

射线扫描设备

相关申请的交叉引用

本申请要求享有于 2021 年 07 月 07 日提交的名称为“射线扫描设备”的中国专利申请 202110769674.8 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

本申请属于数据辐射成像领域，尤其涉及一种射线扫描设备。

背景技术

现有静态计算机断层扫描（Computed Tomography, CT）（技术（分布式多点源）或多视角（单点源）安检设备通常将多个不同的视角排布在垂直或倾斜于被检测物体输送方向的不同的平面内，或者将所有射线源集中在单个环形或矩形的封闭腔体中。探测器阵列的晶体大多与射线源的射线束中心面垂直，同一组探测器阵列只对应一组分布式多点源或者一个单点源。

相关技术中还存在双环结构设计的静态 CT，其模拟滑环 CT 的工作原理，将射线源与探测器排布在两个不同的圆环上，射线源圆环与探测器圆环沿被检物体输送方向相隔一定间距。

发明内容

本申请的实施例提供了一种射线扫描设备，其能够解决多个射线源集中在单个环形封闭腔体内导致的可靠性和维护性差的问题，同时，探测器的每个探测器组可以为多个射线源模块所共用，从而降低设备成本，此外，还能够在尽量缩短光路覆盖范围的情况下使探测器方便更换或维护，并且，同时能够减小射线束中心与探测器表面之间的倾角，提高图像质量。

第一方面，本申请的实施例提供了一种射线扫描设备，其包括：传送装置，其运送被检测物体通过射线扫描设备的扫描区域；射线源，其包括多个射线源模块，每个射线源模块包括发射射线束的至少一个射线源点，多个射线源模块在传送装置上方围绕扫描区域布置，并且固定在垂直于被检测物体的输送方向的平面内；以及探测器，其用于检测在扫描期间传输通过被检测物体的射线并且包括多个探测器组，多个探测器组的端部相互连接以围绕扫描区域布置，并且多个探测器组固定在垂直于被检测物体的输送方向的平面内；其中，探测器沿被检测物体的输送方向的垂直方向位于射线源和扫描区域之间，射线源和探测器布置成沿被检测物体的输送方向至少部分重叠，并且多个射线源模块可相互独立地拆卸和安装。

在根据该实施例的射线扫描设备中，仅在传送装置上方围绕扫描区域布置射线源模块，在传送装置下方不布置射线源模块，探测器围绕扫描区域布置，这样的射线扫描设备可降低传送装置的高度，方便被检测物体到射线扫描设备的传送装置的转移，并且能够在保证图像质量的同时降低制造成本。

根据一些实施例，射线源模块为分布式多点源，多个射线源模块围绕扫描区域构成在传送装置下方开口的非封闭结构。

根据一些实施例，多个射线源模块的各个为直线分布式多点源，多个直线分布式多点源布置在扫描区域的上侧、左侧和右侧，其中多个直线分布式多点源的端部直接连接或间隔布置。

根据一些实施例，多个射线源模块包括多个第一分布式多点源和多个第二分布式多点源，多个第一分布式多点源与多个第二分布式多点源交替布置，且端部之间直接连接或间隔设置。

根据一些实施例，第一分布式多点源是直线分布式多点源，第二分布式多点源是长度比第一分布式多点源短的直线分布式多点源或弧形分布式多点源。

根据一些实施例，多个射线源模块的各个是单点源组，多个单点源组至少布置在传送装置上方的左侧视角、右侧视角、顶视角和角落斜视角上，并且每个单点源组包括至少两个单点源。

根据一些实施例，每个射线源模块具有单独的腔体以用于容纳各自的射线发生装置。

根据一些实施例，每个射线源模块的单独腔体设置有安装定位结构，安装定位结构用于对射线源模块进行安装和定位，并且用于转动射线源模块以调节射线束的出束角度。

根据一些实施例，每个探测器组是包括多个探测器单元的探测器阵列，多个探测器组布置成围绕扫描区域的封闭的方形结构、矩形结构、多边形结构或椭圆形结构。

根据一些实施例，每个探测器组是直线探测器阵列，探测器包括四个直线探测器阵列，四个直线探测器阵列布置在扫描区域的上下左右四侧，形成矩形或方形结构。

根据一些实施例，每个探测器组是直线探测器阵列，探测器包括多个第一直线探测器阵列和多个第二直线探测器阵列，第二直线探测器阵列比第一直线探测器阵列短，第一直线探测器阵列和第二直线探测器阵列环绕扫描区域交替布置以形成多边形结构。

根据一些实施例，探测器的各个探测器组是可相互独立地拆卸和安装的。

根据一些实施例，探测器的各个探测器组构造成沿被检测物体的输送方向移动以拆卸和安装。

根据一些实施例，探测器的各个探测器组构造成一部分探测器组沿被检测物体的输送方向移动以拆卸和安装，另一部分探测器组沿被检测物体的输送方向的垂直方向移动以拆卸和安装。

根据一些实施例，探测器的各个探测器组包括探测器臂，射线扫描设备包括相对于射线扫描设备的安装平台固定的支撑框架，探测器组经由探测器臂沿被检测物体的输送方向或被检测物体的输送方向的垂直方向移动以安装到支撑框架或从支撑框架拆卸。

根据一些实施例，探测器的各个探测器组被构造成避开同侧射线源模块的射线束并且接收除了同侧射线源模块之外的其余所有侧射线源模块的射线。

根据一些实施例，探测器组的每个探测器单元包括用于接收在扫描期间传输通过被检测物体的射线的探测器晶体，探测器晶体布置在探测器单元的沿被检测物体的输送方向的端部，并且布置成在被检测物体的输送方向上紧邻同侧射线源模块的射线束边缘，但不遮挡射线束。

根据一些实施例，射线源的各个射线源模块布置成使得射线束避开同侧探测器组并且照射相对侧的探测器组的探测器晶体。

根据一些实施例，各个射线源模块构造成绕靶轴转动以使得射线束的中心位置照射相对侧的探测器组的探测器晶体。

根据一些实施例，射线扫描设备还包括图像处理模块，图像处理模块配置成针对射线源模块的端部处的投影数据缺失进行数据补偿和/或重建图像修复以得到完整重建图像。

根据一些实施例，图像处理模块构造成通过迭代方法、图像阙修复方法或者两者的组合来进行图像重建。

第二方面，本申请的实施例还提供了一种射线扫描设备，包括：传送装置，其运送被检测物体通过射线扫描设备的扫描区域；射线源，其包括多个射线源模块，每个射线源模块包括发射射线束的至少一个射线源点，多个射线源模块以在扫描区域的左侧或右侧开口的非封闭结构围绕扫描区域布置，并且固定在垂直于被检测物体的输送方向的平面内；以及探测器，其用于检测在扫描期间传输通过被检测物体的射线并且包括多个探测器组，多个探测器组的端部相互连接以围绕扫描区域布置，并且多个探测器组固定在垂直于被检测物体的输送方向的平面内，其中，探测器沿被检测物体的输送方向的垂直方向位于射线源和扫描区域之间，射线源和探测器布置成沿被检测物体的输送方向至少部分重叠，并且多个射线源模块可相互独立地拆卸和安装。

在根据本实施例的射线扫描设备中，射线源模块在扫描区域的上侧、下侧和左侧或右侧上环绕扫描区域布置，探测器围绕扫描区域布置，这样的射线扫描设备适用于检测机场手提行李，利用机场手提行李宽度大厚度小的特点，考虑行李物品自遮挡和射线衰减对投影数据的影响，可以在保证高图像质量的同时降低制造成本。

根据一些实施例，射线源模块为分布式多点源，多个射线源模块围绕扫描区域构成在扫描区域的左侧或右侧开口的非封闭结构。

根据一些实施例，多个射线源模块的各个为直线分布式多点源，多个直线分布式多点源分别布置在扫描区域的上侧、下侧以及左侧或右侧，以构成在扫描区域的左侧或右侧开口的非封闭结构，其中多个直线分布式多点源的端部直接连接或间隔布置。

根据一些实施例，多个射线源模块包括多个第一分布式多点源和多个第二分布式多点源，多个第一分布式多点源与多个第二分布式多点源交替布置，且端部之间直接连接或间隔设置。

根据一些实施例，第一分布式多点源是直线分布式多点源，第二分布式多点源是长度比第一分布式多点源短的直线分布式多点源或弧形分布式多点源。

根据一些实施例，多个射线源模块的各个是单点源组，多个单点源组至少布置在扫描区域的顶视角、底视角、左侧视角或右侧视角和至少部分角落斜视角上，并且每个单点源组至少包括两个单点源。

根据一些实施例，每个射线源模块具有单独的腔体以用于容纳各自的射线发生装置。

根据一些实施例，每个射线源模块的腔体包括用于容纳多个靶点的单独的真空腔。

根据一些实施例，每个射线源模块内的靶点之间的间距小于相邻射线源模块在端部处的靶点之间的间距。

根据一些实施例，每个射线源模块的单独腔体设置有安装定位结构，安装定位结构用于对射线源模块进行安装和定位，并且用于转动射线源模块以调节射线束的出束角度。

根据一些实施例，每个探测器组是包括多个探测器单元的探测器阵列，多个探测器组布置成围绕扫描区域的封闭的方形结构、矩形结构、多边形结构或椭圆形结构。

根据一些实施例，每个探测器组是直线探测器阵列，探测器包括四个直线探测器阵列，四个直线探测器阵列布置在扫描区域的上下左右四侧，

形成矩形或方形结构。

根据一些实施例，每个探测器组是直线探测器阵列，探测器包括多个第一直线探测器阵列和多个第二直线探测器阵列，第二直线探测器阵列比第一直线探测器阵列短，多个第一直线探测器阵列和多个第二直线探测器阵列环绕扫描区域交替布置以形成多边形结构。

根据一些实施例，探测器的各个探测器组是可相互独立地拆卸和安装的。

根据一些实施例，在扫描区域的上侧和下侧以及射线源结构开口处的探测器组构造成垂直于被检测物体的输送方向移动以拆卸和安装，在射线源结构开口的相对侧的探测器组构造成沿被检测物体的输送方向移动以拆卸和安装。

根据一些实施例，探测器的各个探测器组包括探测器臂，射线扫描设备包括相对于射线扫描设备的安装平台固定的支撑框架，探测器组经由探测器臂安装到支撑框架或从支撑框架拆卸。

根据一些实施例，探测器的各个探测器组被构造成避开同侧射线源模块的射线束并且接收除了同侧射线源模块之外的其余所有侧射线源模块的射线。

根据一些实施例，探测器组的每个探测器单元包括用于接收在扫描期间传输通过被检测物体的射线的探测器晶体，探测器晶体布置在探测器单元的沿被检测物体的输送方向的端部，并且布置成在被检测物体的输送方向上紧邻同侧射线源模块的射线束边缘，但不遮挡射线束。

根据一些实施例，射线源的各个射线源模块布置成使得射线束避开同侧探测器组并且照射相对侧的探测器组的探测器晶体。

根据一些实施例，各个射线源模块构造成绕靶轴旋转以使得射线束的中心位置照射相对侧的探测器组的探测器晶体。

根据一些实施例，射线扫描设备还包括图像处理模块，图像处理模块配置成针对射线源模块的端部处的投影数据缺失进行数据补偿和/或重建图像修复以得到完整重建图像。

根据一些实施例，图像处理模块构造成通过迭代方法、图像阙修复方

法或者两者的组合来进行图像重建。

第三方面，本申请的实施例还提供了一种射线扫描设备，其包括传送装置，其运送被检测物体通过射线扫描设备的扫描区域；射线源，其包括多个射线源模块，每个射线源模块包括发射射线束的至少一个射线源点，并且沿被检测物体的输送方向观察，多个射线源模块以在扫描区域的一侧开口的非封闭结构围绕扫描区域布置；以及探测器，其用于检测在扫描期间传输通过被检测物体的射线并且包括多个探测器组，沿被检测物体的输送方向观察，多个探测器组的端部相互连接并且以在扫描区域的一侧开口的非封闭结构围绕扫描区域布置，其中，射线源的非封闭结构的开口和探测器的非封闭结构的开口相对设置，并且探测器的多个探测器组固定在垂直于被检测物体的输送方向的同一平面内，并且射线源的多个射线源模块布置在垂直于被检测物体的输送方向的多个不同平面内。

在根据本实施例的射线扫描设备中，射线源和探测器均仅在三侧上围绕扫描区域，相对于在四侧上（可以是射线源和探测器其中一者或两者）围绕扫描区域的情况，可以获取足够的数据来进行图像重建，还可以降低设备成本，减小设备重量，从而可提供轻型化射线扫描设备。

根据一些实施例，射线源位于探测器的非封闭结构的开口一侧的射线源模块与探测器的多个探测器组固定在垂直于被检测物体的输送方向的同一平面内，射线源的其他射线源模块固定在垂直于被检测物体的输送方向的其他平面内。

根据一些实施例，射线源的其他射线源模块固定在垂直于被检测物体的输送方向的其他同一平面内。

根据一些实施例，多个射线源模块可相互独立地拆卸和安装。

根据一些实施例，多个射线源模块的各个为分布式多点源，沿被检测物体的输送方向观察，多个分布式多点源分别布置在扫描区域的三侧，以构成围绕扫描区域的一侧开口的非封闭结构。

根据一些实施例，分布式多点源呈直线、弧线、折线形状或其任意组合，以使得射线源从被检测物体的输送方向观察呈在扫描区域的一侧开口的直角矩形、圆角矩形、多边形或椭圆形结构。

根据一些实施例，多个射线源模块的各个是单点源组，每个单点源组至少包括两个单点源。

根据一些实施例，每个射线源模块具有单独的腔体以用于容纳各自的射线发生装置。

根据一些实施例，每个射线源模块的腔体包括用于容纳多个靶点的单独的真空腔。

根据一些实施例，每个射线源模块内的靶点之间的间距小于相邻射线源模块在端部处的靶点之间的间距。

根据一些实施例，每个射线源模块的单独腔体设置有安装定位结构，安装定位结构用于对射线源模块进行安装和定位，并且用于转动射线源模块以调节射线束的出束角度。

根据一些实施例，每个探测器组是包括多个探测器单元的探测器阵列，探测器阵列包括直线探测器阵列、弧形探测器阵列，或者两者的组合。

根据一些实施例，每个探测器组是直线探测器阵列，探测器包括三个直线探测器阵列，三个直线探测器阵列分别布置在扫描区域的三侧，形成在扫描区域的一侧开口的矩形或方形结构。

根据一些实施例，每个探测器组是直线探测器阵列，探测器包括多个第一直线探测器阵列和多个第二直线探测器阵列，第二直线探测器阵列比第一直线探测器阵列短，多个第一直线探测器阵列和多个第二直线探测器阵列环绕扫描区域交替布置以形成在扫描区域一侧开口的多边形结构。

根据一些实施例，探测器的各个探测器组是可相互独立地拆卸和安装的。

根据一些实施例，探测器的探测器组构造成垂直于或者平行于被检测物体的输送方向移动以拆卸和安装。

根据一些实施例，探测器的各个探测器组包括探测器臂，射线扫描设备包括相对于射线扫描设备的安装平台固定的支撑框架，探测器组经由探测器臂安装到支撑框架或从支撑框架拆卸。

根据一些实施例，从被检测物体的输送方向观察，探测器布置在射线源与扫描区域之间；并且沿被检测物体的输送方向，其他射线源模块与同

侧探测器组至少部分重叠。

根据一些实施例，探测器的与其他射线源模块同侧的探测器组被构造成避开同侧射线源模块的射线束并且接收除了同侧射线源模块之外的其余所有侧射线源模块的射线。

根据一些实施例，探测器组的每个探测器单元包括用于接收在扫描期间传输通过被检测物体的射线的探测器晶体，并且探测器晶体布置在探测器单元的沿被检测物体的输送方向的端部，以及探测器的与其他射线源模块同侧的探测器组的探测器晶体布置成在被检测物体的输送方向上紧邻同侧射线源模块的射线束边缘，但不遮挡射线束。

根据一些实施例，射线源的其他射线源模块布置成使得射线束避开同侧探测器组并且照射相对侧的探测器组的探测器晶体。

根据一些实施例，其他射线源模块构造成绕靶轴旋转以使得射线束的中心位置照射相对侧的探测器组的探测器晶体。

根据一些实施例，射线扫描设备，还包括图像处理模块，图像处理模块配置成针对射线源模块的端部处的投影数据缺失进行数据补偿和/或重建图像修复以得到完整重建图像。

根据一些实施例，图像处理模块构造成通过迭代方法、图像阙修复方法或者两者的组合来进行图像重建。

第四方面，本申请的实施例提供了一种射线扫描设备的射线源的安装定位结构，射线扫描设备包括射线源以及固定设置的支撑框架，安装定位结构包括主体，主体能够固定连接到射线源和支撑框架，使得射线源能够通过主体固定安装到支撑框架上，安装定位结构还包括：移动装置，射线源能够通过移动装置在第一平面上被移动到预定安装位置；第一定位装置，其用于在第一平面上对射线源进行定位；升降装置，其用于沿第一方向调节射线源的位置，其中第一方向垂直于第一平面；以及第二定位装置，其用于在第一方向上固定射线源的位置。

利用根据上述实施例的安装定位结构，射线源的各个射线源模块可单独拆卸和安装，还能够调节射线源模块的出束角度。

根据一些实施例，移动装置包括设置在射线源的沿长度方向的两端的滚轮。

根据一些实施例，第一定位装置包括第一定位销以及设置在主体和支撑框架上的对应于第一定位销的第一销孔。

根据一些实施例，升降装置设置在射线源的沿长度方向的两端，其中一端的升降装置形成为可升降滚轮，另一端的升降装置形成为起升顶丝。

根据一些实施例，第二定位装置形成为定位垫块，定位垫块在射线源通过升降装置被调节到沿第一方向的预定位置之后放置在主体的下方。

根据一些实施例，安装定位结构还包括：调节装置，其用于沿预定轴线旋转射线源以调节射线源的出束角度。

根据一些实施例，射线源上设置有安装轴，主体上设置有对应的轴孔，主体通过轴孔安装在射线源的安装轴上；定位安装结构还包括定位件和紧固件，主体通过定位件以及轴孔与安装轴的配合相对于射线源定位，并且通过紧固件固定连接到射线源；调节装置包括转动驱动装置，转动驱动装置能够在定位件和紧固件松开的情況下驱动射线源绕安装轴转动。

根据一些实施例，转动驱动装置包括固定在射线源上的调节块以及设置在主体上的与调节块相抵靠的顶丝，顶丝能够被旋转以推动调节块移动从而使射线源转动。

根据一些实施例，定位件包括第二定位销以及形成在主体和射线源上的对应的第二销孔，并且紧固件包括固定螺栓以及形成在主体和射线源上的对应的螺纹孔。

根据一些实施例，还提供了一种射线扫描设备，其包括射线源以及固定设置的支撑框架，射线源经由如上任意实施例的安装定位结构固定安装到支撑框架上。

根据一些实施例，射线扫描设备通过安装定位结构使射线源转动以调节射线源的出束角度。

第五方面，本申请的实施例还提供了一种用于射线扫描设备的探测器的安装固定结构，射线扫描设备包括探测器和固定设置的支撑框架，探测器包括一个或多个探测器组，探测器组经由安装固定结构固定安装到支撑

框架上或从支撑框架上拆卸，安装固定结构包括：第一安装部，其固定设置在探测器组上；第二安装部，其固定设置在支撑框架上并且能够与第一安装部直线移动配合，探测器组在第一安装部与第二安装部相互配合的状态下能够沿第二安装部移动到预定安装位置；以及固定装置，其设置在探测器组的沿宽度方向的一侧，用于相对于支撑框架上的安装基准面固定探测器组。

利用根据上述实施例的安装固定结构，探测器的各个探测器组可单独拆卸和安装，能够在布置在射线源模块内侧的情况下不需要拆卸射线源模块即可拆装和维护，提高了探测器组的拆装和维护的便利性。

根据一些实施例，第二安装部还配置成在与第一安装部相配合的状态下将探测器组支撑在预定安装位置处。

根据一些实施例，第一安装部包括滑块，滑块沿探测器组的长度方向延伸，并且第二安装部包括与滑块相配合的固定导轨。

根据一些实施例，固定装置包括紧固件以及设置在支撑框架上的定位件，定位件的远离支撑框架的端面形成为安装基准面，用于抵靠探测器组的沿宽度方向的一侧的表面，紧固件穿过定位件并且相对于定位件的端面紧固探测器组。

根据一些实施例，滑块设置在探测器组的沿宽度方向相对的两侧，并且具有从探测器组的沿宽度方向相对的两侧的边缘向内延伸的内延部；固定导轨包括在沿宽度方向相对的两侧上向外延伸的外延部；在第一安装部与第二安装部配合的状态下，滑块的内延部位于固定导轨的外延部的上方并且两者接触且重叠布置，以将探测器组悬挂在固定导轨上。

根据一些实施例，固定导轨在滑块的下方支撑滑块。

根据一些实施例，第一安装部形成为沿探测器组的宽度方向延伸的滑槽，并且第二安装部形成为与滑槽相配合的滑杆。

根据一些实施例，滑杆的靠近支撑框架的一端形成有凸部，凸部的朝向探测器组的表面形成为安装基准面，用于抵靠探测器组的沿宽度方向的另一侧的表面。

根据一些实施例，固定装置设置在滑杆的与凸部相对的另一端，并且

布置成与凸部分别抵靠探测器组的宽度方向的两侧。

根据一些实施例，固定装置包括定位套和紧固件，定位套套设在滑杆的另一端上并且抵靠探测器的沿宽度方向的一侧，并且紧固件用于将定位套固定到滑杆的另一端上。

根据一些实施例，第二安装部包括两个滑杆，第一安装部包括形成在探测器组的沿长度方向的两端处的两个滑槽，两个滑杆与两个滑槽分别相互配合以将探测器组在预定安装位置处。

根据一些实施例，第一安装部形成固定安装在探测器组的沿宽度方向的一侧上的固定块，固定块具有朝向探测器组的厚度方向的一侧的开口；第二安装部形成固定安装在支撑框架上的悬臂部，悬臂部的远离支撑框架的端部上设置有延伸部，延伸部能够与固定块的开口直线移动配合。

根据一些实施例，固定装置包括设置在支撑框架上的固定件和紧固件，固定件的远离支撑框架的端面形成安装基准面，用于抵靠探测器组的沿宽度方向的一侧的表面，并且紧固件用于相对于固定件的端面紧固探测器组。

根据一些实施例，在第一安装部与第二安装部配合的状态下，悬臂部通过固定块将探测器组支撑在预定安装位置处。

根据一些实施例，还提供了一种射线扫描设备，其包括探测器以及固定设置的支撑框架，探测器包括一个或多个探测器组，探测器组通过如上任意实施例的安装固定结构安装固定到支撑框架上或者从支撑框架上拆除。

根据一些实施例，探测器组的宽度方向平行于被检测物体的输送方向，探测器组的长度方向和厚度方向垂直于被检测物体的输送方向，被检测物体的输送方向是被检测物体被输送通过射线扫描设备的扫描区域的方向。

根据一些实施例，在探测器包括多个探测器组的情况下，用于多个探测器组的各个的安装基准面位于垂直于被检测物体的输送方向的同一平面内。

根据一些实施例，第一安装部相对于第二安装部直线移动的方向平行或垂直于被检测物体的输送方向。

本申请的其他特征和技术优势将在下面参考附图和其他实施例的详细

描述中更加清楚明白。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例或相关技术中的技术方案，下面将对实施例或相关技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 示出了根据本申请一些实施例提供的一种射线扫描设备的结构示意图；

图 2 示出了根据图 1 所示的射线扫描设备的射线源和探测器的具体结构示意图；

图 3 示出了根据本申请一些实施例提供的射线源的射线束形状示意图；

图 4 示出了根据本申请一些实施例提供的以靶点形式示出的射线源分布示意图；

图 5 根据本申请一些实施例提供的射线源模块的安装定位结构的示意图；

图 6 是根据本申请一些实施例的探测器的分布示意图；

图 7 是根据本申请一些实施例的直线探测器组的结构示意图；

图 8 是根据本申请一些实施例的探测器单元的结构示意图；

图 9 是根据本申请一些实施例的探测器组的安装固定结构示意图；

图 10 是根据本申请一些实施例的射线源模块与接收其射线的探测器组的对应关系示意图；

图 11 是根据本申请一些实施例的图 1 所示的射线扫描设备的沿被检测物体的输送方向的中心线的截面结构示意图；

图 12 是根据本申请一些实施例的探测器与射线源的布局的俯视示意图；

图 13 是根据本申请一些实施例的探测器和射线源的组合示意图；

图 14 是根据本申请一些实施例的在图 13 所示的探测器和射线源的组合中探测器组的拆卸方向示意图；

图 15 是根据本申请一些实施例的适于探测器组的安装固定结构；

图 16 是根据本申请另一些实施例的适于探测器组的安装固定结构；

图 17 是根据本申请又一些实施例的适于探测器组的安装固定结构；

图 18 是根据本申请一些实施例的射线扫描设备的射线源和探测器的布置示意图；

图 19 是根据本申请一些实施例的射线扫描设备的射线源和探测器布局的立体示意图；

图 20 是图 19 所示射线扫描设备的射线源和探测器布局的沿 Z 轴方向观察的侧视图；

图 21 是图 19 所示射线扫描设备的射线源和探测器布局的俯视示意图；

图 22 是根据本申请一些实施例的射线扫描设备的射线源的单点源的分布示意图；

图 23 是根据本申请一些实施例的射线扫描设备的探测器的结构示意图；以及

图 24 是根据本申请一些实施例的探测器的拆装方向示意图。

具体实施方式

下面将详细描述本申请的各个方面的特征和示例性实施例，为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及具体实施例，对本申请进行进一步详细描述。应理解，此处所描述的具体实施例仅意在解释本申请，而不是限定本申请。对于本领域技术人员来说，本申请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申请的示例来提供对本申请更好的理解。

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。

上述背景技术部分的静态 CT（分布式多点源）或者多视角（单点源）设备通常包含多个平面光路，多个平面光路沿着设备的长度方向（即，被检测物体的输送方向）排布。该排布方式导致静态 CT（分布式多点源）或者多视角（单点源）设备整机光路覆盖范围长，不利于缩短整机长度，不利于减小整机重量。

此外，在如上所述布局的设备中，一组探测器阵列只对应一组分布式多点源或者一个单点源，从而增加整机探测器阵列的数量，不利于降低整机设备成本。

在如上所述布局的设备中，将所有射线源集中在单个环形或矩形的封闭腔体中，会增加设备的复杂程度，降低设备的可靠性，尤其是对于需要保持高真空度的设备更是如此；另外，射线源的可维护性也较差。

此外，在如上所述的双环结构设计的静态 CT 中，虽然射线源圆环与探测器圆环的排布能确保单个探测器被多个射线源共用，但其仍未解决将射线源集中在单个环形封闭腔体内导致的可靠性以及可维护性较差的问题。同时，如果射线源圆环与探测器圆环之间距离排布太近，探测器只能从圆环内侧更换或维护，探测器的可维护性也较差。如果射线源圆环与探测器圆环之间距离排布足够大，能使探测器从圆环外侧更换或维护，这样的布置又会增大光路覆盖范围，导致增加设备长度，同时射线束中心与探测器晶体表面之间存在倾角，射线束斜射探测器晶体，影响图像质量。

为了解决上述各种技术问题，本申请的实施例提供了一种射线扫描设备，其包括：传送装置，其运送被检测物体通过射线扫描设备的扫描区域；射线源，其包括多个射线源模块，每个射线源模块包括发射射线束的至少一个射线源点，多个射线源模块围绕扫描区域布置，并且固定在垂直于被检测物体的输送方向的平面内；以及探测器，其用于检测在扫描期间传输通过被检测物体的射线并且包括多个探测器组，多个探测器组的端部相互连接以围绕扫描区域布置，多个探测器组固定在垂直于被检测物体的输送

方向的平面内；其中，探测器沿被检测物体的输送方向的垂直方向位于射线源和扫描区域之间，射线源和探测器布置成沿被检测物体的输送方向至少部分重叠，并且多个射线源模块可相互独立地拆卸和安装。

根据本申请实施例的射线扫描设备，射线源由多个射线源模块围绕扫描区域布置而形成，且多个射线源模块可相互独立地拆卸和安装，即，各个射线源模块具有单独的腔体以容纳各自的射线发生装置。相对于一体式环绕扫描区域的射线源，本申请的由多个射线源模块组合形成的射线源可以缩小单个射线源模块的外壳尺寸以及内部真空腔体的体积，使得单个射线源模块体积小、重量轻，从而方便射线源的拆卸和安装；另外，单个射线源模块的多个靶点可采用单独的真空腔体，因此能够降低维护射线源时腔内打火的风险。

根据本申请的一些实施例，每个射线源模块的单独腔体设置有安装定位结构，安装定位结构用于将射线源模块固定在射线扫描设备中的相对位置，例如相对于支撑框架定位射线源模块，还用于绕预定轴线转动射线源模块以调节射线束的出束角度。此外，利用该安装定位结构，可以确定各个射线源模块的位置，从而可确保射线源的多个射线源模块在安装后位于垂直于被检测物体的输送方向的平面内（例如同一个平面内或不同平面内）。

这里，可选地，射线源模块可以是分布式多点源，以围绕扫描区域形成环形结构，例如矩形环、多边形环或椭圆形环等。具体地，射线源模块可以是直线分布式多点源，每个射线源模块可以包括多个靶点，多个射线源模块可以分布在扫描区域的上侧、下侧、左侧和右侧形成围绕扫描区域的矩形环。射线源模块的端部之间可以直接连接形成连续的矩形环，也可以间隔一定间隙形成非连续的矩形环。根据其他实施例，射线源还可以进一步包括多个长度较短的直线分布式多点源，多个长度较短的直线分布式多点源可以与多个较长的直线分布式多点源交替设置，且端部之间直接连接，形成连续的多边形布置，或者端部之间间隔布置形成非连续的多边形布置；或者，射线源还可以进一步包括多个长度较短的弧形分布式多点源，多个弧形分布式多点源可以与多个较长的直线分布式多点源交替设置，且端部之间直接连接，形成连续的圆角矩形布置，或者端部之间间隔布置形

成非连续的圆角矩形布置；或者，射线源还可以包括其他数量、形状和/或长度的射线源模块，以形成其他多边形结构或椭圆形结构等。

此外，射线源的各个射线源模块还可以是单点源组，每个单点源组包括至少两个单点源，可选地，射线源的多个单点源组分布在围绕扫描区域的底视角、左右侧视角、顶视角和角落斜视角处，形成多视角布置。

此外，根据其他实施例，射线源模块也可以仅在三侧上围绕扫描区域布置，例如，上侧、左侧和右侧，上下两侧和左侧或右侧等（这里，需要注意的是，在本文中，扫描区域的上侧、下侧、左侧和右侧是指沿着被检测物体的输送方向观察扫描区域时的上侧、下侧、左侧和右侧）。由此，射线源可以布置成围绕扫描区域的一侧开口的非封闭结构，例如一侧开口的矩形结构、多边形结构或椭圆形结构等，更具体地，可以是围绕扫描区域的一侧开口的非连续的或连续的矩形结构、连续的多边形结构、连续的圆角矩形、非连续的多边形或非连续的圆角矩形结构以及其他多边形和椭圆形的结构等。在射线源由单点源组成的情况下，相应地，可以在扫描区域的一侧不设置单点源。

在本申请的射线扫描设备中，探测器是由多个探测器组端部相互连接而形成的围绕扫描区域的结构。可选地，配合上述各种射线源的布置方式，例如在上下左右四侧上围绕扫描区域的结构、或在扫描区域一侧开口的非封闭结构，例如在扫描区域一侧开口的矩形结构、多边形结构或椭圆形结构（更具体地，如围绕扫描区域一侧开口的连续或非连续的矩形结构、连续或非连续的多边形结构、连续或非连续的圆角矩形结构和单点源多视角等布置），探测器的多个探测器组布置成环绕扫描区域的封闭的矩形结构、方形结构、多边形结构或椭圆形结构等。具体地，探测器的各个探测器组可以包括多个探测器单元和探测器臂，多个探测器单元在探测器臂上直线排列。探测器可以包括分别布置在扫描区域的上下左右四侧上的四个探测器组，以形成环绕扫描区域的封闭的矩形结构或方形结构。探测器也可以包括多个较长的探测器组和多个较短的探测器组，以形成环绕扫描区域的封闭的多边形结构。或者，根据其他实施例，配合上述射线源的在扫描区域一侧开口的非封闭结构，探测器的多个探测器组也可以布置成环绕扫描

区域的一侧开口的非封闭结构，例如一侧开口的矩形结构、方形结构、多边形结构或椭圆形结构等。

根据一些实施例，探测器的多个探测器组构造成可独立拆卸和安装的。由此，各个探测器组可以单独地拆卸和安装，方便探测器的维护。此外，探测器的多个探测器组可以构造成沿被检测物体的输送方向移动以进行拆装。或者，在射线源布置成围绕扫描区域的一侧开口的非封闭结构的情况下，探测器的多个探测器组可以构成一部分沿被检测物体的输送方向的垂直方向移动以进行拆装，另一部分沿被检测物体的输送方向移动以进行拆装。由此，即使在探测器沿被检测物体的输送方向的垂直方向布置在射线源的内侧的情况下，也可以在不拆卸射线源模块的情况下进行探测器组的拆装和维护，从而改善探测器的拆装和维护的操作便利性。

此外，根据一些实施例，上述探测器组的拆装可借助于探测器组的探测器臂与其在射线扫描设备的安装部位，例如射线扫描设备的支撑框架之间的直线移动配合，例如直线滑动或直线滚动配合等来完成，例如可以是设置在探测器臂与支撑框架之间的滑块导轨配合或者直线滚珠轴承与圆柱轴配合等。

此外，根据一些实施例，探测器组的每个探测器单元均包括用于接收射线的探测器晶体，每个探测器组的各探测器单元以探测器晶体朝向相同的方向在探测器臂上进行排列。此外，如前所述，在本申请中，各个探测器组位于垂直于被检测物体的输送方向的平面内，特别是位于同一平面内，这具体地是指各个探测器组的探测器晶体位于垂直于被检测物体的输送方向的同一平面内。根据其他实施例，各个探测器组也可以位于垂直于被检测物体的输送方向的不同平面内。

在根据本申请的射线扫描设备中，将如上所述任意实施例的射线源与如上所述任意实施例的探测器相组合，在组合状态下，射线源的各个射线源模块位于垂直于被检测物体的输送方向的平面内（一个或多个平面内），探测器的各个探测器组位于垂直于被检测物体的输送方向的其他平面内（特别是同一平面内），探测器在输送方向的垂直方向上位于射线源的内侧，并且射线源与探测器布置成在被检测物体的输送方向上至少部分重叠。

射线源与探测器在被检测物体的输送方向上至少部分重叠可以减小射线源和探测器的排布长度，从而有利于减小整个射线扫描系统的长度。

在一些实施例中，探测器的各个探测器组布置成不遮挡同侧射线源模块的射线束，同时能够接收来自其余侧的各个射线源模块的射线，从而使不同的射线源模块共用相同的探测器组，可以减少探测器的总数量。

在一些实施例中，探测器的各个探测器组的探测器晶体布置在探测器单元的沿被检测物体的输送方向的端部，并且布置成在被检测物体的输送方向上紧邻同侧射线源模块的射线束边缘布置，但不遮挡同侧射线源模块的射线束。这样，可以尽可能地减小射线源与探测器之间的光路的覆盖长度，从而进一步减小设备长度。

在一些实施例中，各个射线源模块被布置成射线束避开同侧探测器组且照射相对侧探测器组的探测器晶体。更具体地，射线源模块可相对于预定轴线，例如靶轴等转动（例如借助于前述射线源模块的安装定位结构）以调整射线束的出束角度，从而使射线源模块的射线束的中心位置照射相对侧探测器组的探测器晶体。由于探测器的探测器晶体在被检测物体的输送方向上位于探测器单元的端部位置且紧邻同侧射线源的射线束边缘布置，射线源模块仅需转动很小的角度即可使得射线束的中心位置照射探测器晶体，从而能够最大程度地减小射线束斜射入探测器晶体表面对成像产生的不利影响。射线源出束角度的调节还可以通过设置射线源模块的开口方向、调节准直器等其他适合的方式来实现。

根据一些实施例，本申请的射线扫描设备的图像处理模块被配置成具有数据补偿功能，其能够针对视角缺失数据进行补偿和/或对重建图像进行修复，以提高图像质量。具体地，该图像处理模块被配置成以迭代方法、图像阙修复方法或者两者的组合来进行图像重建。由此，由于相邻射线源模块端部处的靶点间距增大造成的投影数据缺失可以得到补偿，从而可以提高重建图像的质量。

下面参考附图详细描述本申请的实施例。

图 1 示意性地示出了根据本申请的一些实施例的射线扫描设备。图 1 所示的射线扫描设备包括传送装置 1、通道 2、射线源 3、探测器 4 以及支

撑框架 5。传送装置 1 用于运送被检测物体 6 通过射线扫描设备的扫描区域，该扫描区域由射线源 3 和探测器 4 限定。被检测物体 6 在传送装置 1 的带动下从通道 2 的一端的开口进入通道 2 并从通道 2 的另一端的开口离开，通道 2 可以相对于外部环境屏蔽射线源 3 的射线，避免对设备附近的人造成辐射伤害，同时还可以限定进入通道 2 的被检测物体 6 的体积。射线源 3 在通道 2 的外侧固定到支撑框架 5 上，其用于发射射线束以在扫描期间照射被检测物体 6。探测器 4 也在通道 2 的外侧固定到支撑框架 5 上，其用于检测在扫描期间传输通过被检测物体 6 的射线。支撑框架 5 用于支撑和固定传送装置 1、通道 2、射线源 3、探测器 4 等装置，其相对于地面固定。需要注意的是，虽然射线源 3 和探测器 4 均布置在通道 2 外侧，但是在扫描区域处，通道 2 设置有避让区域，并不会遮挡射线源 3 的射线束，也不会妨碍探测器 4 接收射线。

根据本申请的实施例的射线扫描设备还可以包括控制装置，控制装置可控制射线扫描设备的各个部件的操作，例如控制射线源 3 的射线的发射、探测器 4 的数据输出等。控制装置还可以包括图像处理模块，该图像处理模块可以根据探测器 4 的输出的信息进行图像重建，得到被检测物体 6 的扫描图像。

传送装置 1 例如可以是传送带；被检测物体 6 例如可以是包裹、行李等各种需要进行安全检测的物品。

射线源 3 可以包括多个射线源模块，各个射线源模块围绕扫描区域布置，并且位于垂直于被检测物体 6 的输送方向的平面内。各个射线源模块可以布置在垂直于被检测物体 6 的输送方向的同一平面内或不同平面内，本实施例以各个射线源模块位于垂直于被检测物体 6 的输送方向的同一平面内（具体地是指各个射线源模块的射线开口位于垂直于被检测物体 6 的输送方向的同一平面内）为例进行描述，但同样适用于各射线源模块位于不同平面的情况。图 1 中示出了被检测物体 6 的前进方向 Z，被检测物体 6 的输送方向（后文有时简称输送方向或 Z 向）定义为被检测物体 6 的前进方向，包括前进方向的反向方向。图 1 中示出了 XYZ 坐标系，该 XYZ 坐标系可作为参考坐标系对射线扫描设备中的部件位置进行描述，这些位置

描述是为了清楚描述本申请的原理，并无限定作用。被检测物体 6 的前进方向 Z 与该 XYZ 坐标系的 Z 向相同。

根据一些实施例，根据本申请实施例的射线扫描设备的射线源 3 的各个射线源模块可以是分布式多点源，多个射线源模块可以布置成围绕扫描区域的矩形结构、多边形结构、椭圆形结构等，其中结构的部分位于传送装置 1 的下方，以完整地包围传送装置 1。

具体地，作为分布式多点源，每个射线源模块可具有多个靶点，每个射线源模块的每个靶点可单独产生射线束，并且各个靶点可以在控制装置的控制下按照预定时序产生射线束。射线束可以是具有张角 A 的扇形束，如图 3 所示。当然，射线束的形状不限于扇形束，也可以是锥形束、平行束等其他形状的射线束，可以根据需要具体设置。

射线源 3 的具体布置如下所述。图 2 示出了根据一些实施例的射线源和探测器的结构示意图，其中射线源 3 的多个射线源模块布置成围绕扫描区域的矩形结构。具体地，射线源 3 包括四个射线源模块 31、32、33、34，每个射线源模块为直线分布式多点源（即，多个靶点直线排列），四个射线源模块 31、32、33、34 分别布置在扫描区域的上侧、下侧、左侧和右侧，形成围绕扫描区域的矩形结构。射线源模块 31、32、33、34 的端部之间间隔一定距离，因此形成非连续的矩形结构（如图 4 的（a）所示，靶点同样以非连续的矩形布置）。

射线源 3 的布置不限于图 2 和图 4 的（a）所示的实施例，也可包括其他一些可替换的布置。例如，射线源模块 31、32、33、34 的端部之间可以直接连接，使射线源 3 以连续的矩形结构围绕扫描区域布置（如图 4 的（b）所示，靶点以连续的矩形布置）。此外，射线源 3 可以在图 2 所示实施例的基础上还包括另外四个直线分布式射线源模块 35、36、37、38，其长度比射线源模块 31、32、33、34 短，与射线源模块 31、32、33、34 交替布置且端部直接连接，使得射线源 3 以连续的多边形结构布置（如图 4 的（c）所示，靶点以连续的多边形布置）。此外，射线源模块 35、36、37、38 可以是弧形分布式射线源，与射线源模块 31、32、33、34 交替布置且端部直接连接，使得射线源 3 以连续的圆角矩形结构布置。当然，射线源模块 31、

32、33、34、35、36、37、38 的端部也可以间隔一定距离，使得射线源 3 以非连续的多边形结构或非连续的圆角矩形结构布置（附图中未示出）。此外，射线源模块 35、36、37、38 的长度可以与射线源模块 31、32、33、34 的长度相同或更长，或者，射线源 3 可以包括其他数量（多个）和/或长度的射线源模块，从而形成与图 4 的（c）所示多边形不同的多边形结构。此外，射线源 3 可以包括其他数量（多个）、长度和/或形状的射线源模块，从而形成椭圆形结构。

在一些实施例中，射线源 3 所包括的射线源模块是可相互独立拆卸和安装的，即，每个射线源模块具有单独的腔体以用于容纳各自的射线发生装置。每个射线源模块具有单独的腔体意味着各个射线源模块的多个靶点共用一个单独的真空腔。每个射线源模块的多个靶点在真空腔体内的间距可以由靶点数量和腔体的长度决定。根据一些实施例，单个射线源模块中的靶点数量可以是 192、264 等，单个射线源模块中的靶点间距可以是 4mm、12mm 等。这里需要注意的是，相邻射线源模块的端部处的靶点之间的间距大于单个射线源模块内的靶点之间的间距，即使相邻射线源模块的端部直接连接、即两个单独腔体直接连接的情况下也是如此。每个射线源模块具有单独的腔体具有如下优点：相对于一体式环形腔体的射线源（即，射线源的所有靶点均位于同一个环形真空腔体内），可以缩小单个射线源模块的外壳尺寸以及内部真空腔体的体积，使单个射线源模块体积减小、重量减轻，因此方便射线源的拆卸和安装；另外，每个射线源模块采用单独的真空腔体，可以降低对射线源模块进行维护时腔内打火的风险。

此外，根据一些实施例，射线源 3 的各个射线源模块设置有安装定位结构，以便于射线源模块的安装和调节。借助于安装定位结构，射线源 3 的各个射线源模块可安装和固定在射线扫描设备中的预定位置处（例如，射线扫描设备中相对于 XYZ 参考坐标系的某个具体位置处），例如确保多个射线源模块位于垂直于被检测物体 6 的输送方向的同一平面内。此外，借助于安装定位结构，射线源模块还可以被旋转以调节射线束的出束角度。

射线源 3 的各个射线源模块由于在射线扫描设备中的位置不同可采用不同的安装方式，具有不同的安装定位结构。例如，位于扫描区域上方和

侧方的射线源模块可通过天车等设备采用吊装的方式进行安装。但是，位于扫描区域下方的射线源模块不适于采用吊装的方式，需要采用其他的方式进行安装。为了方便这样的射线源模块的安装，本申请的实施例提供了一种安装定位结构，其能够方便地将不适于吊装的射线源模块安装和固定在射线扫描设备的预定位置处，且还能够对射线源模块进行转动以调节射线束的出束角度。根据一些实施例，该安装定位结构包括主体，该主体能够固定连接到射线源模块和射线扫描设备的支撑框架上，使得射线源模块能够通过主体固定安装到支撑框架，其中该安装定位结构包括：移动装置，射线源模块能够通过该移动装置在第一平面（例如，图 1 中的 XZ 平面）上被移动到预定安装位置；第一定位装置，其在第一平面上对射线源模块进行定位；升降装置，其用于沿第一方向（例如，图 1 中的 Y 方向，其垂直于 XZ 平面）调节射线源模块的位置，其中第一方向垂直于第一平面；以及第二定位装置，其用于在第一方向上固定射线源模块的位置。

图 5 示出了上述射线源模块的安装定位结构的一个具体实施例。如图 5 所示，安装定位结构包括主体 11、12，主体 11、12 分别位于射线源模块的沿长度方向的两端，并且固定连接到射线源模块上（这里，射线源模块以图 2 中的射线源 3 的射线源模块 33 为例进行描述，也可以是其他适合的射线源模块），射线源模块 33 经由主体 11、12 固定安装到支撑框架 5（在图 5 中未示出）上。安装定位结构的移动装置具体地设置成滚轮 13、14，分别设置在主体 11、12 上，射线源模块 33 可经由滚轮 13、14 被推动，从而在 XZ 平面上移动到预定安装位置。当然，安装定位结构的移动装置不限于滚轮，根据其他实施例，也可以采用滑动的方式来移动射线源模块，例如，可以在安装定位结构与支撑框架 5 之间设置直线滑动配合，以将射线源模块 33 移动到预定安装位置处。

第一定位装置包括第一定位销 15、16 以及分别设置在主体 11、12 和射线扫描设备的支撑框架 5 上的对应的第一销孔（图中未示出），在射线源模块 33 经由滚轮 13、14 被移动到预定安装位置之后，将第一定位销 15、16 分别插入对应的第一销孔中，即可将射线源模块 33 在 XZ 平面上定位。

升降装置包括设置在主体 11 处的滚轮 13，其中滚轮 13 具体地被设置

成可升降滚轮，并且还包括设置在主体 12 上的起升顶丝 17，起升顶丝 17 的一端抵靠支撑框架 5，旋拧起升顶丝 17 可使得主体 12 以及射线源模块 33 相对于支撑框架 5 提升或下降。通过调节可升降滚轮 13 和起升顶丝 17，可沿 Y 方向调节射线源模块 33 相对于支撑框架 5 的位置。第二定位装置形成定位垫块 19、20，在通过调节可升降滚轮 13 和起升顶丝 17 沿 Y 方向将射线源模块 33 调节到预定位置之后，将定位垫块 19、20 分别放置在主体 11、12 的下方，可以固定射线源模块 33 相对于支撑框架 5 的高度，从而将射线源模块 33 沿第一方向 Y 定位。这里，在一些示例中，主体 12 下方的定位垫块 20 可设置成 U 型形状，起升顶丝 17 的下部位于 U 型定位垫块 20 的开口中，以防止两者相互妨碍。此外，安装定位结构还可以包括第一固定螺栓 21、22 以及设置在主体 11、12、定位垫块 19、20 和支撑框架 5 中对应的第一螺纹孔，将第一固定螺栓 21、22 分别插入对应的第一螺纹孔并拧紧，可相对于主体 11、12 和支撑框架 5 固定定位垫块 19、20，并且可以将射线源模块 33 固定连接到支撑框架 5。

此外，根据一些实施例，安装定位结构还包括调节装置，该调节装置用于沿预定轴线转动射线源模块以调节其出束角度。根据图 5 的具体实施例，射线源模块 33 设置有安装轴 331，主体 11、12 上分别设置有轴孔，主体 11、12 通过轴孔安装在安装轴 331 上；此外，安装定位结构还包括第二定位销 23、24，主体 11、12 和射线源模块 33 上分别设置有对应于第二定位销 23、24 的第二销孔，通过将主体 11、12 的轴孔配合在安装轴 331 上，并且将第二定位销 23、24 分别插入到对应的第二销孔中，可使得主体 11、12 相对于射线源模块 33 定位。此外，安装定位结构还包括用于相对于射线源模块 33 固定连接主体 11、12 的第二固定螺栓 25、26，以及设置在主体 11、12 和射线源模块 33 上的对应的第二螺纹孔，通过将第二固定螺栓 25、26 旋入对应的第二螺纹孔中，可将主体 11、12 相对于射线源模块 33 固定连接。而拔出第二定位销 23、24 并且松开第二固定螺栓 25、26，可使得主体 11、12 相对于射线源模块 33 松开，在这种状态下，调节装置可驱动射线源模块 33 绕安装轴 331 相对于主体 11、12 转动。

在具体实施例中，调节装置包括转动驱动机构，该转动驱动机构包括

固定在射线源模块 33 上的调节块 27 以及设置在主体 11 上的与调节块 27 相抵靠的顶丝 28，顶丝 28 能够被旋拧以推动调节块 27 移动从而使射线源模块 33 转动。这里，转动驱动机构仅设置在安装定位结构的一个主体上，即，仅设置在射线源模块 33 的沿长度方向的一端。由于射线源模块 33 的两端均通过安装轴 331 支撑，在射线源模块 33 的一端推动射线源模块 33 转动，射线源模块 33 整体可相应地转动。在使射线源模块 33 转过预定角度后，再次将第二定位销 23、24 插入对应的第二销孔中，并且再次将第二固定螺栓 25、26 旋入对应的第二螺纹孔中，可将主体 11、12 相对于射线源模块 33 固定连接。

在上述实施例中，射线源模块 33 上的安装轴 331 可以与射线源模块 33 中的多个靶点的虚拟连线重合，因此，绕安装轴 331 转动射线源模块 33 可以使得射线源模块 33 绕靶轴转动。

此外，虽然以图 2 中的射线源 3 的射线源模块 33 为例描述了根据上述实施例的安装定位结构，但是，上述安装定位结构可适用于任何适合的射线扫描设备的射线源的安装、定位和调节。当然，图 2 中的射线源 3 的射线源模块 33 的安装、定位和调节也不限于上述实施例的安装定位结构，也可采用任何其他适合的结构。例如，在图 5 所示的实施例中，升降装置由可升降滚轮 13 和起升顶丝 17 实现，但是，升降装置不限于该实施例的具体结构，也可以实现为其他适合的结构，例如在两个主体上均采用起升顶丝来进行升降。同样地，移动装置、第一定位装置、第二定位装置和调节装置的具体实施均不限于上述实施例中的具体结构，都可以采用其他适合的结构，只要能够实现其功能即可。

在上述实施例中，图 1 所示的射线扫描设备的射线源 3 的射线源模块是分布式射线源，但是可替换地，射线源 3 还可以由多个单点源组构成，其中，每个单点源组至少包括两个单点源。每个单点源可以单独地发射射线束，例如具有张角 A 的扇形束（如图 3 所示）。射线源 3 的各个单点源可以在射线扫描系统的控制装置的控制下按照预定的时序发射射线。图 4 的 (d) 示出了根据一些实施例的包括多个单点源组的射线源的布局。如图 4 的 (d) 所示，射线源包括围绕扫描区域在底视角、左侧视角、右侧视

角、顶视角和角落斜视角处布置的多个单点源组，其中：底视角单点源组包括 3 个单点源，分别布置在左底视角、中间底视角和右底视角；顶视角单点源组包括 3 个单点源，分别布置在左顶视角、中间顶视角和右顶视角；左侧视角单点源组包括 2 个单点源，分别布置在左上侧视角和左下侧视角；右侧视角单点源组包括 2 个单点源，分别布置在右上侧视角和右下侧视角；角落斜视角单点源组包括 4 个单点源，分别布置在左上斜视角、右上斜视角、左下斜视角和右下斜视角。根据其他实施例，各个单点源组还可以分别包括更多的单点源。类似地，每个单点源可以包括各自的安装定位结构，以对单点源进行安装和定位，从而确保多个单点源位于垂直于被检测物体 6 的输送方向的同一平面内。安装定位结构还可用于转动单点源以调节各个单点源的射线的出束角度。

下面，详细描述图 1 所示的射线扫描设备的探测器 4 的布置。探测器 4 可以包括多个探测器组，多个探测器组位于垂直于被检测物体 6 的输送方向的平面内，并且各个探测器组的端部相互连接以围绕扫描区域布置。多个探测器组可以位于垂直于被检测物体 6 的输送方向的同一平面内或不同平面内，可选地设置在同一平面内，本实施例以位于同一平面内为例进行描述，但是同样适用于不同平面的情况。具体地，探测器 4 的每个探测器组是包括多个探测器单元的探测器阵列，多个探测器组可以布置成围绕扫描区域的封闭的方形结构、矩形结构、多边形结构或椭圆形结构，其中结构的部分位于传送装置 1 的下方，以完整包围传送装置 1。

图 2 示出了根据一些实施例的探测器的布置，其中探测器 4 包括四个探测器组 41、42、43、44，每个探测器组 41、42、43、44 是直线探测器阵列，包括沿直线排列的多个探测器单元。四个探测器组 41、42、43、44 布置在扫描区域的上下左右四侧且端部相互连接，以形成封闭的矩形结构（如图 6 的（a）所示）或方形结构。探测器 4 的布置不限于图 2 和图 6 的（a）所示的实施例，并且可替换地，也可以布置成其他结构。例如，探测器 4 可包括四个较长的直线探测器阵列和四个较短的直线探测器阵列，这些探测器阵列环绕扫描区域交替布置且端部相互连接，以形成封闭的多边形结构（如图 6 的（b）所示）。探测器 4 可以包括其他数量的多个较长

的直线探测器阵列和其他数量的多个较短的直线探测器阵列，这些探测器阵列环绕扫描区域交替布置且端部相互连接，以形成封闭的其他多边形结构。探测器 4 还可以包括其他数量、长度和/或形状的探测器组，以形成其他形状的封闭结构，如椭圆形结构等。

直线探测器阵列形式的探测器组可以采用任何适合的结构，并且根据一些实施例，其具体结构可以如图 7 所示。如图 7 所示，探测器组包括多个探测器单元 45 和探测器臂 46，多个探测器单元 45 在探测器臂 46 上沿直线并排布置。探测器单元 45 的具体结构可以如图 8 所示，当然也可以采用其他适合的结构。如图 8 所示，探测器单元 45 包括用于接收射线的探测器晶体 451。多个探测器单元 45 以探测器晶体 451 朝向相同的方向在探测器臂 46 上并排布置。探测器臂 46 的结构不限于图 7 所示的实施例，也可以采用其他适合的结构（后文的图 9、图 15-图 17 中所示的探测器臂结构）。本申请的探测器组不限于直线探测器阵列的形式，还可以是弧形探测器阵列的形式，以构成椭圆形结构的探测器。弧形探测器阵列可以包括多个弧形探测器单元和弧形探测器臂，多个弧形探测器单元并排布置在弧形探测器臂上，其中，探测器单元的探测器晶体朝向相同的方向。

根据一些实施例，探测器 4 的各个探测器组是可独立拆卸和安装的，由此，可改善探测器的可维护性。此外，在一些示例中，探测器 4 的多个探测器组构造成沿被检测物体 6 的输送方向拆卸、安装和调节，这样当探测器 4 沿垂直于被检测物体 6 的输送方向布置在射线源 3 内侧时，可以在不需要拆卸射线源的情况下进行探测器组的拆装、调节和维护，进一步改善探测器的可维护性。

具体地，借助于本申请的探测器组的安装固定结构，探测器 4 的探测器组可以相对于其在射线扫描设备中的安装位置（例如，支撑框架 5）沿被检测物体 6 的输送方向移动以从所述安装位置拆卸或安装到该安装位置。

下面，详细描述根据本申请的一些实施例的用于探测器组的安装固定结构。根据本申请的一些实施例的探测器组的安装固定结构具体地包括第一安装部，其固定设置在探测器组上；第二安装部，其固定设置在射线扫描设备的支撑框架上，且与第一安装部直线移动配合，其中探测器组在第

一安装部与第二安装部相互配合的状态下能够沿第二安装部移动到预定安装位置；以及固定装置，其设置在探测器组的沿宽度方向的一侧，用于相对于所述支撑框架上的安装基准面固定探测器组。在一些具体实施例中，探测器组经由探测器臂安装固定到射线扫描设备的支撑框架上，其中，第一安装部固定设置在探测器组的探测器臂上，固定装置设置在探测器臂的沿宽度方向的一侧，将探测器臂固定到支撑框架上以固定探测器组。

图 9 示出了根据一些具体实施例的探测器组的安装固定结构，其中图（a）示出了探测器臂以及安装固定结构的分解立体图，图（b）是探测器组安装固定状态下的探测器臂的局部剖视图。图 9 中未示出完整的探测器组，仅示出了探测器臂，其中多个探测器单元可以在所示出的探测器臂上沿长度方向并排布置以形成完整的探测器组。

如图 9 所示，探测器组的安装固定结构的第一安装部具体地形成成为设置在探测器臂 47 的宽度方向上延伸的滑槽 471，其中，在安装到射线扫描设备的支撑框架 5 的状态下探测器臂 47 的宽度方向与被检测物体 6 的输送方向相一致。第二安装部形成成为与滑槽 471 相配合的滑杆 472。滑槽 471 形成成为半圆形开口滑槽，滑杆 472 相应地形成成为圆柱形滑杆。滑杆 472 固定设置在支撑框架 5 上，或者与支撑框架 5 一体形成，其长度方向与被检测物体 6 的输送方向一致。滑杆 472 靠近支撑框架 5 的一端设置成相对于滑杆 472 的其余部分尺寸增大，以形成凸部 473。凸部 473 的朝向探测器臂 47 的端面形成成为安装基准面 474，用于抵靠探测器臂 47 的沿宽度方向的一侧的表面 475。表面 475 是探测器臂 475 的安装表面，其与安装基准面 474 均被加工成具有良好的平面度，当探测器组的安装表面 475 抵靠安装基准面 474 定位时，可在宽度方向上，即被检测物体 6 的输送方向上准确地定位探测器组。凸部 473 还可用作限位部分，在安装探测器组时，将滑槽 471 对准滑杆 472 并沿着滑杆 472 朝向支撑框架 5 推动探测器臂 47，直到探测器臂 47 抵靠凸部 473，从而可以将探测器臂 47 移动到预定安装位置。

固定装置设置在滑杆 472 的与凸部 473 相对的另一端，并且布置成与凸部 473 分别抵靠探测器臂 471 的沿宽度方向的两侧，从而在宽度方向上限定探测器臂 47 的位置。具体地，固定装置包括定位套 476 和紧固件 477，

定位套 476 套设在滑杆 472 的与凸部 473 相对的另一端上并且抵靠探测器臂 47 的沿宽度方向的另一侧的表面 478，紧固件 477 将定位套 476 固定到滑杆 472 的与凸部 473 相对的另一端上。具体地，紧固件 477 可以为紧固螺钉，定位套 476 和滑杆 472 的所述另一端上均设置有螺纹孔，通过将紧固螺钉旋拧在螺纹孔中来相对于滑杆 472 紧固定位套 476，从而相对于滑杆 472（即支撑框架 5）在宽度方向上固定探测器臂 47。同时，由于滑杆 472 与滑槽 471 的形状配合限制了其他自由度，探测器臂 47 可以被完全定位和固定。

通过上述安装固定结构，在安装探测器组时，在探测器单元面向扫描区域且宽度方向与被检测物体 6 的输送方向一致的状态下，首先将探测器臂 47 的滑槽 471 对准滑杆 472，使探测器臂 47 沿滑杆 472 移动直到抵靠凸部 473 为止；然后，将定位套 476 套设在滑杆 472 的与凸部 473 相对的一端，并用螺钉将其相对于滑杆 472 固定，从而固定探测器臂 47。在拆卸探测器组时，进行相反的操作即可。

通过上述安装固定结构，由于滑杆 472 沿被检测物体 6 的输送方向延伸，即，探测器组与支撑框架 5 之间的直线移动配合沿被检测物体的输送方向，并且固定装置设置在探测器组的沿宽度方向的一侧，而探测器组的宽度方向与被检测物体 6 的输送方向一致。因此，借助于上述安装固定结构，探测器组能够沿被检测物体 6 的输送方向移动以安装或拆卸，且紧固操作也可以在探测器组的沿被检测物体的输送方向的一侧进行，因此，探测器可以从沿被检测物体的输送方向的侧面来拆装或维护，即使在探测器沿垂直于输送方向布置在射线源内侧的情况下，其拆装或维护也可以避开射线源的妨碍，能够在不需要拆卸射线源的情况下进行，从而改善了探测器的拆装和维护的便利性。

此外，可选地，上述安装固定结构的第二安装部被配置成在与第一安装部相配合的状态下将探测器组支撑在预定安装位置处。具体地，第二安装部包括两个滑杆 472，探测器臂 47 上相应地形成有两个滑槽 471，其设置在探测器臂 47 的沿长度方向的两端，使得探测器臂 47 在两个滑杆 472 上移动到预定安装位置之后，两个滑杆 472 可以将探测器组支撑在预定安

装位置处，而不需要其他的辅助结构和/或工具。这样，在对探测器组进行紧固时，不需要额外的工具也不需要操作人员对探测器组进行扶持即可进行操作，从而改善了操作便利性。

虽然在图 9 中探测器臂示出为竖直方向，但上述安装固定结构并不限于仅用于在射线扫描设备中竖直布置的探测器组的安装和拆卸，其他方向布置的探测器组也可以使用上述安装固定结构。

当然，探测器组与支撑框架 5 之间的安装固定结构不限于图 9 所示的实施例，也可以采用其他适合的安装固定结构，例如，根据一些实施例，安装固定结构的直线移动配合可以是其他适合的配合，例如直线滚珠轴承与圆柱轴的配合等直线滚动配合，根据另一些实施例，滑槽 471 的截面不限于半圆形，可以是半矩形等形状，并且相应地，滑杆 472 也不限于圆柱体，还可以是与滑槽 471 相配合的棱柱等形状。

此外，在探测器包括多个探测器组的情况下，将多个探测器组的各个的安装基准面设置在垂直于被检测物体 6 的输送方向的同一平面内，可确保多个探测器组在安装后处于垂直于被检测物体 6 的输送方向的同一平面内。具体地，如果各个探测器组均使用如图 9 所示的安装固定结构来进行安装，使得各个探测器组对应的凸部 473 的朝向探测器臂 47 的端面，即安装基准面 474 处在与被检测物体 6 的输送方向垂直的同一平面内，并且使得各个探测器组的沿宽度方向的安装表面 475 均抵靠各自的安装基准面 474 固定，多个探测器组在安装就位之后必然位于与被检测物体 6 的输送方向垂直的同一平面内。

下面，进一步描述根据本申请实施例的射线扫描设备的射线源 3 和探测器 4 的相对布置。如前所述，射线源 3 包括多个射线源模块，各个射线源模块围绕扫描区域布置，并且位于垂直于被检测物体 6 的输送方向的同一平面内；探测器 4 包括多个探测器组，多个探测器组位于垂直于被检测物体 6 的输送方向的同一平面内，并且各个探测器组的端部相互连接以围绕扫描区域布置。进一步地，在射线源 3 和探测器 4 的组合状态下，探测器 4 在被检测物体 6 的输送方向的垂直方向上布置在射线源 3 的内侧，并且射线源 3 与探测器 4 布置成在被检测物体 6 的输送方向上至少部分重叠，

其中射线源 3 的多个射线源模块可以布置成矩形结构、多边形结构、椭圆形结构等如前所述任意实施例的结构，探测器 4 的多个探测器组布置成方形结构、矩形结构、多边形结构、椭圆形结构等如前所述任意实施例的结构。下面，以图 2 所示实施例为例来描述射线源 3 和探测器 4 在组合状态下的详细布置，在图 2 中，射线源 3 的四个直线分布式射线源模块 31、32、33、34 以非连续矩形结构布置，探测器 4 的四个直线探测器阵列 41、42、43、44 以封闭矩形结构布置，以图 2 为例描述的组合状态下的详细布置同样适用于射线源 3 和探测器 4 的其他任何结构的组合。

可选地，探测器 4 的各个探测器组 41、42、43、44 布置成不遮挡同侧射线源模块的射线束，同时能够接收来自其余侧的各个射线源模块的射线。由于射线源 3 和探测器 4 均呈环状布置，由此，同一个探测器组可以被射线源的不同射线源模块共用。图 10 示出了各个射线源模块与接收其射线的探测器组的对应关系，其中，射线源 3 的各个射线源模块 31、32、33、34 的各个靶点的射线束以扇形束（如图 3 所示的具有张角 A 的射线束）为例进行表示，每个射线源模块 31、32、33、34 发出的射线束可以由探测器 4 的三侧探测器组检测，可以接收到射线的探测器组及其部分用粗实线表示。图 10 的（a）示出了扫描区域上方的射线源模块 31 的射线束对应的探测器组及其部分，其中探测器 4 的探测器组 42、43、44 接收来自射线源模块 31 的射线束；图 10 的（b）示出了扫描区域右侧的射线源模块 32 的射线束对应的探测器组及其部分，其中探测器 4 的探测器组 41、43、44 接收来自射线源模块 32 的射线束；图 10 的（c）示出了扫描区域下侧的射线源模块 33 的射线束对应的探测器组及其部分，其中探测器 4 的探测器组 41、42、44 接收来自射线源模块 33 的射线束；图 10 的（d）示出了扫描区域左侧的射线源模块 34 的射线束对应的探测器组及其部分，其中探测器 4 的探测器组 41、42、43 接收来自射线源模块 34 的射线束。由图 10 可以看出，一个射线源模块的射线可以被除了同侧探测器组以外的其他侧探测器组接收，不同的射线源模块可以共用同一探测器组，例如射线源模块 31 和 32 共用探测器组 43、44，射线源模块 32、33 共用探测器组 41、44，射线源模块 33、34 共用探测器组 41、42 等。此外，每个射线源模块的射线除了可以被相

对侧的探测器组检测之外，还可以被除了同侧探测器之外的其他侧探测器组接收，因此，各个射线源模块的射线可以尽可能多地被探测器检测到。因此，本申请的探测器可以在提高图像质量的同时减少探测器组的数量，降低设备成本。

此外，可选地，探测器 4 的各个探测器组的探测器晶体布置在探测器单元的沿被检测物体 6 的输送方向的端部，并且布置成在被检测物体 6 的输送方向上紧邻同侧射线源模块的射线束边缘，但不遮挡同侧射线源模块的射线束。由此，可以尽可能地减小射线源与探测器之间光路的覆盖长度，从而减小设备长度。具体如 11 和图 12 所示。图 11 是根据一些实施例的图 1 所示的射线扫描设备的沿被检测物体的输送方向的中心线的截面结构示意图。如图 11 所示，探测器单元例如可以是图 7 所示的探测器单元 45，探测器晶体例如可以是图 7 所示的探测器晶体 451；探测器晶体 451 表面平行于被检测物体 6 的输送方向布置，位于探测器单元 45 的沿被检测物体 6 的输送方向的端部，同时，探测器组的其他部件，例如探测器单元 45 的其他元件以及探测器臂等在探测器单元 45 的端部处与探测器晶体 451 平齐，均避开同侧射线源的射线束出口。此外，图 12 示出了根据一些实施例的探测器与射线源的布局的俯视示意图，图中左右两侧的射线源模块分别是射线源 3 的射线源模块 34 和 32，左右两侧的探测器晶体 451-4 和 451-2 分别代表探测器组的 44 和 42 的探测器晶体的位置。从图 12 中可以看出，探测器晶体 451-4 在被检测物体 6 的输送方向上紧邻同侧射线源模块 34 的射线束的边缘设置，且不遮挡同侧射线源模块 34 的射线束；探测器晶体 451-2 在被检测物体 6 的输送方向上紧邻同侧射线源模块 32 的射线束的边缘设置，且不遮挡同侧射线源模块 32 的射线束。以上述配置，射线源 3 和探测器 4 能够最大程度地在被检测物体 6 的输送方向上重叠，从而可以尽可能地减小射线源与探测器之间的光路的覆盖长度，由此减小设备长度。

在一些示例中，射线源 3 的各个射线源模块被布置成射线束避开同侧探测器组且照射相对侧探测器组的探测器晶体。如图 12 所示，射线源模块 34 的射线束在避开同侧探测器组 44 的同时还能够覆盖并照射相对侧的探测器组 42 的探测器晶体 451-2，射线源模块 32 的射线束在避开同侧探测器

组 42 的同时还能够覆盖并照射相对侧的探测器组 44 的探测器晶体 451-4。更进一步地，射线源 3 的各个射线源模块被布置成以射线束的中心位置照射相对侧的探测器组的探测器晶体。具体地，射线源模块可相对于靶轴转动预定角度，以调整射线源模块的射线束的出束角度，从而使得射线束的中心位置照射探测器晶体。这里，靶轴是指将射线源模块内的多个靶点的虚拟连线。由于探测器的探测器晶体在被检测物体 6 的输送方向上位于探测器单元的端部位置且紧邻同侧射线源的射线束边缘布置，射线源模块可以仅转动非常小的预定角度，例如可以是 1.5 度，即可使得射线束的中心位置照射探测器晶体。这样，能够最大程度地减小射线束斜射入探测器晶体表面对成像产生的不利影响。此外，射线源模块的转动不限于绕靶轴转动，也可以相对于靶轴以外的其他轴线转动来调节射线束的出束角度，其中射线源相对于靶轴或其他轴线的转动可通过前文所述的射线源模块的安装定位结构来实现。此外，调节射线束的出束角度的方式不限于上述实施例，还可以通过其他方式，例如改变射线源模块的开口方向、调节准直器以及其他适合的方式等来改变射线束的出射角度，只要能够实现射线源的上述布置即可。

在本申请实施例的射线扫描设备中，射线源由多个射线源模块组成，多个射线源模块的端部直接连接或间隔设置。在射线源模块的端部直接连接的情况下，由于端部之间存在机械连接结构，相邻射线源模块之间的射线源点必然不连续，例如相邻两个射线源模块端部处靶点之间的间距明显大于射线源模块内部靶点之间的间距；在射线源模块的端部间隔设置的情况下更是如此。因此在扫描过程中相邻射线源模块的端部处由于缺少靶点而缺少投影数据。对此，根据一些实施例，本申请的射线扫描设备的图像处理模块被配置成具有数据补偿功能，其能够针对视角缺失数据进行补偿和/或对重建图像进行修复，以提高图像质量。具体地，该图像处理模块被配置成以迭代方法、图像阙修复方法或者两者的组合来进行图像重建。

迭代方法具体地包括以下步骤：

步骤 1：使用视角缺失数据进行图像重建，其中视角缺失数据也就是探测器测得的初始数据，该初始数据中缺乏无靶点处视角的投影数据，例

如，当射线扫描设备使用图 2 或图 4 的 (a) 所示的非连续矩形结构的射线源时，探测器测得的初始数据中缺少矩形结构的四个角落斜视角处的投影数据；

步骤 2：对步骤 1 中获得的重建图像按照完全几何进行前向重投影，这里，步骤 1 中获得的重建图像由于使用视角缺失数据，因此可能呈现几何结构不完整的物体，按照完全几何进行向前重投影是指在几何形状补充完整的情况下进行前向重投影，具体地，可以通过推测、假设等方式将几何形状补充完整；

步骤 3：以步骤 2 中获得的重投影数据为参考，采用图像修复算法在投影域对视角缺失数据进行修复，并且利用修复后的数据再次进行图像重建；

步骤 4：对前述前向重投影步骤、视角缺失数据修复步骤和图像重建步骤进行迭代若干次，以最后一次图像重建步骤中获得的图像作为最终的重建图像。

在上述迭代方法中，可预先设置收敛阈值。当图像重建步骤中获得的图像满足设定的收敛阈值时，则停止迭代，并以该图像作为最终的重建图像；当图像重建步骤中获得的图像不满足设定的收敛阈值时，则继续下一次迭代，即，前向重投影步骤、视角缺失数据修复步骤和图像重建步骤，直到图像重建步骤中获得的图像满足设定的收敛阈值为止。

在上述迭代方法中，步骤 2 中的图像修复算法包括各种传统算法，例如基于 TV 正则项、小波分析、字典学习等的方法以及人工神经网络方法等。

在上述迭代方法中，图像重建方法包括解析算法和迭代算法等常用算法。

根据其他实施例，图像处理模块还可以使用图像阙修复方法来获得重建图像。具体地，图像处理模块可以采用视角缺失数据，即探测器测得的初始数据，来进行图像重建，并且在图像阙采用图像修复算法对所重建的图像进行伪影去除和数据修正处理，以获得最终的重建图像。在本实施例中，图像修复算法包括各种传统算法，例如基于 TV 正则项、小波分析、

字典学习等的方法以及人工神经网络方法等。

根据另一些实施例，图像处理模块可以采用上述迭代方法以及上述图像阙修复方法的组合来进行图像重建，以提高图像质量。具体地，图像处理模块可以首先采用上述迭代方法在投影域对缺失数据进行补全，并得到满足设定的收敛阈值的重建图像，然后采用上述图像阙修复方法对通过上述迭代方法得到的重建图像在图像阙采用图像修复算法进行伪影去除和数据修正处理，并得到最终的重建图像。

与采用分布式多点源的射线源相比，采用单点源形式的射线源的源点相对稀疏，图像处理模块可采用适用于稀疏视角数据的图像重建算法来获得扫描图像。

在前述实施例的射线扫描设备中，射线源在上下左右四侧围绕扫描区域。根据其他实施例，本申请还提供了一种射线扫描设备，其布置基本与前述实施例的射线扫描设备相同，区别主要在于射线源的布置，其中射线源仅在上侧、下侧和左右侧中的一侧上围绕扫描区域。下面的描述以射线源布置在扫描区域的上侧、下侧和右侧为例进行，但是同样适用于射线源布置在扫描区域的上侧、下侧和左侧的情况。

具体地，在前述实施例的射线扫描设备中，射线源 3 的各个射线源模块是分布式多点源，多个射线源模块可以布置成围绕扫描区域的矩形结构、多边形结构、椭圆形结构等。在本实施例中，射线源的多个射线源模块仍然可以是分布式多点源，不同的是多个射线源模块布置成围绕扫描区域的在扫描区域左侧开口的非封闭结构，例如左侧开口的矩形结构、多边形结构、椭圆形结构等，这里，扫描区域左侧指的是扫描区域的在被检测物体 6 的输送方向的垂直方向上的左侧。在前述实施例中，射线源 3 以非连续的或连续的矩形结构、连续的多边形结构、连续的圆角矩形、非连续的多边形或非连续的圆角矩形结构以及其他多边形和椭圆形的结构布置，相应地，在本实施例中，射线源以在扫描区域左侧开口的非连续的或连续的矩形结构、连续的多边形结构、连续的圆角矩形、非连续的多边形或圆角矩形结构以及其他多边形和椭圆形的结构布置，例如相对于图 2 所述的射线源，本实施例的射线源 3 至少不包括扫描区域左侧的射线源模块 34；例如

相对于图 4 的 (b) -图 4 的 (c) 所示的射线源, 本实施例的射线源 3 至少不包括被检测物体 6 左侧的射线源模块。

此外, 与前述实施例相同, 本实施例的射线源也可以由多个单点源组构成, 与前述实施例的区别仅在于本实施例的射线源 3 不包括左侧视角处的单点源, 或者不包括左侧视角以及左上斜视角和左下斜视角处的单点源。

除了上述区别之外, 本实施例的射线源的其他方面的特征均与前述实施例中的射线源 3 相同。

本实施例的探测器的各个方面的特征基本上与前述实施例中的探测器 4 相同, 不同之处仅在于在本实施例中, 探测器与仅在上侧、下侧和右侧围绕扫描区域的射线源组合, 探测器 4 的位于扫描区域左侧的探测器组的同侧没有射线源模块。因此, 探测器 4 的各个探测器组的拆卸和安装除了可采用与前述实施例相同的方式以外, 还可采取如下所述的与前述实施例不同的方式, 以进一步方便探测器的拆装和维护。具体地, 以图 13 所示的探测器组和射线源的组合为例 (其中, 探测器组与图 2 所示的探测器组相同, 射线源与图 2 所示的射线源相比缺少扫描区域左侧的射线源模块), 探测器 4 可以采取如下方式拆卸和安装: 探测器组 41'、43'、44' 垂直于被检测物体 6 的输送方向 (如图 14 所示, 沿 X 方向) 相对于支撑框架 5 拆卸或安装, 探测器组 42' 沿被检测物体 6 的输送方向 (如图 14 所示, 沿 Z 方向) 相对于支撑框架 5 拆卸或安装。

探测器组 42' 可以采用与前述实施例相同的安装固定结构 (如图 9 所示) 来相对于支撑框架 5 拆卸或安装。但是, 前述实施例的安装固定结构并不适于探测器组 41'、43'、44' 的沿 X 方向的拆卸或安装, 因此需要不同的安装固定结构。下面将详细描述这些安装固定结构的具体实施例。

与前述实施例的安装固定结构类似, 适于探测器组 41'、43'、44' 的 X 方向的拆装的安装固定结构也具体地包括第一安装部, 其固定设置在探测器组上; 第二安装部, 其固定设置在射线扫描设备的支撑框架上, 且与第一安装部直线移动配合, 其中探测器组在第一安装部与第二安装部相互配合的状态下能够沿第二安装部移动到预定安装位置; 以及固定装置, 其设置在探测器组的沿宽度方向的一侧, 用于相对于支撑框架上的安装基准面

固定探测器组。在一些具体实施例中，探测器组 41'、43'、44'经由探测器臂安装固定到射线扫描设备的支撑框架上，其中，第一安装部固定设置在探测器臂上，固定装置设置在探测器臂的沿宽度方向的一侧，其将探测器臂固定到支撑框架上以固定探测器组。

图 15 示出了根据一些具体实施例的适于探测器组 41'的安装固定结构，其中图（a）示出了探测器组安装状态下的立体图，图（b）是探测器组安装状态下的侧视图，图（c）是探测器组拆卸状态下的立体图，以及图（d）是带有固定装置的探测器组安装状态下的截面图。如图 15 所示，探测器组 41'的安装固定结构的第一安装部包括设置在探测器臂 411 上的滑块 412，滑块 412 沿探测器臂 411 的长度方向延伸，其中在探测器组 41'安装到射线扫描设备中的状态下，探测器臂 411 的长度方向垂直于被检测物体 6 的输送方向。在图 15 中，滑块 412 延伸过探测器臂 411 的长度的一部分，在其他实施例中，滑块 412 也可以设置成延伸过探测器臂 411 的全部长度或其他长度。此外，滑块 412 可以通过螺栓连接等固定到探测器臂 411 上。根据其他实施例，滑块 412 也可以与探测器臂 411 一体成型。

第二安装部形成为与滑块 412 相配合的固定导轨 413。固定导轨 413 固定连接在射线扫描设备的支撑框架 5（图 15 中未示出）上，也可以与支撑框架 5 一体成型。固定导轨 413 的长度方向垂直于射线扫描设备的被检测物体 6 的输送方向。固定导轨 413 沿长度方向的一端可以设置有限位部分（图中未示出），当安装探测器组 41'时，将滑块 412 对准固定导轨 413，并沿着固定导轨 413 推动探测器组 41'，直到探测器臂 411 抵靠限位部分，从而将探测器组 41'移动到预定安装位置。

固定装置设置在探测器组 41'的沿宽度方向的一侧，并且与探测器臂 411 的沿宽度方向的一侧的表面 414 相抵靠。具体地，固定装置包括定位件 415 和紧固件 416，其中定位件 415 固定连接在支撑框架 5 上，并且其远离支撑框架 5 的端面形成安装基准面 417，该安装基准面 417 用于抵靠探测器臂 411 的沿宽度方向的一侧的表面 414。表面 414 是探测器臂 411 的安装表面，其与安装基准面 417 均被加工成具有良好的平面度，使得当探测器臂 411 的安装表面 414 抵靠安装基准面 417 固定时，可在宽度方向上准

确地定位探测器组 41'。紧固件 416 可以穿过定位件 415，并且相对于定位件 415 的端面紧固探测器组 41'。具体地，紧固件 416 例如可以是紧固螺栓，定位件 415 和探测器臂 411 的与定位件 415 相对的侧面上设置有对应的螺纹孔，将紧固螺栓 416 穿过对应的螺纹孔并拧紧，可以相对于定位件 415 的端面紧固探测器组 41'。固定装置可以沿探测器组 41' 的长度方向设置多个，例如至少两个，以将探测器组 41' 牢固地固定在支撑框架 5 上。

通过上述安装固定结构，在安装探测器组 41' 时，在探测器组 41' 的探测器单元朝下的状态下，首先将探测器组 41' 上的滑块 412 对准固定导轨 413，使探测器组 41' 沿固定导轨 413 移动直到抵靠固定导轨 413 上的限位部分为止；然后，将紧固螺栓 416 穿过定位件 415 和探测器臂 411 上的对应螺纹孔并拧紧，从而将探测器组 41' 相对于定位件 415 的端面、即安装基准面 417 定位。在拆卸探测器组 41' 时，进行相反的操作即可。

由于固定导轨的长度方向垂直于射线扫描设备的被检测物体 6 的输送方向，且探测器组 41' 的沿 X 方向的一侧没有射线源的阻碍，因此，借助于上述安装固定结构，探测器组 41' 可以垂直于射线扫描设备的被检测物体 6 的输送方向相对于支撑框架 5 拆卸或安装。此外，固定装置设置在探测器组的沿宽度方向的一侧，即探测器的沿 Z 向的一侧，因此，可以避开射线源的遮挡来紧固探测器组，方便探测器组的拆装和维护。

此外，可选地，在上述安装固定结构中，第二安装部被配置成在与第一安装部相配合的状态下，将探测器组 41' 支撑在预定安装位置。具体地，滑块 412 设置在探测器臂 411 的沿宽度方向相对的两侧，并且具有从探测器臂 411 的沿宽度方向相对的两侧的边缘向内延伸的内延部 4121、4122（参见图 15 的图（b））；固定导轨 413 包括在沿宽度方向相对的两侧上向外延伸的外延部 4131、4132（参见图 15 的图（b））；并且，在滑块 412 与固定导轨 413 相配合的状态下，滑块 412 的内延部 4121、4122 位于固定导轨 413 的外延部 4131、4132 的上方并且两者接触且重叠布置。由此，在探测器组 41' 沿着固定导轨 413 移动到预定安装位置之后，探测器组 41' 可以通过滑块 412 的内延部 4121、4122 悬挂在固定导轨 413 的外延部 4131、4132 上。这样，固定导轨 413 可以将探测器组 41' 支撑在预定安装位置处，

而不需要其他额外的辅助结构或工具，在对探测器组 41' 进行紧固时，也不需要操作人员对探测器组 41' 进行扶持即可进行操作，从而改善了操作便利性。

探测器组 43' 与探测器组 41' 类似地采用滑块与固定导轨的组合来进行拆装。具体地，图 16 示出了根据一些具体实施例的适于探测器组 43' 的安装固定结构，其中图 (a) 示出了探测器组安装状态下的立体图，图 (b) 是探测器组安装状态下侧视图。

如图 16 所示，探测器组 43' 的安装固定结构的第一安装部包括设置在探测器臂 431 上的滑块 432，滑块 432 沿探测器臂 431 的长度方向延伸，其中在探测器组 43' 安装到射线扫描设备中的状态下，探测器臂 431 的长度方向垂直于射线扫描设备的被检测物体 6 的输送方向。滑块 432 可以通过螺栓连接等固定到探测器臂 431 上，也可以与探测器臂 431 一体成型。探测器臂 431 形成有沿长度方向延伸的凹槽 433，滑块 432 设置在该凹槽 433 中。

第二安装部形成为与滑块 432 相配合的固定导轨 434。固定导轨 434 固定连接在射线扫描设备的支撑框架 5 上，也可以与支撑框架 5 一体成型。固定导轨 434 的长度方向垂直于被检测物体 6 的输送方向。固定导轨 434 沿长度方向的一端可以设置有限位部分（图中未示出），当安装探测器组 43' 时，将滑块 432 对准固定导轨 434，并沿着固定导轨 434 推动探测器组 43'，直到探测器臂 431 抵靠限位部分，从而将探测器组 43' 移动到预定安装位置。

探测器组 43' 的安装固定结构的固定装置采用与探测器组 41' 相同的固定装置，在此不再详细描述固定装置的具体结构。利用该固定装置，可以将探测器组 43' 抵靠支撑框架 5 上的对应的安装基准面紧固固定。探测器组 43' 的探测器臂 431 在沿宽度方向的一侧上同样设置有安装表面，并且同样地，该安装表面与支撑框架 5 上的安装基准面均被加工成具有良好的平面度，以使得探测器臂 431 的安装表面抵靠安装基准面时，可在宽度方向上准确地定位探测器组 43'。同样地，固定装置可以沿探测器组 43' 的长度方向设置多个，例如至少两个，以将探测器组 43' 牢固地固定在支撑框架 5 上。

通过上述安装固定结构，在安装探测器组 43' 时，在探测器单元朝上的情况下，首先将探测器组 43' 上的滑块 432 对准固定导轨 434，使探测器组 43' 沿固定导轨 434 移动直到抵靠固定导轨 434 上的限位部分为止；然后，将紧固螺栓穿过定位件和探测器臂上的对应螺纹孔并拧紧，从而将探测器组 43' 相对于定位件上的安装基准面定位。在拆卸探测器组 43' 时，进行相反的操作即可。

由于固定导轨的长度方向垂直于射线扫描设备的被检测物体 6 的输送方向，且探测器组 43' 的沿 X 方向的一侧没有射线源的阻碍，因此，借助于上述安装固定结构，探测器组 43' 可以垂直于射线扫描设备的被检测物体 6 的输送方向相对于支撑框架 5 拆卸或安装。此外，固定装置设置在探测器组 43' 的沿宽度方向的一侧，即探测器的沿 Z 向的一侧，因此，可以避免射线源的遮挡来紧固探测器组，方便探测器组的拆装和维护。

此外，可选地，在上述安装固定结构中，第二安装部被配置成在与第一安装部相配合的状态下，将探测器组 43' 支撑在预定安装位置处。具体地，如图 16 所示，固定导轨 434 包括承托部 4341、4342，该承托部 4341、4342 除了与滑块 432 滑动配合以外，还在滑块 432 的下方支撑滑块 432，从而在探测器组 43' 沿着固定导轨 434 移动到预定安装位置之后，从下方将探测器组 43' 支撑在预定安装位置。这样，在对探测器组 43' 进行紧固时，不需要额外的工具也不需要操作人员对探测器组 43' 进行扶持即可进行操作，从而改善了操作便利性。

图 17 示出了根据一些具体实施例的适于探测器组 44' 的安装固定结构，其中图 (a) 示出了探测器组安装状态下的立体图，图 (b) 是安装固定结构的第一安装部和第二安装部分开状态下的示意图，图 (c) 和图 (d) 是安装固定结构的第一安装部和第二安装部配合状态下的不同视角的立体图。

探测器组 44' 的安装固定结构的第一安装部具体地形成成为设置在探测器臂 441 的沿宽度方向的一侧上的固定块 442，固定块 442 具有朝向探测器臂 441 的沿厚度方向的一侧的开口 443。在探测器组 44' 的安装状态下，探测器臂 441 的宽度方向与射线扫描设备的被检测物体 6 的输送方向一致，厚度方向垂直于被检测物体 6 的输送方向。固定块 442 的开口 443 可以呈

U 型，也可以是其他适合的形状。固定块 442 可以通过螺栓固定等方式固定连接在探测器臂 441 上，也可以与探测器臂 441 一体形成。

第二安装部形成为固定在支撑框架 5 上的悬臂部 444，悬臂部 444 的远离支撑框架 5 的端部设置有延伸部 445，该延伸部 445 与固定块 442 上的开口 443 直线移动配合，即，延伸部 445 能够从开口 443 的边缘处沿直线移动到开口 443 的内部。悬臂部 444 的长度方向与射线扫描设备的被检测物体 6 的输送方向一致。开口 443 的底部可用作限位部分，当安装探测器组 44' 时，将探测器臂 441 上的固定块 442 的开口 443 对准延伸部 445，并且相对于延伸部 445 沿直线移动探测器臂 441 直到开口 443 的底部抵靠延伸部 445，从而将探测器组 44' 限定在预定安装位置。

固定装置设置在探测器臂 441 的沿宽度方向的一侧（与固定块 442 设置在同一侧），固定装置的端面形成为安装基准面，并且固定装置相对于安装基准面紧固探测器臂 441。具体地，固定装置可以包括固定件 446 和紧固件 447，固定件 446 的远离支撑框架 5 的端面形成为安装基准面 448，其用于抵靠探测器臂 441 的沿宽度方向的一侧的表面 449。表面 449 是探测器臂 441 的安装表面，其与安装基准面 448 均被加工成具有良好的平面度，当探测器臂 441 的安装表面 449 抵靠安装基准面 448 固定时，可在宽度方向上准确地定位探测器组 44'。紧固件 447 用于相对于固定件 446 的端面 448 紧固探测器臂 441。紧固件 447 可以是固定螺栓，探测器臂 441 的沿宽度方向的与固定件 446 相对的一侧和固定件 446 上形成有对应的螺纹孔，固定螺栓 447 可以穿过固定件 446 和探测器臂 441 上的对应的螺纹孔并拧紧，以相对于安装基准面 448 紧固探测器组 44'。此外，固定装置可以包括多个，例如至少两个，多个固定装置可以沿探测器组 44' 的长度方向间隔布置，以将探测器组 44' 牢固地固定和定位。

通过上述安装固定结构，在安装探测器组 44' 时，在探测器单元朝向扫描区域且宽度方向与被检测物体 6 的输送方向一致的状态下，首先将探测器组 44' 上的固定块 442 的开口 443 对准悬臂部 444 的延伸部 445，使探测器组 44' 沿延伸部 445 移动直到开口 443 的底部抵靠延伸部 445 为止；然后，将紧固件 447 穿过固定件 446 和探测器臂 441 上的对应螺纹孔并拧紧，

从而将探测器组 44' 相对于固定件 446 的安装基准面 448 定位。在拆卸探测器组 44' 时，进行相反的操作即可。

由此，利用上述安装固定结构，由于悬臂部 444 在射线扫描设备中沿被检测物体 6 的输送方向延伸，探测器组 44' 的宽度方向平行于被检测物体 6 的输送方向，且固定块 442 的开口 443 朝向探测器组 44' 的厚度方向一侧，通过使得探测器晶体朝向扫描区域，可以沿垂直于被检测物体 6 的输送方向安装或拆卸探测器组 44'。

此外，可选地，在上述安装固定结构中，第二安装部被配置成在与第一安装部相配合的状态下，将探测器组 44' 支撑在预定安装位置处。即，悬臂部 444 在探测器组 44' 相对于悬臂部 444 的延伸部 445 移动到预定安装位置之后，可以通过固定块 442 支撑整个探测器组 44'，而不需要其他辅助结构或工具。这样，在对探测器组 44' 进行紧固时，不需要额外的工具也不需要操作人员对探测器组 44' 进行扶持即可进行操作，从而改善了操作便利性。

虽然各个探测器组 41'、42'、43'、44' 采用不同的固定安装结构相对于支撑框架 5 拆卸或安装，但是，各个探测器组仍可以在安装后与其他探测器组处于垂直于被检测物体 6 的输送方向的同一平面内。具体地，将各个探测器组的安装基准面设置在被检测物体 6 的输送方向垂直的同一平面内，可以确保各个探测器组 41'、42'、43'、44' 在安装就位之后位于垂直于被检测物体 6 的输送方向垂直的同一平面内。

此外，图 15-图 16 中的固定安装结构的第一安装部与第二安装部之间的直线移动配合采用滑块导轨配合，根据其他实施例，本申请的固定安装结构也可以采用其他的直线移动配合，例如直线滑动或直线滚动配合等，例如直线滚珠轴承与圆柱轴配合等。

以上描述了本实施例的射线扫描设备的探测器 4 的探测器组的安装固定结构。下面继续描述本实施例的射线扫描设备的其他方面的特征。

本实施例的射线扫描设备的射线源 3 和探测器 4 的相对布置与前述实施例基本相同。与前述实施例相同，射线源 3 包括多个射线源模块，各个射线源模块围绕扫描区域布置，并且位于垂直于被检测物体 6 的输送方向

的平面内，特别是同一平面内；探测器 4 包括多个探测器组，多个探测器组位于垂直于被检测物体 6 的输送方向的其他平面内，特别是同一平面内，并且各个探测器组的端部相互连接以围绕扫描区域布置，并且进一步地，在射线源 3 和探测器 4 的组合状态下，探测器 4 沿被检测物体 6 的输送方向的垂直方向布置在射线源 3 的内侧，射线源 3 和探测器 4 布置成在被检测物体 6 的输送方向上至少部分重叠，其中，探测器 4 的多个探测器组可以是前述实施例中所描述的围绕扫描区域的封闭的方形结构、矩形结构、多边形结构或椭圆形结构等任一结构；与前述实施例不同的是，射线源 3 的多个射线源模块布置成围绕扫描区域的在扫描区域左侧开口的非封闭结构，例如左侧开口的矩形结构、多边形结构、椭圆形结构等，如本实施例中前文所述的任一结构。

与前述实施例相同，本实施例的探测器 4 的各探测器组可选地布置成不遮挡同侧射线源模块的射线束，同时能够接收来自其余侧的各个射线源模块的射线。由于射线源 3 和探测器 4 均呈环状布置（其中，射线源 3 是左侧开口的半封闭环），同一个探测器组可以被射线源的不同射线源模块共用。另外，射线源 3 的各个射线源模块的射线除了可以被相对侧的探测器组检测之外，还可以被其他侧探测器组检测到，因此，各个射线源模块的射线可以尽可能多地被探测器检测到。因此，本实施例的探测器同样可以在提高图像质量的同时减少探测器组的数量，降低设备成本。

此外，与前述实施例相同，可选地，探测器 4 的各个探测器组的探测器晶体布置在探测器单元的沿被检测物体 6 的输送方向的端部，并且布置成在被检测物体 6 的输送方向上紧邻同侧射线源模块的射线束边缘，但不遮挡同侧射线源模块的射线束。由此，可以尽可能地减小射线源与探测器之间光路的覆盖长度，从而减小设备长度。

此外，与前述实施例相同，可选地，射线源 3 的各个射线源模块被布置成射线束避开同侧探测器组且照射相对侧探测器组的探测器晶体。具体地，与前述实施例相同，射线源模块可相对于靶轴转动预定角度，以调整射线源模块的射线束的出束角度，从而使得射线束的中心位置照射探测器晶体。由于探测器的探测器晶体在被检测物体 6 的输送方向上位于探测器

单元的端部位置且紧邻同侧射线源的射线束边缘布置，射线源模块可以仅转动非常小的预定角度，例如可以是 1.5 度，即可使得射线束的中心位置照射探测器晶体。这样，能够最大程度地减小射线束斜射入探测器晶体表面对成像产生的不利影响。与前述实施例相同地，射线源模块可绕靶轴或其他轴线转动、或通过前述实施例中所提及的其他适合的方式来调节射线束的出束角度。

此外，与前述实施例相同，本实施例的射线源的相邻射线源模块的端部处也缺少投影数据，因此本实施例的射线扫描设备的图像处理模块也被配置成具有数据补偿功能，其能够针对视角缺失数据进行补偿和/或对重建图像进行修复，以提高图像质量。本实施例的射线扫描设备的图像处理模块采用与前述实施例相同的方法进行图像重建。

除了具备与前述实施例的射线扫描设备相同的优点以外，本实施例的射线扫描设备还具有以下优势。

本实施例的射线扫描设备特别适应于在机场手提行李安全检测中使用。机场手提行李具有体积小（例如通常在 600mm*400mm 以内）以及长度、宽度大和厚度小的特点，且其放置在传送装置上进行检测时通常是厚度沿上下方向，宽度沿左右方向，以及长度沿输送方向。而本实施例的射线扫描设备在扫描区域的上下两侧均布置了射线源模块以在厚度方向上对行李进行扫描。这样，在尺寸较小的厚度方向上可以获得更多的投影数据。此外，由于行李厚度小，厚度方向上的投影数据受到自遮挡和射线衰减的影响都较小，因此，厚度方向上的投影数据相比较于其他方向更加准确、清晰，有利于提高图像质量。同时，本发明的射线扫描设备的射线源在行李的宽度方向上仅在一侧设置射线源模块，在宽度方向上，投影数据受到行李物品自遮挡和射线衰减的影响都较大，因此投影数据质量相对于厚度方向上的投影数据质量要差，在行李的宽度方向上仅在一侧设置射线源模块可以在保证图像质量的同时降低射线源成本。

此外，本实施例的射线扫描设备虽然在扫描区域左侧没有设置射线源，但是仍然设置了与扫描区域左侧位置相对的右侧探测器组，该右侧探测器组可接收上下两侧的射线源模块的射线，增加上下两侧射线源模块的射线

的对应检测数据。因此，相对于仅在每个射线源模块对侧设置探测器组的情况，可以提高图像质量。

此外，本实施例以射线源的多个射线源模块布置在垂直于被检测物体的输送方向的同一平面内为例进行了描述，但是同样适用于射线源的多个射线源模块布置在垂直于被检测物体的输送方向的不同平面内的情况。

此外，实施例以探测器的多个探测器组布置在被检测物体的输送方向的同一平面内为例进行了描述，但是同样适用于探测器的多个探测器组布置在垂直于被检测物体的输送方向的不同平面内的情况。

在前述实施例中，描述了射线源在上下左右四侧上围绕扫描区域的射线扫描设备。根据其他实施例，本申请还提供了一种射线扫描设备，其布置基本与该前述实施例的射线扫描设备相同，区别主要在于射线源的布置，其中在本实施例中，射线源仅在上侧、左侧和右侧三侧围绕扫描区域，即，射线源仅在传送装置的上方围绕扫描区域，而在传送装置下方不设置射线源模块（具体可参见图 18，图 18 示出了根据本实施例的射线源和探测器的布局示意图）。这里，传送装置的上方不仅包括传送装置的正上方，还包括传送装置的侧上方；另外，传送装置的上方并不严格限定为在高度上必须高于传送装置，在高度上与传送装置大致相同，或者略低于传送装置的情况也包括在本实施例的范围内。

具体地，在该前述实施例的射线扫描设备中，射线源 3 的各个射线源模块是分布式多点源，多个射线源模块可以布置成围绕扫描区域的矩形结构、多边形结构、椭圆形结构等。在本实施例中，射线源的多个射线源模块仍然可以是分布式多点源，不同的是多个射线源模块布置成围绕扫描区域的在传送装置下方开口的非封闭结构，例如在传送装置下方开口的矩形结构、多边形结构、椭圆形结构等。在该前述实施例中，射线源 3 以非连续或连续的矩形结构、连续的多边形结构、连续的圆角矩形、非连续的多边形或非连续的圆角矩形结构以及其他多边形和椭圆形的结构布置，而在本实施例中，射线源以在传送装置下方开口的非连续的或连续的矩形结构、连续的多边形结构、连续的圆角矩形、非连续的多边形或非连续的圆角矩形结构以及其他多边形和椭圆形的结构布置，例如相对于图 2 所示的射线

源，本实施例的射线源 3 至少不包括下方的射线源模块 33，在有些情况下还不包括射线源模块 32、34 的低于传送装置 1 的部分；例如相对于图 4 中 (b) - (c) 所示的射线源，本实施例的射线源 3 至少不包括被检测物体 6 下方的射线源模块。

此外，与该前述实施例相同，本实施例的射线源也可以由多个单点源构成，区别仅在于本实施例的射线源 3 不包括底视角、左下斜视角和右下斜视角处的单点源。

除了上述区别之外，本实施例的射线源的其他方面的特征均与该前述实施例中的射线源 3 相同。

本实施例的探测器的各个方面的特征基本上与该前述实施例中的探测器 4 相同，不同之处仅在于在本实施例中，探测器与仅在上侧、左侧和右侧围绕扫描区域的射线源组合，探测器 4 的位于扫描区域下方的探测器组的同侧没有射线源模块，探测器 4 的位于扫描区域下方的探测器组的拆卸和安装将不会受到下侧射线源模块的阻碍。因此，探测器的各个探测器组除了可以采用与该前述实施例相同的安装固定结构进行拆装以外，位于扫描区域下方的探测器组在不受左侧或右侧射线源模块妨碍的情况下，还可以采用沿垂直于被检测物体 6 输送方向的方向相对于支撑框架 5 拆卸或安装，具体地，可以采用前述参考图 16 所描述的安装固定结构进行拆装。

此外，本实施例的射线扫描设备的射线源 3 和探测器 4 的相对布置与该前述实施例基本相同。具体地，与该前述实施例相同，射线源 3 包括多个射线源模块，各个射线源模块围绕扫描区域布置，并且位于垂直于被检测物体 6 的输送方向的平面内，特别是同一平面内；探测器 4 包括多个探测器组，多个探测器组位于垂直于被检测物体 6 的输送方向的其他平面内，特别是同一平面内，并且各个探测器组的端部相互连接以围绕扫描区域布置，并且进一步地，在射线源 3 和探测器 4 的组合状态下，探测器 4 沿被检测物体 6 的输送方向的垂直方向布置在射线源 3 的内侧，射线源 3 和探测器 4 在被检测物体 6 的输送方向上至少部分重叠，其中探测器 4 的多个探测器组可以是前述实施例中所述的围绕扫描区域的封闭的方形结构、矩形结构、多边形结构或椭圆形结构等任一结构；与前述实施例不同的是，

射线源 3 的多个射线源模块布置成围绕扫描区域的在传送装置下方开口的非封闭结构，如在传送装置下方开口的矩形结构、多边形结构、椭圆形结构等，如本实施例中前文所述的任一结构。

与前述实施例相同，本实施例的探测器 4 的各探测器组可选地布置成不遮挡同侧射线源模块的射线束，同时能够接收来自其余侧的各个射线源模块的射线。由于射线源 3 和探测器 4 均呈环状布置（其中，射线源 3 是下部开口的半封闭环），由此，同一个探测器组可以被射线源的不同射线源模块共用。另外，射线源 3 的各个射线源模块的射线除了可以被相对侧的探测器组检测之外，还可以被其他侧探测器组检测，因此，各个射线源模块的射线可以尽可能多地被探测器检测到。因此，本实施例的探测器同样可以在提高图像质量的同时减少探测器组的数量，降低设备成本。

此外，与前述实施例相同，可选地，探测器 4 的各个探测器组的探测器晶体布置在探测器单元的沿被检测物体 6 的输送方向的端部，并且布置成在被检测物体 6 的输送方向上紧邻同侧射线源模块的射线束边缘，但不遮挡同侧射线源模块的射线束。由此，可以尽可能地减小射线源与探测器之间光路的覆盖长度，从而减小设备长度。

此外，与前述实施例相同，可选地，射线源 3 的各个射线源模块被布置成射线束避开同侧探测器组且照射相对侧探测器组的探测器晶体。具体地，与前述实施例相同，射线源模块可相对于靶轴转动预定角度，以调整射线源模块的射线束的出束角度，从而使得射线束的中心位置照射探测器晶体。由于探测器的探测器晶体在被检测物体 6 的输送方向上位于探测器单元的端部位置且紧邻同侧射线源的射线束边缘布置，射线源模块可以仅转动非常小的预定角度，例如可以是 1.5 度，即可使得射线束的中心位置照射探测器晶体。这样，能够最大程度地减小射线束斜射入探测器晶体表面对成像产生的不利影响。与前述实施例相同地，射线源模块可绕靶轴或其他轴线转动、或通过前述实施例中所提及的其他适合的方式来调节射线束的出束角度。

此外，与前述实施例相同，本实施例的射线源的相邻射线源模块的端部处也缺少投影数据，因此本实施例的射线扫描设备的图像处理模块也被

配置成具有数据补偿功能，其能够针对视角缺失数据进行补偿和/或对重建图像进行修复，以提高图像质量。本实施例的射线扫描设备的图像处理模块采用与前述实施例相同的方法进行图像重建。

除了具备与前述实施例的射线扫描设备相同的优点外，本实施例的射线扫描设备还具有以下优势。

本实施例的射线扫描设备在传送装置下方没有布置射线源模块，因此可以降低传送装置的高度，方便被检测物品到传送装置的输送；此外，相对于在传送装置下方也布置射线源模块的前述实施例，本实施例可以节约设备成本。

此外，本实施例的射线扫描设备虽然没有设置下部射线源，但是仍然设置了与下部位置相对的上方探测器组，该上方探测器组可接收左右两侧的射线源模块的射线，增加左右两侧射线源模块的射线的对应检测数据。因此，相对于仅在每个射线源模块对侧设置探测器组的情况，可以提高图像质量。

此外，本实施例以射线源的多个射线源模块布置在垂直于被检测物体的输送方向的同一平面内为例进行了描述，但是同样适用于射线源的多个射线源模块布置在垂直于被检测物体的输送方向的不同平面内的情况。

此外，实施例以探测器的多个探测器组布置在被检测物体的输送方向的同一平面内为例进行了描述，但是同样适用于探测器的多个探测器组布置在垂直于被检测物体的输送方向的不同平面内的情况。

在前述实施例中，描述了射线源和探测器在上下左右四侧上围绕扫描区域的射线扫描设备。根据其他实施例，本申请还提供了一种射线扫描设备，其与该前述实施例的射线扫描设备结构基本相同，区别仅在于射线源和探测器的布置不同。具体区别如下：在本实施例中，从被检测物体的输送方向观察，射线源的多个射线源模块以在扫描区域的一侧开口的非封闭结构围绕扫描区域布置，探测器的多个探测器组也以在扫描区域的一侧开口的非封闭结构围绕扫描区域布置，并且，探测器的非封闭结构的开口与射线源的非封闭结构的开口相对设置；此外，探测器的多个探测器组固定

在垂直于被检测物体的输送方向的同一平面内，而射线源的多个射线源模块固定在垂直于被检测物体的输送方向的多个不同平面内，例如，射线源的布置在探测器的非封闭结构的开口一侧的射线源模块与探测器的各个探测器组固定在垂直于被检测物体的输送方向的同一平面内，而射线源的其他射线源模块固定在垂直于被检测物体的输送方向的其他平面内。

下面详细地描述根据本实施例的射线扫描设备的射线源的结构和布置。

与所述前述实施例相同，本实施例的射线扫描设备的射线源包括多个射线源模块，且各个射线源模块可以是分布式多点源。作为分布式多点源，每个射线源模块可具有多个靶点，每个射线源模块的每个靶点可单独产生射线束，并且各个靶点可以在控制装置的控制下按照预定时序产生射线束。射线束可以是具有张角 A 的扇形束，如图 3 所示。当然，射线束的形状不限于扇形束，可以也是锥形束、平行束等其他形状的射线束，可以根据需要具体设置。

在所述前述实施例中，沿被检测物体的输送方向观察，射线源的多个射线源模块在四侧上围绕扫描区域，而在本实施例中，沿被检测物体的输送方向观察，射线源的多个射线源模块仅在三侧上围绕扫描区域布置，即，以在扫描区域一侧开口的非封闭结构围绕扫描区域布置。具体地，如图 19-图 21 所示（图 19 是根据本实施例的射线扫描设备的射线源和探测器的布局的立体示意图，图 20 是图 19 所示的射线源和探测器的沿被检测物体的输送方向观察的侧视示意图，图 21 是图 19 所示的射线源和探测器的布局的俯视示意图，其中扫描区域左侧和右侧的射线源模块布置在垂直于被检测物体输送方向的同一平面内（如图 21 中的实线射线出口位置所示），而扫描区域下方的射线源模块布置在垂直于被检测物体输送方向的另一平面内（如图 21 中的虚线射线出口位置所示）），从被检测物体的输送方向观察，射线源 3 包括分别布置在扫描区域的左侧、右侧和下侧的射线源模块 31、32、33，射线源模块 31、32、33 形成在扫描区域上侧开口的围绕扫描区域的非封闭结构。在图示实施例中，射线源模块为直线分布式多点源，射线源的非封闭结构是在扫描区域上侧开口的直角矩形结构。射线源 3 的射线源模块 31、32、33 不限于直线分布式多点源，根据其他实施例，

还可以呈弧线状、折线状等。直线状、弧形状或折线状的射线源模块可以根据需要设置或组合，使得从被检测物体的输送方向观察，射线源 3 可以呈在扫描区域上侧开口的围绕扫描区域的圆角矩形结构、多边形结构、椭圆形结构等。此外，沿被检测物体的输送方向观察，射线源 3 的射线源模块不限于设置在扫描区域的左侧、右侧和下侧上，并且还可以设置在例如上侧、左侧和右侧，上下两侧和左侧，以及上下两侧和右侧，具体可以根据实际使用场景进行设置。在本实施例下文的描述中，以射线源模块设置在扫描区域的左侧、右侧和下侧的情况为例进行描述，但所描述的原理同样适用于射线源模块以其他任意三侧布置的情况。

与所述前述实施例相同，本实施例的射线源的多个射线源模块也是可相互独立拆卸和安装的，即，每个射线源模块具有单独的腔体以用于容纳各自的射线发生装置，每个射线源模块具有单独的腔体意味着各个射线源模块的多个靶点共用一个单独的真空腔。每个射线源模块的多个靶点在真空腔体内的间距可以由靶点数量和腔体的长度决定。根据一些实施例，单个射线源模块中的靶点数量可以是 192、264 等，单个射线源模块中的靶点间距可以是 4mm、12mm 等。每个射线源模块具有单独的腔体具有如下优点：相对于一体式环形腔体的射线源（即，射线源的所有靶点均位于同一个环形真空腔体内），可以缩小单个射线源模块的外壳尺寸以及内部真空腔体的体积，使单个射线源模块体积减小、重量减轻，因此方便射线源的拆卸和安装；另外，每个射线源模块采用单独的真空腔体，可以降低对射线源模块进行维护时腔内打火的风险。

进一步地，与所述前述实施例相同，射线源 3 的各个射线源模块设置有安装定位结构，以便于射线源模块的安装和调节。借助于安装定位结构，射线源 3 的各个射线源模块可安装和固定在射线扫描设备中的预定位置处。此外，借助于安装定位结构，射线源模块还可以被旋转以调节射线束的出束角度。射线源 3 的各个射线源模块由于在射线扫描设备中的位置不同可采用不同的安装方式，具有不同的安装定位结构。例如，位于扫描区域左侧和右侧的射线源模块可通过天车等设备采用吊装的方式进行安装，位于扫描区域下侧的射线源模块不适于采用吊装的方式，可以采用如在所述前

述实施例中描述的安裝定位結構（如图 5 所示的安裝定位結構等）進行安裝固定或調節射線束的出束角度。

此外，與所述前述實施例相同，射線源 3 也可以由多個單點源構成，各個射線源模塊可以是單點源組，每個單點源組至少包括兩個單點源。每個單點源可以單獨地發射射線束，例如具有張角 A 的扇形束（如图 3 所示）。射線源 3 的各個單點源可以在射線掃描系統的控制裝置的控制下按照預定的時序發射射線。在各個射線源模塊是單點源組的情況下，從被檢測物體 6 的輸送方向觀察，單點源組至少分布在底視角、左側視角和右側視角處，可以進一步分布在角落斜視角處，例如左下斜視角和右下斜視角處，甚至更進一步地包括左上斜視角和右上斜視角處（如图 22 所示）。

下面，詳細描述本實施例的射線掃描設備的探測器 4 的布置。與所述前述實施例相同，探測器 4 可以包括多個探測器組，多個探測器組可選地位於垂直於被檢測物體 6 的輸送方向的同一平面內。此外，與所述前述實施例相同，本實施例的探測器組也是包括多個探測器單元的探測器陣列。

此外，在所述前述實施例中，沿被檢測物體的輸送方向觀察，探測器 4 的多個探測器組在四側上圍繞掃描區域布置，形成圍繞掃描區域的封閉結構，而在本實施例中，沿被檢測物體的輸送方向觀察，探測器 4 的探測器組僅在三側上圍繞掃描區域布置，即，以在掃描區域一側開口的非封閉結構圍繞掃描區域布置。具體地，如图 19-图 21 所示，探測器 4 包括分別布置在掃描區域的左側、右側和上側的探測器組 41、42、43，探測器組 41、42、43 端部相互連接形成圍繞掃描區域的在掃描區域下側開口的非封閉結構。在图 19-图 21 所示的實施例中，探測器組 41、42、43 是包括沿直線排列的多個探測器單元的直線探測器陣列，從而形成在掃描區域下側開口的非封閉的矩形或方形結構。但是，本實施例的探測器 4 不限於上述結構，還可以布置成其他結構。例如，探測器 4 可以包括 3 個較長的直線探測器陣列和 2 個較短的直線探測器陣列，這些探測器陣列環繞掃描區域交替布置且端部相互連接，以形成在掃描區域下側開口的非封閉的多邊形結構（如图 23 所示）。此外，探測器 4 還可以包括其他數量的多個較長的直線探測器陣列和其他數量的多個較短的直線探測器陣列，這些探測器陣列環

绕扫描区域交替布置且端部相互连接，以形成在扫描区域下侧开口的非封闭的其他多边形结构。本实施例的探测器 4 的探测器组还可以弧形探测器阵列，多个弧形探测器阵列围绕扫描区域布置且端部相互连接，以形成在扫描区域下侧开口的非封闭的椭圆形结构。本实施例的探测器 4 的探测器组还可以是直线探测器阵列和弧形探测器阵列的组合，以形成其他形状的在扫描区域下侧开口的非封闭结构，例如在扫描区域下侧开口的圆角矩形结构等。这里，探测器单元的结构以及直线探测器阵列形式和弧形探测器阵列形式的探测器组的结构与该前述实施例中所描述的结构完全相同。

此外，探测器 4 的探测器组不限于图 19-图 21 所示的设置在扫描区域的左侧、右侧和上侧上，并且还可以设置在例如下侧、左侧和右侧，上下两侧和左侧，以及上下两侧和右侧，只要可以使得射线源的非封闭结构的开口与射线源的非封闭结构的开口相对即可。在本实施例中，以图 19-图 21 所示的探测器组设置在扫描区域的左侧、右侧和上侧的情况为例进行描述，但本实施例同样适用于探测器组布置在其他任意三侧的情况。

此外，与该前述实施例相同，在一些实施例中，探测器 4 的各个探测器组是可独立拆卸和安装的，由此，可改善探测器的可维护性。而且，与该前述实施例相同，本实施例的探测器 4 的多个探测器组构造成沿被检测物体 6 的输送方向移动以拆卸和安装，这样当探测器 4 的探测器组沿垂直于被检测物体 6 的输送方向布置在射线源 3 内侧时，可以在不需要拆卸射线源的情况下进行探测器组的拆装、调节和维护，进一步改善探测器的可维护性。如图 19-图 21 所示的探测器 4，探测器组 41、42、43 可以沿平行于被检测物体 6 的输送方向移动以拆卸和安装，从而可以在不需要拆卸射线源模块 31、32、33 的情况下进行拆装、调节和维护。探测器 4 的探测器组 41、42、43 可以采用与在所述前述实施例中描述的相同的安装固定结构（如图 9 所示的实施例及其变形例等）相对于其在射线扫描设备中的安装位置沿被检测物体 6 的输送方向移动以从所述安装位置拆卸或安装到该安装位置。例如，与所述前述实施例类似，探测器组 41、42、43 可以经由探测器臂安装到射线扫描设备的支撑框架 5 或从支撑框架 5 拆卸。

此外，在射线源或探测器的非封闭结构的开口朝向扫描区域的左侧或

右侧的情况下，探测器 4 的探测器组还可以沿被检测物体的输送方向的垂直方向移动以拆卸和安装。如图 24 所示，沿被检测物体的输送方向观察，射线源的射线源模块 31、32、33 的非封闭结构的开口朝向扫描区域的左侧，探测器 4 的探测器组 41、42、43 的非封闭结构的开口朝向扫描区域的右侧。在这种情况下，探测器组 41、42、43 可以沿垂直于被检测物体输送方向的方向相对于安装位置（例如支撑框架 5）移动以拆卸或安装，具体移动方向如图 24 的（b）图中的箭头所示。由于扫描区域左侧没有设置射线源模块，因此射线源对探测器的上述移动方式没有阻碍，可以方便地拆卸探测器组。可以采用在前文中描述的适用于沿被检测物体的输送方向的垂直方向拆装探测器组的安装固定结构，例如参考图 15-图 17 描述的安装固定结构及其变形例等实现这样的拆装方式。

此外，探测器 4 的探测器组还可以设置成部分沿被检测物体的输送方向移动以拆卸和安装，另一部分沿被检测物体的输送方向的垂直方向移动以拆卸和安装。例如，在图 19-图 21 所示的实施例，如果扫描区域左侧或右侧的射线源模块 31、32 的最高点低于扫描区域上方的探测器组 41，探测器组 41 也可以沿被检测物体的输送方向的垂直方向移动以拆卸和安装。具体的安装固定结构可以采用图 15 所示的实施例及其变形例。类似地，如果探测器 4 的探测器组布置在扫描区域的左侧、右侧和下侧，而下侧的探测器组低于左侧和右侧射线源模块的最低点，下侧探测器组也可以沿被检测物体的输送方向的垂直方向移动以拆卸和安装。具体的安装固定结构可以采用图 16 所示的实施例及其变形例。

此外，与所述前述实施例相同，探测器的多个探测器组借助于各自的安装表面和对应的安装基准面（设置在垂直于被检测物体 6 的输送方向的同一平面内）而在安装后处于垂直于被检测物体 6 的输送方向的同一平面内。

下面，进一步描述根据本实施例的射线扫描设备的射线源 3 和探测器 4 的相对布置。本实施例的射线源 3 和探测器 4 的相对布置与前述实施例不同。在本实施例中，在射线源和探测器的组合状态下，射线源的非封闭结构的开口与探测器的非封闭结构的开口相对布置，探测器的多个探测器组

固定在垂直于被检测物体的输送方向的同一平面内，而射线源的多个射线源模块布置在垂直于被检测物体的输送方向的多个平面内，例如，射线源的布置在探测器的非封闭结构的开口一侧的射线源模块与探测器的各个探测器组固定在垂直于被检测物体的输送方向的同一平面内，而射线源的其他射线源模块固定在垂直于被检测物体的输送方向的其他平面内。射线源的其他射线源模块可位于垂直于被检测物体的输送方向的其他单个平面内或其他多个不同平面内，可选地是其他单个平面内，本实施例以其他射线源模块布置在垂直于被检测物体的输送方向其他单个平面内（如图 21 所示）为例进行描述，但同样适用于其他多个不同平面的情况。

在射线源和探测器的组合状态下，射线源可以是如前所述任意实施例的结构，例如沿被检测物体的输送方向观察呈在扫描区域一侧开口的矩形、多边形、椭圆形结构等，探测器可以是如前所述任意实施例的结构，如在扫描区域一侧开口的方形结构、矩形结构、多边形结构、椭圆形结构等，只要射线源和探测器结构的开口相对布置即可。下面，以图 19-图 21 所示实施例为例来描述射线源 3 和探测器 4 在组合状态下的详细布置，但是相同的原理同样适用于射线源 3 和探测器 4 的其他任何结构的组合。

在一些示例中，与所述前述实施例类似地，基于如上所述的射线源 3 和探测器 4 的组合，鉴于探测器的环状布置（半封闭环），探测器 4 的探测器组 41、42、43 可以分别布置成能够接收来自其余侧的各个射线源模块的射线，使得射线源的多个射线源模块可以共用探测器的各个探测器组。由此，可以减少探测器组的数量。此外，由于射线源模块 31、32 的射线除了可以分别被相对侧的探测器组 42、41 检测之外，还可以被除了同侧探测器之外的其他侧探测器组接收，射线源模块 33 的射线则可以被所有探测器组 41、42、43 接收，因此，各个射线源模块的射线可以尽可能多地被探测器检测到。结果，虽然仅在扫描区域的三个侧面上布置射线源模块和探测器，本实施例的射线扫描设备仍然可以获取足够的检测数据来进行图像重建，同时，由于减少了射线源模块和探测器组，可以减轻设备重量，从而有利于构造轻型化射线扫描设备。

此外，在一些示例中，射线源 3 的射线源模块 33 布置成与探测器 4 的

各个探测器组 41、42、43 处于垂直于被检测物体的输送方向的同一平面内。这具体地是指射线源模块 33 的射线出口正对各个探测器组的探测器晶体（如图 21 所示）。由此，射线源模块 33 的射线束可以覆盖到更多的探测器晶体，有利于获取更多的检测数据，提高图像质量。

此外，在一些示例中，与上述前述实施例中的各个探测器组类似地，从被检测物体的输送方向观察，即在被检测物体的输送方向的垂直方向上，探测器 4 的与其他射线源模块 31、32 同侧的探测器组 41、42 分别布置在射线源 3 的其他射线源模块 31、32 与扫描区域之间，并且沿被检测物体的输送方向，其他射线源模块 31、32 与同侧的探测器组 41、42 至少部分重叠（如图 21 所示）。由此，可以减小射线源与探测器之间光路所覆盖的设备长度，从而减小设备总长度。

另外，在与所述前述实施例的各个探测器组类似地，在探测器组 41、42 在被检测物体的输送方向上与射线源模块 31、32 至少部分重叠的情况下，探测器组 41、42 被构造成分别避开同侧射线源模块 31、32 的射线束并且接收除了同侧射线源模块之外的其余所有侧射线源模块的射线。

更进一步地，与所述前述实施例类似，探测器 4 的各个探测器组的探测器晶体布置在探测器单元的沿被检测物体的输送方向的端部，并且探测器 4 的与其他射线源模块 31、32 同侧的探测器组 41、42 布置成在被检测物体的输送方向上分别紧邻同侧射线源模块 31、32 的射线束边缘，但不遮挡同侧射线源模块 31、32 的射线束。由此，射线源 3 和探测器 4 能够最大程度地在被检测物体 6 的输送方向上重叠，从而可以尽可能地减小射线源与探测器之间的光路所覆盖的设备长度，从而可以减小设备总长度。

更在一些示例中，与所述前述实施例类似，射线源 3 的射线源模块 31、32 被布置成射线束分别避开同侧探测器组 41、42 且照射相对侧探测器组的探测器晶体。更进一步地，与所述前述实施例相同，射线源模块 31、32 可相对于各自的靶轴转动预定角度，以调整各自的射线束的出束角度，从而使得各自射线束的中心位置照射相对侧的探测器晶体。由于探测器的探测器晶体在被检测物体的输送方向上位于探测器单元的端部位置且紧邻同侧射线源的射线束边缘布置，射线源模块可以仅转动非常小的预定角度，

例如可以是 1.5 度，即可使得射线束的中心位置照射探测器晶体。这样，能够最大程度地减小射线束斜射入探测器晶体表面对成像产生的不利影响。此外，与所述前述实施例相同地，射线源模块可绕靶轴或其他轴线转动、或通过前述实施例中所提及的其他适合的方式来调节射线束的出束角度。

此外，与所述前述实施例类似的，本实施例的射线源的相邻射线源模块的端部处也可能缺少投影数据。例如，在如图 19-图 21 所示的实施例中，射线源模块 31、33 的相邻端部处以及射线源模块 33、32 的相邻端部处的靶点之间的间距可能大于每个射线源内的靶点之间的间距，因此，在这些端部处缺少投影数据。因此，与所述前述实施例类似，本实施例的射线扫描设备的图像处理模块也被配置成具有数据补偿功能，其能够针对视角缺失数据进行补偿和/或对重建图像进行修复，以提高图像质量。本实施例的射线扫描设备的图像处理模块采用与前述实施例相同的方法进行图像重建。

当然，根据其他实施例，由于射线源模块 31、32 与射线源模块 33 布置在垂直于被检测物体输送方向的不同平面内，可以在一些示例中将射线源模块 31、33 的相邻端部和/或射线源模块 33、32 的相邻端部设置成沿被检测物体的输送方向重叠布置，使得相邻射线源模块 31、33 或 32、33 的相邻端部处靶点重叠，或靶点间距不大于每个射线源内的靶点之间的间距。在这种情况下，不存在投影数据缺失，相应地，不需要使用图像处理模块的数据补偿功能来进行图像重建。

除了具备与所述前述实施例的射线扫描设备相同的优点以外，本实施例的射线扫描设备还具有以下优势。

本实施例的射线源和探测器均仅在三侧上围绕扫描区域，相对于在四侧上（可以是射线源和探测器其中一者或两者）围绕扫描区域的情况，可以获取足够的数据来进行图像重建，还可以降低设备成本，减小设备重量，从而可提供轻型化射线扫描设备。

此外，本实施例单独地使在扫描区域一侧上的射线源模块正对探测器的探测器晶体，可以使得该射线源模块的射线覆盖到更多的探测器单元，有利于增加数据量，提高图像质量。

以上描述了射线源在上下左右四侧或者在其中任意三侧上围绕扫描区域的射线扫描设备，根据其他实施例，射线源还可以布置成仅在上下左右四侧中的任意两侧围绕扫描区域。

以上描述了用于射线源的各个射线源模块的安装定位结构，以上安装定位结构不限于在本申请的射线扫描设备中使用，还可以在其他适合的射线扫描设备中使用。

以上描述了用于探测器组的各种安装固定结构，以上安装固定结构不限于在本申请的射线扫描设备中使用，还可以在其他适合的射线扫描设备中使用，各个实施例的安装固定结构可单独使用，也可在单个射线扫描设备中组合使用。

以上所述仅为本申请的优选实施例而已，并不用于限制本申请，对于本领域的技术人员来说，本申请实施例可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内

本领域技术人员应能理解，上述实施例均是示例性而非限制性的。在不同实施例中出现的不同技术特征可以进行组合，以取得有益效果。本领域技术人员在研究附图、说明书及权利要求书的基础上，应能理解并实现所揭示的实施例的其他变化的实施例。在权利要求书中，术语“包括”并不排除其他装置或步骤；物品没有使用数量词修饰时旨在包括一个/种或多个/种物品，并可以与“一个/种或多个/种物品”互换使用”；术语“第一”、“第二”用于标示名称而非用于表示任何特定的顺序。权利要求中的任何附图标记均不应被理解为对保护范围的限制。权利要求中出现的多个部分的功能可以由一个单独的硬件或软件模块来实现。某些技术特征出现在不同的从属权利要求中并不意味着不能将这些技术特征进行组合以取得有益效果。

权 利 要 求 书

1. 一种射线扫描设备，包括：

传送装置，其运送被检测物体通过所述射线扫描设备的扫描区域；

射线源，其包括多个射线源模块，每个射线源模块包括发射射线束的至少一个射线源点，所述多个射线源模块在所述传送装置上方围绕所述扫描区域布置，并且固定在垂直于所述被检测物体的输送方向的平面内；以及

探测器，其用于检测在扫描期间传输通过所述被检测物体的射线并且包括多个探测器组，所述多个探测器组的端部相互连接以围绕所述扫描区域布置，并且所述多个探测器组固定在垂直于所述被检测物体的输送方向的平面内，

其中，所述探测器沿所述被检测物体的输送方向的垂直方向位于所述射线源和所述扫描区域之间，所述射线源和所述探测器布置成沿所述被检测物体的输送方向至少部分重叠，并且所述多个射线源模块可相互独立地拆卸和安装。

2. 根据权利要求1所述的射线扫描设备，其中，所述射线源模块为分布式多点源，所述多个射线源模块围绕所述扫描区域构成在所述传送装置下方开口的非封闭结构。

3. 根据权利要求2所述的射线扫描设备，其中，所述多个射线源模块的各个为直线分布式多点源，多个直线分布式多点源布置在所述扫描区域的上侧、左侧和右侧，其中所述多个直线分布式多点源的端部直接连接或间隔布置。

4. 根据权利要求2所述的射线扫描设备，其中，所述多个射线源模块包括多个第一分布式多点源和多个第二分布式多点源，所述多个第一分布式多点源与所述多个第二分布式多点源交替布置，且端部之间直接连接或间隔设置。

5. 根据权利要求4所述的射线扫描设备，其中，所述第一分布式多点源是直线分布式多点源，所述第二分布式多点源是长度比所述第一分布式多点源短的直线分布式多点源或弧形分布式多点源。

6. 根据权利要求1所述的射线扫描设备，其中，所述多个射线源模块的各个是单点源组，多个单点源组至少布置在所述传送装置上方的左侧视角、右侧视角、顶视角和角落斜视角上，并且每个单点源组包括至少两个单点源。

7. 根据权利要求1-5中任一项所述的射线扫描设备，其中，每个射线源模块具有单独的腔体以用于容纳各自的射线发生装置。

8. 根据权利要求7所述的射线扫描设备，其中，每个射线源模块的单独腔体设置有安装定位结构，所述安装定位结构用于对所述射线源模块进行安装和定位，并且用于转动所述射线源模块以调节射线束的出束角度。

9. 根据权利要求1-6和8中任一项所述的射线扫描设备，其中，每个探测器组是包括多个探测器单元的探测器阵列，所述多个探测器组布置成围绕所述扫描区域的封闭的方形结构、矩形结构、多边形结构或椭圆形结构。

10. 根据权利要求9所述的射线扫描设备，其中，每个探测器组是直线探测器阵列，所述探测器包括四个直线探测器阵列，所述四个直线探测器阵列布置在扫描区域的上下左右四侧，形成矩形或方形结构。

11. 根据权利要求9所述的射线扫描设备，其中，每个探测器组是直线探测器阵列，所述探测器包括多个第一直线探测器阵列和多个第二直线探测器阵列，所述第二直线探测器阵列比所述第一直线探测器阵列短，所述第一直线探测器阵列和所述第二直线探测器阵列环绕所述扫描区域交替布置以形成多边形结构。

12. 根据权利要求9所述的射线扫描设备，其中，所述探测器的各个探测器组是可相互独立地拆卸和安装的。

13. 根据权利要求12所述的射线扫描设备，其中，所述探测器的各个探测器组构造成沿所述被检测物体的输送方向移动以拆卸和安装。

14. 根据权利要求12所述的射线扫描设备，其中，所述探测器的各个探测器组构造成一部分探测器组沿所述被检测物体的输送方向移动以拆卸和安装，另一部分探测器组沿所述被检测物体的输送方向的垂直方向移动以拆卸和安装。

15. 根据权利要求 13 或 14 所述的射线扫描设备，其中，所述探测器的各个探测器组包括探测器臂，所述射线扫描设备包括相对于所述射线扫描设备的安装平台固定的支撑框架，所述探测器组经由所述探测器臂沿所述被检测物体的输送方向或所述被检测物体的输送方向的垂直方向移动以安装到所述支撑框架或从所述支撑框架拆卸。

16. 根据权利要求 9 所述的射线扫描设备，其中，所述探测器的各个探测器组被构造成避开同侧射线源模块的射线束并且接收除了同侧射线源模块之外的其余所有侧射线源模块的射线。

17. 根据权利要求 9 所述的射线扫描设备，其中，所述探测器组的每个探测器单元包括用于接收在扫描期间传输通过所述被检测物体的射线的探测器晶体，所述探测器晶体布置在所述探测器单元的沿所述被检测物体的输送方向的端部，并且布置成在所述被检测物体的输送方向上紧邻同侧射线源模块的射线束边缘，但不遮挡所述射线束。

18. 根据权利要求 17 所述的射线扫描设备，其中，所述射线源的各个射线源模块布置成使得射线束避开同侧探测器组并且照射相对侧的探测器组的探测器晶体。

19. 根据权利要求 18 所述的射线扫描设备，其中，各个射线源模块构造成绕靶轴转动以使得射线束的中心位置照射相对侧的探测器组的探测器晶体。

20. 根据权利要求 1-6、8、10-14 以及 16-19 中任一项所述的射线扫描设备，还包括：

图像处理模块，所述图像处理模块配置成针对所述射线源模块的端部处的投影数据缺失进行数据补偿和/或重建图像修复以得到完整重建图像。

21. 根据权利要求 20 所述的射线扫描设备，其中，所述图像处理模块构造成通过迭代方法、图像阈修复方法或者两者的组合来进行图像重建。