

CT 系统和用于 CT 系统的探测装置

相关申请的交叉引用

本申请要求享有于 2018 年 12 月 17 日提交的名称为“CT 系统和用于 CT 系统的探测装置”的中国专利申请 201811542627.4 的优先权，该申请的全部内容通过引用并入本文中。

技术领域

本申请涉及辐射检测领域，特别是涉及一种 CT 系统和用于 CT 系统的探测装置。

背景技术

目前，基于射线辐射成像的计算机断层扫描技术被广泛应用于安全检查，尤其用于检查行李物品中的可疑物品。在基于射线辐射成像的 CT 技术中，通过 CT 数据重建可以得到断层内的被扫描物体的特征分布数据，通过对特征数据进行分析，可实现对行李中常见的嫌疑物质进行识别。

目前常用双能 CT 系统采用双层探测器结构，获取双能投影数据，以对检测物体进行分辨。但是，目前的 CT 系统中的双层探测器结构最多只能提供双能投影数据，限制了对材料的分辨能力。

发明内容

本申请实施例提供一种 CT 系统和用于 CT 系统的探测装置，通过利用多能投影数据，提高了对材料的分辨能力。

根据本申请实施例的一方面，提供一种用于 CT 系统的探测装置，该装置包括：

高能探测器组件，高能探测器组件包括沿预定轨迹排布的多排高能探测器；

低能探测器组件，与高能探测器组件层叠设置，低能探测器组件包括沿预定轨迹间隔排布的多排低能探测器；

其中，低能探测器的排数小于高能探测器的排数；

每排低能探测器均覆盖一排高能探测器。

在一个实施例中，任意相邻两排高能探测器紧密设置。

在一个实施例中，多排高能探测器沿预定轨迹间隔排布。

在一个实施例中，任意相邻两排高能探测器之间均具有第一预设间距。

在一个实施例中，被低能探测器覆盖的任意相邻两排高能探测器之间，设置有至少一排未被低能探测器覆盖的高能探测器。

在一个实施例中，被低能探测器覆盖的高能探测器，与未被低能探测器覆盖的高能探测器按预定轨迹交替排布。

在一个实施例中，任意相邻两排低能探测器之间均具有第二预设间距。

在一个实施例中，第二预设间距为 5 至 80 毫米；或，

第二预设间距为 30 至 50 毫米。

在一个实施例中，预定轨迹为圆弧。

根据本申请实施例的另一方面，提供一种用于 CT 系统的探测装置，该装置包括：

层叠设置的第一层探测器组件、第二层探测器组件、……、第 N 层探测器组件，N 为大于 2 的整数；

其中，第一层探测器组件包括沿预定轨迹排布的多排第一探测器，第二层探测器组件包括沿预定轨迹间隔排布的多排第二探测器，……，第 N 层探测器组件包括沿预定轨迹间隔排布的多排第 N 探测器；

第一探测器的能量响应峰值对应的能量、第二探测器的能量响应峰值对应的能量、……、第 N 探测器的能量响应峰值对应的能量依次减小；

第 k+1 层探测器组件中探测器的排数小于第 k 层探测器组件中探测器的排数，k=1, 2, ……，N-1；

第 $k+1$ 层探测器组件中的每排探测器均覆盖第 k 层探测器组件中的一排探测器。

根据本申请实施例的再一方面，提供一种 CT 系统，该系统包括：

扫描通道，用于被检查物体进出 CT 系统；

滑环，用于围绕扫描通道旋转；

与滑环连接的射线源；以及

与射线源相对设置并连接在滑环上的探测装置，探测装置是如本申请实施例提供的装置。

在一个实施例中，CT 系统还包括：数据处理模块，用于基于探测装置输出的数据信号重建被检查物体的 CT 图像。

根据本申请实施例中的 CT 系统和用于 CT 系统的探测装置，探测装置包括高能探测器组件以及与高能探测器组件层叠设置的低能探测器组件，高能探测器组件包括沿预定轨迹排布的多排高能探测器，低能探测器组件包括沿所述预定轨迹间隔排布的多排低能探测器，由于低能探测器的排数小于高能探测器的排数，并且每排低能探测器均覆盖一排高能探测器，因此射线源发出的射线可以具有三种穿透探测装置的方式，从而可以获取三能投影图像，提高了对材料的分辨率。

附图说明

下面将通过参考附图来描述本申请示例性实施例的特征、优点和技术效果。

图 1 示出本申请一些实施例提供的 CT 系统的结构示意图；

图 2 示出本申请一实施例提供的用于 CT 系统的探测装置的示例性结构示意图；

图 3 示出本申请一些实施例提供的单排探测器的结构示意图；

图 4 示出图 2 中探测装置的侧视图；

图 5 示出图 2 中探测装置中低能探测器和高能探测器的能量响应曲线；

图 6 示出本申请另一实施例提供的探测装置的侧视图；

图 7 示出本申请再一实施例提供的探测装置的侧视图。

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本申请的实施方式作进一步详细描述。以下实施例的详细描述和附图用于示例性地说明本申请的原理，但不能用来限制本申请的范围，即本申请不限于所描述的实施例。

需要说明的是，在本文中，诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

为了更好的理解本申请，下面将结合附图，详细描述根据本申请实施例的 CT 系统和用于 CT 系统的探测装置，应注意，这些实施例并不是用来限制本申请公开的范围。

图 1 示出本申请实施例提供的 CT 系统的结构示意图。如图 1 所示，CT 系统包括：扫描通道 1、射线源 2、探测装置 3、滑环 4、控制装置 5 和数据处理装置 6。

在本申请的实施例中，被检查物体沿传送方向 V 通过扫描通道 1 进出 CT 系统。

射线源 2 与滑环连接，用于发出射线束。射线源 2 可以是常用的各种型号的 X 光机、加速器，也可以是放射性同位素、同步辐射光源等能够发出 X 射线或 γ 射线的装置。

探测装置 3 与射线源 2 相对设置，并且探测装置 3 连接在滑环 4 上。探测装置 3 接收射线源 2 发出的穿过被检查物体的射线束。

滑环 4 围绕扫描通道 1 旋转。其中，滑环 4 的旋转轴线与扫描通道 1

传送被检查物体的传送方向 V 大致平行。滑环 4 按照预设的扫描参数旋转，以带动射线源 2 和探测装置 3 围绕被检查物体旋转，从而完成对被检查物体的旋转扫描。

控制装置 5 控制射线源 2 的辐射发射，以及控制对探测装置 3 输出的数据信号的采集。并且，控制装置 5 还用于控制扫描通道 1 和滑环 4 的动作。

数据处理装置 6 基于探测装置 3 在扫描被检查物体的过程中产生的数据信号进行处理，从而重建被检查物品的 CT 图像。

图 2 示出本申请一实施例提供的探测装置 3 的结构示意图。参考图 2，探测装置 3 包括：

高能探测器组件 31，高能探测器组件 31 包括沿预定轨迹排布的多排高能探测器 311。

低能探测器组件 32，与高能探测器组件 31 层叠设置，低能探测器组件 32 包括沿预定轨迹间隔排布的多排低能探测器 321。

其中，低能探测器组件 32 设置于靠近射线源 2 的一侧，高能探测器组件 31 设置于远离射线源 2 的一侧。也就是说，射线源 2 发出的射线首先进入低能探测器 321。

继续参考图 2，高能探测器组件 31 包括沿图 2 中带箭头的虚线所示的圆弧轨迹 N 排列的面阵列高能探测器 311。其中，面阵列的高能探测器包括多排高能探测器 311，并且任意相邻两排的高能探测器 311 紧密设置。换句话说，任意相邻两排的高能探测器 311 之间的间距无限趋近于 0。可选地，面阵列的每个高能探测单元的中心可以分布在以射线源 2 的焦点为圆心的圆弧上。

可选地，多排高能探测器排布的预定轨迹为与传送方向 V 平行的直线。

图 3 示出本申请实施例提供的单排探测器的结构示意图。此处的单排探测器可以为单排的低能探测器或单排的高能探测器。如图 3 所示，单排探测器是由多个探测单元按照预定轨迹排布形成的。其中，每个探测单元独立输出一个数据。可选地，多个探测单元之间可以连续排布也可以间隔

排布。

在本申请的实施例中，每排高能探测器包括多个按预定轨迹排布的高能探测单元。参考图 2，多个高能探测单元沿图 2 中的弧形轨迹 M 排布。可选地，每排高能探测器中的多个高能探测单元可沿直线排布。

在本申请的实施例中，高能探测器中的高能探测单元的排布轨迹可以为与扫描通道的传送方向 V 大致平行的直线。也就是说，多个高能探测单元按照扫描通道的传送方向排布。高能探测器中的高能探测单元的排布轨迹也可以为以射线源的焦点为圆心的圆弧。

在本申请的实施例中，低能探测器组件 32 包括多排按图 2 中的圆弧轨迹 N 间隔排布的低能探测器 321。可选地，相邻两个低能探测器 321 之间的间距可以相等，也可以不相等。

可选地，每相邻两排低能探测器之间的间距相等。低能探测器 31 之间的间距可以是 5 至 80 毫米、10 至 70 毫米、20 至 60 毫米、30 至 50 毫米、35 至 45 毫米、36 至 40 毫米，或者 38 毫米。具体地，可根据被检查物体的需求进行设定。

其中，每排低能探测器均包括多个按预定轨迹排布的低能探测单元。参考图 2，每排低能探测器中的多个低能探测单元也沿图 2 中的弧形轨迹排布。可选地，每排低能探测器中的多个低探测单元也可以按照与传送方向 V 平行的直线排布。

在本申请的实施例中，低能探测器 321 的排数小于高能探测器 311 的排数，并且每排低能探测器 321 均覆盖一排高能探测器 321。由于低能探测器 321 的排数小于高能探测器 321 的排数，因此高能探测器组件中包括被低能探测器覆盖的高能探测器和未被低能探测器覆盖的高能探测器。

图 4 示出图 2 中探测装置的侧视图。图 5 示出图 2 中低能探测器和高能探测器的能量响应曲线。如图 4 所示，在使用 CT 系统的过程中，通过利用图 2 中的探测装置，射线源 1 发出的 X 射线有三种穿透探测装置的方式：X 射线直接进入低能探测器 321 并沉积，穿透低能探测器 321 的 X 射线再进入被低能探测器覆盖的高能探测器沉积，X 射线直接进入未被低能探测器覆盖的高能探测器并沉积。

其中，由于低能探测器 321 的排数小于高能探测器 311 的排数，因此高能探测器组件中才包括未被低能探测器覆盖的高能探测器，因此 X 射线才可以直接沉积在未被低能探测器覆盖的高能探测器。

由于每排低能探测器 321 均覆盖一排高能探测器 321，因此穿透低能探测器的射线可以沉积在被低能探测器覆盖的高能探测器。

如图 5 所示，实线代表的是低能探测器的第一能量响应曲线、虚线代表的是被低能探测器覆盖的高能探测器的第二能量响应曲线、点划线代表的是未被低能探测器覆盖的高能探测器的第三能量响应曲线。

参考图 4 和图 5，当 X 射线沉积在低能探测器后，低能探测器 321 的第一能量响应在低能段比较显著。

当 X 射线直接沉积在未被低能探测器覆盖的高能探测器时，未被低能探测器覆盖的高能探测器的第三能量响应在高能段较显著。

当 X 射线穿透低能探测器沉积在被低能探测器覆盖的高能探测器后，被低能探测器覆盖的高能探测器具有和第一能量响应不同的第二能量响应，第二能量响应是第一能量响应和第三能量响应的乘积。参见图 5，第二能量响应在低能段和高能段之间的中间能段比较显著。

继续参考图 5，对于低能探测器、被低能探测器覆盖的高能探测器以及未被低能探测器覆盖的高能探测器这三类探测器而言，每类探测器中沉积比例最大的光子的能量不同。

也就是说，低能探测器的第一能量响应的峰值对应的能量、被低能探测器覆盖的高能探测器的第二能量响应的峰值对应的能量、未被低能探测器覆盖的高能探测器的第三能量响应的峰值对应的能量依次增加。

因此，使用本申请实施例提供的探测器装置的 CT 系统可以获取被检查物体的三能投影数据。相比于双能投影图像，三能投影图像能更准确地描述被扫描材料的衰减系数函数，从而具有更强的材料分辨能力。

在本申请的实施例中，低能探测器组件和高能探测器组件之间未设置其他器件，是为了实现射线源射出的射线可以直接在未被低能探测器覆盖的高能探测器沉积，并实现在被低能探测器覆盖的高能探测器上沉积，从而实现利用两层探测器组件得到三能投影数据，以提高对材料的分辨能

力。

作为一个示例，对于两种不同的材料 A 和材料 B，其中材料 A 的衰减系数函数存在 K-edge 跳变，而材料 B 的衰减系数函数不存在 K-edge 跳变，但整体上与材料 A 的衰减系数函数相近。其中，K-edge 是原子 K 层电子的结合能。当光子能量超过 K-edge 时，原子 K 层电子与光子作用将发生光电效应，原子的衰减系数函数将产生跳变。

由于 X 射线能谱存在较明显的能量展宽，从双能投影数据重建出的材料 A 的衰减系数是材料 A 的衰减系数函数在 X 射线能谱上的一种平均，即等效衰减系数，它与重建出的材料 B 的等效衰减系数很接近，即无法从双能投影数据分辨材料 A 和材料 B。

本申请实施例提供的探测装置可以提供三能投影数据，三能投影数据可以给出三个不同能谱下的等效衰减系数，相比于双能等效衰减系数，多出一维数据用来体现 K-edge 跳变是否存在，从而能区分材料 A 和材料 B，即提高了对材料的分辨能力。

在本申请的实施例中，将低能探测器组件 32 设置于靠近射线源 2 的一侧，而未将高能探测器组件 31 设置于靠近射线源 2 的一侧，是为了实现射线源发出的射线可以穿透低能探测器组件，从而进入被低能探测器覆盖的高能探测器，进而得到具有第二能量响应的投影数据。

若将高能探测器组件 31 设置于靠近射线源 2 的一侧，而将低能探测器组件 32 设置于远离射线源 2 的一侧，则无法获取三能投影数据。一般地，高能探测器的厚度较大，因此射线中的全部光子将在高能探测器中全部沉积。若将高能探测器组件 31 设置于靠近射线源 2 的一侧，则会导致被高能探测器覆盖的低能探测器中没有光子射入，从而只能获取双能投影数据。

高能探测器中的探测晶体一般较厚，因此设置于远离射线源 2 一侧的高能探测器组件可以完全吸收射线源发射的 X 射线光子，因此本申请实施例中的探测装置的探测效率高、图像噪声较小且穿透力强。

在本申请的实施例中，被低能探测器覆盖的高能探测器具有第二能量响应，而未被低能探测器覆盖的高能探测器具有第三能量响应。为了进一

步提高被检查物体的图像质量，以及提高高能探测器组件中具有第三能量响应的投影数据的均匀性和准确性，可对高能探测器组件中的高能探测单元进行标定或校准。

作为一个示例，首先获取未被低能探测器覆盖时，高能探测器中多个高能探测单元分别输出的第一数据；然后将低能探测器覆盖在高能探测器上，以获取被低能探测器覆盖时，高能探测器中的多个高能探测单元分别输出的第二数据，以及和低能探测器中多个低能探测单元分别输出的第三数据。然后，根据多个第一数据、多个第二数据和多个第三数据，建立第一数据与第二数据和第三数据的关系。

作为一个具体示例，以第一数据作为自变量，第二数据和第三数据作为因变量，建立第一数据与第二数据、第三数据之间的关系，从而求取当利用第二数据和第三数据加权求和估计第一数据时，第二数据所对应的权重和第三数据所对应的权重。

对于探测装置中，被低能探测器覆盖的高能探测器中的每个高能探测单元，根据预先标定的第二数据的权重和第三数据的权重，将覆盖高能探测单元的低能探测单元的第三数据和该高能探测单元的第二数据进行加权求和，估计出被低能探测器覆盖的高能探测器中每个高能探测单元，在未被低能探测器覆盖时的估计投影数据。

然后，将被低能探测器覆盖的高能探测器中每个高能探测单元所对应的估计投影数据，与其他未被低能探测器覆盖的高能探测器中的高能探测单元输出的投影数据相结合，从而构成只具有第三能量响应的高能探测器的投影数据，进而给出被检查物体的单能三维重建结果。

通过提高高能探测器组件中高能探测器输出数据的一致性，可以得到被检查物体的更多数据，提高了数据的均匀性和图像质量，从而进一步提高对材料的分辨率。

图 6 示出本申请另一实施例提供的探测装置的侧视图。图 6 中示出的探测装置与图 2 中所示的探测装置的不同之处在于：

高能探测器组件中的多排高能探测器沿预定轨迹间隔排布。

其中，对于任意两排高能探测器之间的间距可以相等，也可以不等。

可选地，为了保持高能探测器输出的数据在空间上的均匀性和图像质量，可使任意相邻两排高能探测器之间具有相等的间距。

在本申请的实施例中，若每相邻两排低能探测器之间的间距相等，且每相邻两排高能探测器之间的间距也相等，为了保证高能探测器组件中包括未被低能探测器覆盖的高能探测器，则低能探测器的排间距大于高能探测器的排间距。

在本申请的实施例中，为了保持数据的均匀性和图像质量，任意相邻两排被低能探测器覆盖的高能探测器之间，设置有至少一排未被低能探测器覆盖的高能探测器。

具体地，被低能探测器覆盖的高能探测器，与未被低能探测器覆盖的高能探测器按预定轨迹交替排布，以保证具有第二能量响应的投影数据和具有第三能量响应的投影数据均匀分布，从而提高被检测物体的图像质量，以进一步提高对材料的分辨能力。

本申请实施例还提供一种探测装置，该探测装置包括：

层叠设置的第一层探测器组件、第二层探测器组件、……、第 N 层探测器组件， N 为大于 2 的整数。

其中，第一层探测器组件包括沿预定轨迹排布的多排第一探测器，第二层探测器组件包括沿预定轨迹间隔排布的多排第二探测器，……，第 N 层探测器组件包括沿预定轨迹间隔排布的多排第 N 探测器。

第一探测器的能量响应峰值对应的能量、第二探测器的能量响应峰值对应的能量、……、第 N 探测器的能量响应峰值对应的能量依次减小；

第 $k+1$ 层探测器组件中探测器的排数小于第 k 层探测器组件中探测器的排数， $k=1, 2, \dots, N-1$ 。

第 $k+1$ 层探测器组件中的每排探测器均覆盖第 k 层探测器组件中的一排探测器。

作为一个示例，图 7 示出当 $N=3$ 时探测装置的侧视图。通过设置多层探测器组件，可以获取被检查物体的四能及四能以上的多能投影数据，从而更进一步提高对材料的分辨率。

根据本申请实施例提供的包括三层及三层以上的探测器组件的探测装

置与结合图 2 至图 6 的包括两层探测器组件的探测装置相类似，在此将不再赘述。

虽然已经参考优选实施例对本申请进行了描述，但在不脱离本申请的范围的情况下，可以对其进行各种改进并且可以用等效物替换其中的部件。尤其是，只要不存在结构冲突，各个实施例中所提到的各项技术特征均可以任意方式组合起来。本申请并不局限于文中公开的特定实施例，而是包括落入权利要求的范围内的所有技术方案。

权 利 要 求 书

1、一种用于 CT 系统的探测装置，其中，所述装置包括：

高能探测器组件，所述高能探测器组件包括沿预定轨迹排布的多排高能探测器；

低能探测器组件，与所述高能探测器组件层叠设置，所述低能探测器组件包括沿所述预定轨迹间隔排布的多排低能探测器；

其中，所述低能探测器的排数小于所述高能探测器的排数；

每排所述低能探测器均覆盖一排所述高能探测器。

2、根据权利要求 1 所述装置，其中，任意相邻两排所述高能探测器紧密设置。

3、根据权利要求 1 所述装置，其中，所述多排高能探测器沿所述预定轨迹间隔排布。

4、根据权利要求 1 所述的装置，其中，任意相邻两排所述高能探测器之间均具有第一预设间距。

5、根据权利要求 1 所述的装置，其中，被所述低能探测器覆盖的任意相邻两排所述高能探测器之间，设置有至少一排未被所述低能探测器覆盖的所述高能探测器。

6、根据权利要求 1 所述的装置，其中，被所述低能探测器覆盖的所述高能探测器，与未被所述低能探测器覆盖的所述高能探测器按所述预定轨迹交替排布。

7、根据权利要求 1 所述的装置，其中，任意相邻两排所述低能探测器之间均具有第二预设间距。

8、根据权利要求 7 所述的装置，其中，所述第二预设间距为 5 至 80 毫米；或，

所述第二预设间距为 30 至 50 毫米。

9、根据权利要求 1 所述的装置，其中，所述预定轨迹为圆弧。

10、一种用于 CT 系统的探测装置，其中，所述装置包括：

层叠设置的第一层探测器组件、第二层探测器组件、.....、第 N 层探测器组件，所述 N 为大于 2 的整数；

其中，所述第一层探测器组件包括沿预定轨迹排布的多排第一探测器，所述第二层探测器组件包括沿所述预定轨迹间隔排布的多排第二探测器，.....，所述第 N 层探测器组件包括沿所述预定轨迹间隔排布的多排第 N 探测器；

所述第一探测器的能量响应峰值对应的能量、所述第二探测器的能量响应峰值对应的能量、.....、所述第 N 探测器的能量响应峰值对应的能量依次减小；

第 $k+1$ 层探测器组件中探测器的排数小于第 k 层探测器组件中探测器的排数， $k=1, 2, \dots, N-1$ ；

所述第 $k+1$ 层探测器组件中的每排探测器均覆盖所述第 k 层探测器组件中的一排探测器。

11、一种 CT 系统，其中，所述系统包括：

扫描通道，用于被检查物体进出所述 CT 系统；

滑环，用于围绕所述扫描通道旋转；

与所述滑环连接的射线源；以及

与所述射线源相对设置并连接在所述滑环上的探测装置，所述探测装置是如权利要求 1-10 任意一项所述的装置。

12、根据权利要求 11 所述的系统，其中，所述系统还包括：

数据处理模块，用于基于所述探测装置输出的数据信号重建所述被检查物体的 CT 图像。