

## 数据处理方法和数据处理装置

本申请基于并要求于 2016 年 8 月 3 日提交的申请号为 201610630202.3 并且发明名称为“数据处理方法和数据处理装置”的中国发明专利申请的优先权。

### 技术领域

本发明属于数据处理技术领域，更具体地涉及数据处理方法和数据处理装置。

### 背景技术

能谱探测器是能够采用光子计数的模式区分入射光子能量，并且一次扫描可以获得不同能量区间的光子计数的探测器。但这种计数模式受到探测器响应的影响。探测器响应因探测器晶体材质不同而有所不同，一般包括 K 层电子逃逸、电荷共享及脉冲堆叠。为了发挥能谱探测器的优势，需要对探测器响应进行建模和校正，目前还没有比较成熟的方法。

### 发明内容

本发明实施例提供了一种数据处理方法，包括：根据已知能量射线入射得到的探测器响应执行探测器响应标定以获得探测器响应模型；根据该探测器响应模型获得探测器入射能谱数据与探测器测得能谱数据之间的探测器光子计数模型；根据该探测器光子计数模型对该探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理计算以获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。

在一些实施例中，该方法还包括根据该探测器光子计数模型对该探测器的每个入射角度每个探测器单元测得能谱数据中各个能区的光子计数进行反卷积处理计算以获得探测器入射能谱数据中每个入射角度探测器单元

真实的各能区的光子计数，对得到的每组数据进行组合从而实现对探测器测得的待测物质的衰减系数进行多能区重建。

在一些实施例中，该方法还包括通过直接求解并增加约束项的方法对该探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理，以获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。

在一些实施例中，该方法还包括通过 EM 求解法对所述探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理，以获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。

在一些实施例中，对探测器响应进行标定包括：根据金属荧光数据已知能量射线对光子探测器中的能量沉积过程模拟获得探测器响应标定。

在另一方面，本发明实施例提供了一种数据处理装置，包括：标定模块、光子计数模型获取模块和光子计数获取模块。标定模块根据已知能量射线入射得到的探测器响应执行探测器响应标定以获得探测器响应模型。光子计数模型获取模块根据该探测器响应模型获得探测器入射能谱数据与探测器测得能谱数据之间的探测器光子计数模型。光子计数获取模块根据该探测器光子计数模型对该探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理计算以获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。

在一些实施例中，该装置还包括多能区重建模块，用于根据该探测器光子计数模型对该探测器的每个入射角度每个探测器单元测得能谱数据中各个能区的光子计数进行反卷积处理计算以获得探测器入射能谱数据中每个入射角度每个探测器单元真实的各能区的光子计数，对得到的每组数据进行组合从而实现对探测器测得的待测物质的衰减系数进行多能区重建。

在一些实施例中，该装置的光子计数获取模块还用于通过直接求解并增加约束项的方法对所述探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理，以获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。

在一些实施例中，该装置的光子计数获取模块还用于通过 EM 求解法对所述探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处

理，以获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。

在一些实施例中，该装置的标定模块用于通过根据金属荧光数据已知能量射线对光子探测器中的能量沉积过程模拟来执行探测器响应标定。

在另一方面，本发明实施例提供了一种数据处理装置，包括存储器、耦合到该存储器的处理器，其中处理器被配置为：根据已知能量射线入射得到的探测器响应执行探测器响应标定，以获得探测器响应模型；根据该探测器响应模型获得探测器入射能谱数据与探测器测得能谱数据之间的探测器光子计数模型；根据该探测器光子计数模型对该探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理计算以获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。。

根据本申请公开的实施例，通过建立探测器响应模型对探测器测得能谱数据进行反卷积处理来获得能谱数据中真实的能区光子计数，进而消除了能谱探测器响应对光子计数的影响，得到真实的各物质衰减系数。

### 附图说明

通过参考附图会更加清楚地理解本发明的特征和优点，附图是示意性的而不应当理解为对本发明进行任何限制，在附图中：

图 1 示出根据本发明的一些实施例的一种数据处理方法的应用场景的示意图；

图 2 示出了在根据本发明的一些实施例的图 1 所示的一种数据处理方法的应用场景的 X 光机对物体投影进行检测的流程图；

图 3 示出根据本发明的一些实施例的一种数据处理方法的流程图；

图 4 示出根据本发明的一些实施例的探测器对金属的荧光谱进行探测测得的光谱的示意图；

图 5 示出根据本发明的一些实施例的一组已知能量射线入射探测器实测数据与利用探测器相应模型模拟得到数据的对比图；

图 6a 示出根据本发明的一些实施例的对一种数据处理方法进行仿真中探测器测得光子在各个能区分布比例的示意图；

图 6b 示出根据本发明的一些实施例的对一种数据处理方法进行仿真

中探测器的真实输入能谱的示意图；

图 6c 示出根据本发明的一些实施例的对一种数据处理方法进行仿真中探测器的响应矩阵的示意图；

图 6d 示出根据本发明的一些实施例的对一种数据处理方法进行仿真得到中探测器的入射能谱的示意图；

图 7 示出根据本发明的一些实施例的一种数据处理方法的示意图；

图 8a 示出根据本发明的一些实施例的根据一种数据处理方法进行试验的待测物物质分布示意图；

图 8b 示出根据本发明的一些实施例的根据一种数据处理方法进行试验的探测器测得处理前的物质线衰减系数图；

图 8c 示出根据本发明的一些实施例的根据一种数据处理方法进行试验得到的处理后的物质线衰减系数图；

图 9 示出根据本发明的另一些实施例的一种数据处理装置的结构示意图；以及

图 10 示出根据本发明的再一些实施例的一种数据处理装置的结构示意图。

### 具体实施方式

下面将详细描述本发明提供的数据处理方法及装置各个方面的特征和示例性实施例。在下面的详细描述中，提出了许多具体细节，以便提供对本发明的全面理解。但是，对于本领域技术人员来说很明显的是，本发明可以在不需要这些具体细节中的一些细节的情况下实施。下面对实施例的描述仅仅是为了通过示出本发明的示例来提供对本发明的更好的理解。本发明决不限于下面所提出的任何具体配置和方法，而是在不脱离本发明的精神的前提下覆盖了元素、部件和算法的任何修改、替换和改进。在附图和下面的描述中，没有示出公知的结构和技术，以便避免对本发明造成不必要的模糊。

下面结合附图，详细描述根据本发明实施例的数据处理方法和数据处理装置。

图 1 示出根据本发明的一些实施例的一种数据处理方法的应用场景的示意图。如图 1 所示，射线源例如 X 光机与探测器阵列对应设置在待测物体的两侧。X 光机对待测物体进行投影后，探测器阵列接收经由待测物体衰减后的 X 光光谱。由于探测器响应，探测器阵列的测得能谱会与实际经由待测物体衰减后的能谱存在一定误差。这里的实际经由待测物体衰减后的能谱也可以称为探测器的入射能谱。

图 2 示出了在根据本发明的一些实施例的图 1 所示的一种数据处理方法的应用场景的 X 光机对物体投影进行检测的流程图。请参阅图 2，X 光机发出连续的光源光谱，经由物体衰减得到衰减后能谱。衰减后能谱入射探测器中，并且由于探测器晶体与入射光子发生相互作用而被转换为电信号，进而被后续电子学元件读出，从而得到探测器测得能谱。

请参阅图 3，本发明的一些实施例提供的一种数据处理方法的流程图。该数据处理方法 300 包括以下步骤：步骤 S301，根据已知能量射线入射得到的探测器响应执行探测器响应标定，以获得探测器响应模型；步骤 S302，根据该探测器响应模型获得探测器入射能谱数据与探测器测得能谱数据之间的探测器光子计数模型；步骤 S303，根据该探测器光子计数模型对探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理计算，以获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。

在步骤 S301 中，探测器响应标定可以理解为确定探测器的输入和输出的关系。探测器响应标定是为了得到探测器响应模型，这也是之后进行能区光子计数反卷积的基础。应理解，这里可以根据已知能量射线入射探测器来对探测器中的能量沉积过程进行模拟，从而进行探测器响应标定。在一些示例实施例中，可以通过例如采用金属荧光执行探测器响应标定。在一些示例实施例中，也可以通过采用同步辐射光源、放射源等其它形式的已知能量射线执行探测器响应标定。请一并参阅图 4，根据本实施例的探测器对金属的荧光谱进行探测得到的光谱的示意图。

在步骤 S302 中，例如可以采用综合利用蒙特卡洛模拟与金属荧光数据进行探测器建模构建探测器响应模型。在采用综合利用蒙特卡洛模拟与金属荧光数据进行探测器建模过程中，金属荧光指的是物质在被 X 光照射

时外层电子退激到内层时发出的特征射线，金属荧光便是用这种特征射线来近似单能射线入射探测器，进而进行探测器响应标定。如图 4 所示，是一个典型的 CdTe 对铅的荧光谱的响应，其中，横坐标为光子能量，单位是 1000 电子伏特，用 keV 表示；纵坐标为光子计数。荧光指的是物质在 X 射线照射下产生的特征 X 射线释放的过程，它会释放出一系列具有一定能量的 X 射线。 $k_{\alpha}$  和  $k_{\beta}$  都是铅在被照射过程中释放的特征 X 射线， $k_{\beta}$  射线所占比重很低。这些特征 X 射线的能量已知，可以用来标定探测器响应。根据图 4 可以看到，探测器测得数据中，在 0-20 能区光子计数最高，这是由于电子学噪声引起的探测器响应，在 20-40 能区光子出现峰值，这是由于电子逃逸所致。一些常用物质的荧光谱的不同能量特征 X 射线成分在表 1 中给出：

表 1

| element | $K_{\alpha 1}/\text{keV}$ | $K_{\alpha 2}/\text{keV}$ | $K_{\beta 1}/\text{keV}$ | $K_{\beta 2}/\text{keV}$ |
|---------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| La      | 33.440                    | 33.033                    | 37.799                   | 38.728                   |
| Ce      | 34.717                    | 34.276                    | 39.255                   | 40.231                   |
| Nd      | 37.359                    | 36.845                    | 42.269                   | 43.298                   |
| Gd      | 42.983                    | 42.280                    | 48.718                   | 49.961                   |
| Er      | 49.099                    | 48.205                    | 55.690                   | 57.088                   |
| W       | 59.310                    | 57.973                    | 67.233                   | 69.090                   |
| Pt      | 66.820                    | 65.111                    | 75.236                   | 77.866                   |
| Pb      | 74.957                    | 72.794                    | 84.922                   | 84.343                   |

蒙特卡洛模拟可以包括自电子束打靶开始至光子在探测器中沉积能量为止的整个过程。例如可以采用基于 C++ 与 GEANT4 编写蒙特卡洛模拟程序，把整个过程拆分成了 3 个子过程，包括 3 个子步骤：电子束打靶与能谱的产生的步骤；光子输运过程的模拟与在各向同性条件下输运矩阵的建立步骤；以及，单能射线在能谱探测器中的能量沉积的步骤，进而得到入射到探测器上光子的能谱。可以理解，在某个电压下产生的 X 射线的能量分布是个连续的谱带，单能射线有一个谱带，一个中心值。探测器建模的任务主要是确定单能光谱入射的探测器响应，记作  $\delta(E_0)$ ，可以理解为能量为  $E_0$  的单能射线入射的探测器响应，可以包括建立探测器计数偏压与入射光子能量之间映射关系、能谱展宽的参数确定等。例如可以用高斯扩散模型模拟电子空穴对的扩散，如式（1）所示：

$$\sigma = \sigma_0 \left(1 - \frac{z}{D}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式(1)中 $\sigma$ 是高斯模型的标准差, $\sigma_0$ 是预设的一个常量, $z$ 和 $D$ 分别是光子与探测器晶体发生相互作用的位置和晶体深度,可以看出发生相互作用的位置越接近 $D$ ,展宽越窄。线性近似能谱随能量的展宽以及探测器电压阈值与光子能量间的映射如式(2)和式(3)所示:

$$\sigma_s^2 = p_{s1} \times E + p_{s2} \quad (2)$$

$$E = p_1 \times TH + p_2 \quad (3)$$

式(2)和式(3)中 $\sigma_s$ 是单能射线所在处的展宽, $TH$ 是探测器预设的偏压, $E$ 则是光子的能量。蒙特卡洛模拟可以得到探测器入射能谱 $S_m(E)$ ,再利用探测器实测所得能谱 $S_{det}(E)$ ,确定探测器响应模型中具体的参数 $p_{s1}$ 、 $p_{s2}$ 、 $p_1$ 和 $p_2$ ,例如可以用差分进化的算法得到最优化的探测器响应模型中的参数,这里可以选择表1中的元素,图5示出根据本发明的一个实施例的一组已知能量射线入射探测器实测数据与利用探测器响应模型模拟得到数据的对比图。如图5所示分别以La、Ce、Nd和Gd为例利用蒙特卡洛模拟与最优化的探测器响应模型参数模拟,其中,横坐标为光子能量,单位是keV;纵坐标为光子计数。空心点代表的是实测数据,曲线代表的是蒙特卡洛结果与最优化的探测器响应模型参数模拟得到的结果。

在步骤S303中,在步骤S302中构建的探测器响应模型可以用 $h(E;E')$ 来描述, $h(E;E')$ 是一个类似于概率分布的概念,可以理解为能量为 $E'$ 的光子被记录为能量 $E$ 的概率。由于衰减后的能谱也就是探测器的入射能谱记作 $S_m(E')$ ,探测所得光子记作 $S_{det}(E)$ ,探测器光子计数响应模型可以由下式表示:

$$S_{det}(E) = \int_{E'} S_m(E') \cdot h(E;E') dE' \quad (4)$$

如式(4)所示,这是探测器响应模型的一个卷积的形式,反卷积则是基于探测器模型通过 $S_{det}(E)$ 得到 $S_m(E')$ 。能谱反卷积是一个病态性很强的问题,尤其是在能谱CT中,能谱CT中的能区数目不多,应理解,能区数目多就意味着能区宽度窄,那么同等扫描条件下每个能区的光子计数

越少，受到噪声的影响比较大。用有限的能区计数反卷积得到整个能谱数据的方法，数据很不稳定。这里对宽能区进行反卷积得到能区的计数而非能谱计数也就是在对所述探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理时不再要求得到整个能谱而是得到真实的能区计数，减少了未知数的个数，提升了算法的稳定性同时也兼顾了数据处理方法的实用性。

在一个实施例中，该方法 300 可以根据该探测器光子计数模型对该探测器的每个入射角度每个探测器单元测得能谱数据中各个能区的光子计数进行反卷积处理计算，以获得探测器入射能谱数据中每个入射角度每个探测器单元真实的各能区的光子计数。得到的每组数据可以进行组合从而实现对探测器测得的待测物质的衰减系数进行多能区重建。可以理解的是，在对探测器进行扫描的过程中得到的每个角度每个探测器单元各个能区的计数都可以进行反卷积去除探测器响应，通过该方法可以基本得到光谱经由物质的真实的衰减后光谱。

在一个示例中，能谱探测器同时获得很多能区的光子计数，X 光机一次扫描便可获得不同能区的能量数据，例如：反映入射角度、探测器单元位置与光子数量关系的正弦图，特定探测器单元位置在不同正弦图上的计数，实际上组成了能谱。可以逐个探测器单元的进行反卷积处理，得到反卷积后的正弦图序列，可以直接用于探测器的多能区重建，得到量化 CT (quantitative CT)。

在一个实施例中，该方法的步骤 S303 可以通过迭代更新对所述探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理，获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。这里由于需要在已经标定得到的单能探测器响应的基础上继续得到能区的探测器响应，能区的探测器响应是能区包含的单能探测器响应的总的综合平均的结果，例如可以用式 (5) 表示：

$$H_k(E) = \sum_{i \in S_k} \alpha_i h(E; E_i) \quad (5)$$

式(5)中 $\varsigma_k$ 表示的是第 $k$ 个能区中包含的单能点的集合,第 $k$ 个能区中包含的能量元素个数记为 $N_k$ ,而且 $\sum \alpha_i = 1$ ,这是个加权平均因子,该因子可以根据不同的先验来进行调整,例如可以取等值 $1/N_k$ ,这里可以理解为假设能区总的光子计数在各个点上均匀分布。将式(4)离散化得到式(6):

$$y = \tilde{N}_{\text{det}} = \sum_{i=1}^n x_n \cdot H_i[m] = A \cdot x \quad (6)$$

式(6)中, $x_n$ 是入射光谱在各个能量上光子计数, $H_i[m]$ 是该能量对应的探测器响应函数的离散表达, $y$ 是探测器在各个能区测得的光子计数。可以将该表达式矩阵化,则 $x=[x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ 是真实的各个能区的计数, $A$ 的每一列是对应能区的探测器响应, $y$ 依然是探测到的每个能区的计数。该迭代更新方法例如可以采用EM算法(也称为最大期望算法, Expectation Maximization Algorithm),这里根据 $y$ 和 $A$ 求 $x$ 的迭代更新方法如式(7)所示:

$$x_n^{(k+1)} = x_n^{(k)} \frac{\sum_m (A^T)_{nm} \left( y_m / \sum_{n'} A_{mn'} c_{n'}^{(k)} \right)}{\sum_m (A^T)_{nm}} \quad (7)$$

为提升算法稳定性,针对能谱探测器计数的特性和具体的应用场景,选取EM算法,对宽能区进行反卷积得到能区的计数而非能谱计数。EM算法本身就是一个对噪声相对鲁棒性的算法,提升了该数据处理方法的稳定性。而在探测器进行扫描的过程中得到的每个角度每个探测器单元各个能区的计数都通过EM算法进行反卷积处理去除探测器响应,通过实验在不同能区宽度的光子总计数的相对标准差在表2中给出:

表 2

| 能窗宽度  | 5keV  | 7keV   | 10keV |
|-------|-------|--------|-------|
| 相对标准差 | 0.11% | 0.096% | 0.11% |

参照表2,采用其他方法对光子计数模型进行反卷积处理后最宽只能在4keV的能区宽度下保证处理后数据的相对稳定,而采用EM求解法对光子计数模型进行反卷积处理后在能区宽度达到10keV时总计数的变化在

0.11%，仍能达到其他方法在能区宽度为 4keV 时的数据处理效果。可知采用 EM 求解法对光子计数模型进行反卷积处理可以得到包含真实物质衰减信息的衰减后光谱探测器入射光谱数据，且数据结果非常稳定。

图 6a 示出根据本发明的一个实施例的对一种数据处理方法进行仿真测试中探测器测得光子在各个能区分布比例的示意图。图 6b 示出根据本发明的一个实施例的对一种数据处理方法进行仿真测试中探测器的真实输入能谱的示意图。图 6c 示出根据本发明的一个实施例的对一种数据处理方法进行仿真中探测器的响应矩阵的示意图。图 6d 示出根据本发明的一个实施例的对一种数据处理方法进行仿真得到中探测器的入射能谱的示意图。如图 6a 所示，在一个试验中，模拟入射能量  $E'$  为 70KeV 的光子各个能区分布比例，图中，横坐标代表光子能量，单位为 KeV，纵坐标表示采集到的光子在每个能区的分布比例，从中可以非常清楚的看出反卷积的效果。图 6b 是探测器的入射能谱，图 6c 是探测器响应矩阵  $A$ ，它的每一列都是形如图 6a 的探测器响应函数。如图 6a 所示，由于光子在探测器晶体中产生的电子，在探测器晶体单元的边界处会分散到若干探测器晶体单元，使得每个探测器晶体单元只接收到部分电子，造成电子共享的情况，该情况造成的探测器响应在 20-70 能区范围所占比例 0.02；其他探测器晶体单元的荧光造成光子能量被该探测器单元被记录在 20-30 能区的探测器响应比例 0.03-0.04 之间；电子逃逸造成光子能量被记录在 20-30 能区的探测器响应比例 0.03-0.04 之间。图 6d 中细实线和图 6b 完全一样是真实入射能谱，而星形线则是探测器实际测得的能谱，三角线是经过 EM 算法反卷积后得到的入射能谱，从图 6d 可以看出反卷积效果基本恢复了入射能谱的真实样貌。

在一个实施例中，该方法的步骤 S303 可以通过直接求解的方法对所述探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理，获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。应理解，直接求解法即求解逆矩阵的方法，该方法例如可以采用最小二乘法求解真实能谱向量  $x$  如式 (8) 所示：

$$\min_i \|y - A \times x\|_2 \quad (8)$$

于是  $x$  就有解析解如式 (9) 所示:

$$x = (A^T \times A)^{-1} \times A^T \times y \quad (9)$$

由于  $A$  是个奇异性很强的矩阵, 在有噪声的情况下这样的求解方法并不能求出真实能谱。在实际中, 能谱一般都是连续的, 所以可以增加连续性约束, 如式 (10) 所示:

$$k_1(x_1 - x_2)^2 + k_2(x_2 - x_3)^2 + \cdots + k_{n-1}(x_{n-1} - x_n)^2 \quad (10)$$

在矩阵描述下, 式 (10) 可以写为式 (11):

$$|C \times x|^2 \quad (11)$$

其中  $C$  是连续性矩阵, 增加连续项约束后, 求解函数可以写为式 (12):

$$\min_{spe} (|y - A \times x|^2 + |C \times x|^2) \quad (12)$$

能谱  $x$  的解析解可以写为式 (13):

$$x = (A^T \times A + C^T \times C)^{-1} \times A^T \times y \quad (13)$$

从而得到探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数, 该方法求解方式简单, 保证了连续性, 又保证较小的误差值, 通过该方法可以基本得到光谱经由物质的真实的衰减后光谱。

请参阅图 7, 根据本发明实施例提供的数据处理方法得到的对各能区的正弦图逐探测器单元的进行反卷积可以得到一系列反卷积后的正弦图。如图 7 所示的正弦图是消除了探测器响应的光子计数的具有真实的衰减信息。得到反卷积后的正弦图后, 可以用于 CT 重建, 这里的 CT 重建可以理解是对探测器测得的待测物质的衰减系数进行多能区重建。可以采用解析重建方法例如 FDK 方法进行 CT 重建, 也可以采用迭代重建方法例如 ART 方法进行 CT 重建。

作为示例, 选择塑料瓶装水作为待测物体进行投影示意验证该数据处理方法的数据处理效果。如图 8a 所示, 在一个试验中, 是通过该方法进行多能区重建后通过测得能谱数据建立的塑料瓶装水模体。如图 8b 所示,

如果对探测器测得能谱数据不进行针对各个能区进行反卷积处理，直接对各个能区正弦图重建获得的水的衰减系数，其中，横坐标为光子能量，单位为 keV，纵坐标为射线各能区衰减系数。因为探测器响应的存在，测得曲线数据偏离理论真实值曲线数据。如图 8c 所示，经过反卷积处理重建得到的各个能区的衰减系数，测得数据基本上与理论真实曲线数据值完全重合。

图 9 示出根据本发明的另一些实施例的数据处理装置 900 的结构示意图。如图 9 所示，数据处理装置 900 包括标定模块 901、光子计数模型获取模块 902、光子计数获取模块 903 和入射能谱数据获取模块 904。标定模块 901 根据已知能量射线入射得到的探测器响应执行探测器响应标定，以获得探测器响应模型。光子计数模型获取模块 902 根据探测器响应模型获得探测器入射能谱数据与探测器测得能谱数据之间的探测器光子计数模型。光子计数获取模块 903 根据探测器光子计数模型对探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理计算，以获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。

在一个实施例中，该装置还包括多能区重建模块，用于根据该探测器光子计数模型对探测器的每个入射角度每个探测器单元测得能谱数据中各个能区的光子计数进行反卷积处理计算，以获得探测器入射能谱数据中每个入射角度每个探测器单元真实的各能区的光子计数，对得到的每组数据进行组合从而实现对探测器测得的待测物质的衰减系数进行多能区重建。

在一个实施例中，该装置的光子计数获取模块 903 可以通过直接求解并增加约束项的方法对探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理，获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。

在一个实施例中，该装置的光子计数获取模块 903 可以通过 EM 求解法对探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理，获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。

在一个实施例中，该装置的标定模块 901 可根据金属荧光数据已知能量射线对探测器中的能量沉积过程模拟来进行探测器响应标定。

请参阅图 10，本发明提供的数据处理装置的一些实施例的结构示意图。该装置可以采用通用计算机系统，计算机系统可具体是基于处理器的

计算机。所述数据处理装置可以包括输入输出 I/O 接口 1001、存储器 1002、至少一个处理器 1003 和至少一个通信接口 1004。输入输出 I/O 接口 1001、存储器 1002、至少一个处理器 1003 和至少一个通信接口 1004 之间通过通信总线 1005 连接。I/O 接口 1001 用于接收来自用户设备的文本数据，并将所述文本数据传输给所述处理器 1003，其中，所述文本数据使用结构化查询语言 SQL 形式表示。处理器 1003 可以是通用中央处理器(CPU)、微处理器、专用集成电路(application-specific integrated circuit, ASIC)，或一个或多个用于控制本发明方案程序执行的集成电路。通信总线 1005 可包括一通路，在上述组件之间传送信息。通信接口 1004 使用任何收发器一类的装置，用于与其他设备或通信网络通信，如以太网、无线接入网(RAN)、无线局域网(Wireless Local Area Networks, WLAN)等。计算机系统包括一个或多个存储器 1002，可以是只读存储器(read-only memory, ROM)或可存储静态信息和指令的其他类型的静态存储设备，随机存取存储器(random access memory, RAM)或者可存储信息和指令的其他类型的动态存储设备，也可以是电可擦可编程只读存储器(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory, EEPROM)、只读光盘(Compact Disc Read-Only Memory, CD-ROM)或其他光盘存储、光碟存储(包括压缩光碟、激光碟、光碟、数字通用光碟、蓝光光碟等)、磁盘存储介质或者其他磁存储设备、或者能够用于携带或存储具有指令或数据结构形式的期望的程序代码并能够由计算机存取的任何其他介质，但不限于此。这些存储器 1002 通过通信总线 1005 与处理器 1003 相连接。其中，存储器 1002 用于存储执行本发明方案的应用程序代码，本发明方案的应用程序代码保存在存储器中，并由处理器 1003 来控制执行。处理器 1003 用于执行如下步骤，包括：根据已知能量射线入射得到的探测器响应执行探测器响应标定，以获得探测器响应模型；根据探测器响应模型获得探测器入射能谱数据与探测器测得能谱数据之间的探测器光子计数模型；根据探测器光子计数模型对该探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理计算，以获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。

应当注意，在权利要求中，单词“包含”或“包括”并不排除存在未

列在权利要求中的元件或组件。位于元件或组件之前的冠词“一”或“一个”也并不排除存在多个这样的元件或组件的情况。

此外，还应当注意，本说明书中使用的语言主要是为了可读性和教导的目的而选择的，而不是为了解释或者限定本发明的主题而选择的。因此，在不偏离所附权利要求书的范围和精神的情况下，对于本技术领域的普通技术人员来说许多修改和变更都是显而易见的。关于本发明的范围，说明书中所做的描述都是说明性的，而非限制性的，本发明的范围由所附权利要求书限定。

## 权 利 要 求 书

1. 一种数据处理方法，包括以下步骤：

根据已知能量射线入射得到的探测器响应执行探测器响应标定，以获得探测器响应模型；

根据所述探测器响应模型获得探测器入射能谱数据与探测器测得能谱数据之间的探测器光子计数模型；以及

根据所述探测器光子计数模型对所述探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理计算，以获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。

2. 如权利要求 1 所述的数据处理方法，其中，根据所述探测器光子计数模型对所述探测器的每个入射角度每个探测器单元测得能谱数据中各个能区的光子计数进行反卷积处理计算以获得探测器入射能谱数据中每个入射角度探测器单元真实的各能区的光子计数，对得到的每组数据进行组合从而实现探测器测得的待测物质的衰减系数进行多能区重建。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的数据处理方法，其中，通过直接求解并增加约束项的方法对所述探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理，以获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的数据处理方法，其中，通过 EM 求解法对所述探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理，以获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。

5. 如权利要求 1 所述的数据处理方法，其中，执行探测器响应标定包括通过根据金属荧光数据已知能量射线对光子探测器中的能量沉积过程模拟来执行探测器响应标定。

6. 一种数据处理装置，包括：

标定模块，根据已知能量射线入射得到的探测器响应执行探测器响应标定以获得探测器响应模型；

光子计数模型获取模块，用于根据所述探测器响应模型获得探测器入射能谱数据与探测器测得能谱数据之间的探测器光子计数模型；以及

光子计数获取模块，根据所述探测器光子计数模型对所述探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理计算以获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。

7. 如权利要求 6 所述的数据处理装置，还包括多能区重建模块，还用于根据所述探测器光子计数模型对所述探测器的每个入射角度每个探测器单元测得能谱数据中各个能区的光子计数进行反卷积处理计算以获得探测器入射能谱数据中每个入射角度每个探测器单元真实的各能区的光子计数，对得到的每组数据进行组合从而实现对探测器测得的待测物质的衰减系数进行多能区重建。

8. 如权利要求 6 或 7 所述的数据处理装置，其中，所述光子计数获取模块还用于通过直接求解并增加约束项的方法对所述探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理，以获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。

9. 如权利要求 6 或 7 所述的数据处理装置，其中，所述光子计数获取模块还用于通过 EM 求解法对所述探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理，以获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。

10. 如权利要求 6 所述的数据处理装置，其中，所述标定模块用于通过根据金属荧光数据已知能量射线对光子探测器中的能量沉积过程模拟来

执行探测器响应标定。

11.一种数据处理装置，包括  
存储器；  
耦合到所述存储器的处理器；

所述处理器被配置为：根据已知能量射线入射得到的探测器响应执行探测器响应标定以获得探测器响应模型；根据所述探测器响应模型获得探测器入射能谱数据与探测器测得能谱数据之间的探测器光子计数模型；根据所述探测器光子计数模型对所述探测器测得能谱数据中各个能区探测器的光子计数进行反卷积处理计算以获得探测器入射能谱数据中真实的各能区的光子计数。