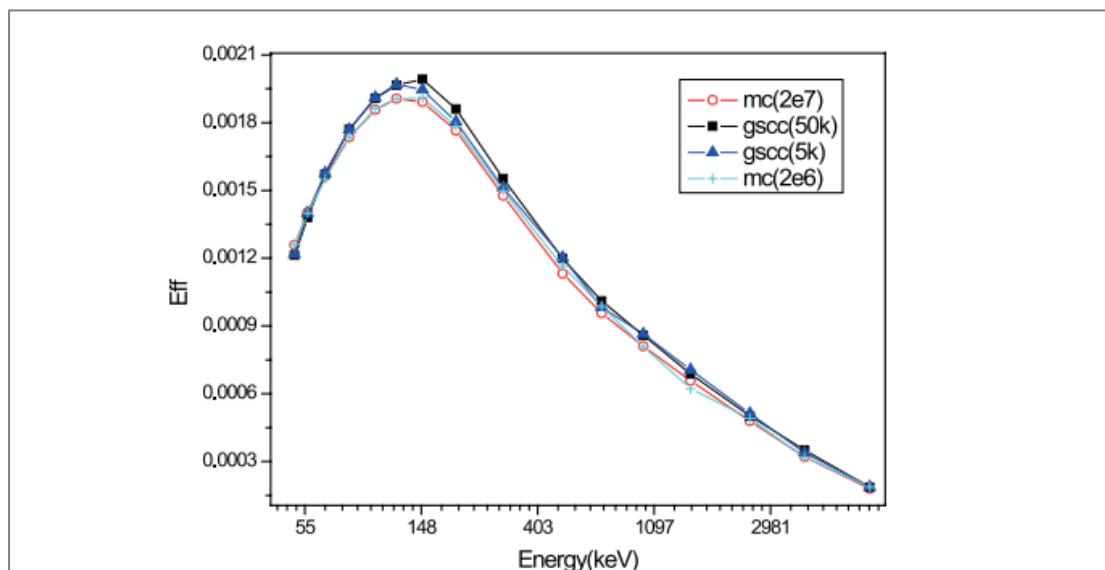


图 6 效率曲线计算结果

## 四、应用领域

该系统主要应用于核事故应急测量，放射性从业人员内照射检查等领域，疾病预防与控制中心作为核应急设备等。