

射线成像系统以及射线成像方法

相关申请的交叉引用

本公开要求享有于 2021 年 07 月 07 日提交的名称为“射线成像系统以及射线成像方法”的中国专利申请 202110768526.4 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

本公开涉及物品检测系统，更具体地涉及射线成像系统以及射线成像方法。

背景技术

射线成像技术（digital radiography, DR）是计算机数字图像处理技术与射线放射技术相结合的一种射线成像技术。它具有图像质量清晰、成像速度快、辐射量小等优点，被广泛应用于医疗和安检领域。它的基本原理是射线与物体相互作用之后，由于物体的物理性质不同，出射的射线达到探测器的剂量就不同。根据探测到的射线信号，便可以形成一幅射线成像投影图像。

通常的射线成像系统，射线源与探测器位于相同平面内，该平面与物体传送方向垂直。例如，探测器为折线状，具有主探测器臂架和非主探测器臂架，在主探测器臂架和非主探测器臂架构成的平面内，设置有射线源。

但是，该射线源与探测器位于相同平面的设置存在无法充分利用射线源和探测器的情况。另外，由于需要将射线源与探测器布置在相同平面内，因此在射线成像系统的设计上也存在较多的限制。

发明内容

本公开提供了一种射线成像系统以及射线成像方法，其目的在于

至少解决的上述至少一个问题。

本公开涉及的一个方式是一种射线成像系统，其中，包括：探测器，探测器安装于探测器臂架上，探测器臂架形成在第一平面内；以及射线源，射线源与第一平面不共面。

在上述方式的射线成像系统中，探测器臂架包括安装探测器的第一探测器臂架和至少一个第二探测器臂架。

在上述方式的射线成像系统中，还包括图像处理装置，图像处理装置根据射线源的靶点、第一探测器臂架和第二探测器臂架的位置、被检测物的移动速度以及第一探测器臂架和第二探测器臂架的检测值获取校正后的检测图像。

在上述方式的射线成像系统中，图像处理装置包括：投影获取部，其获取靶点、第二探测器臂架在与第一平面和第二平面的垂直的平面上的投影，第二平面是靶点与第一探测器臂架构成的平面；时间偏差校正部，利用与第一平面和第二平面垂直的平面上的投影获取第一平面与第二平面的夹角，并根据夹角来校正检测数据由于被检测物在传送方向上从第一平面到第二平面的距离而产生的时间偏差；以及空间偏差校正部，对第二探测器臂架上各像素在第二平面的投影的检测值进行空间偏差的校正，并基于校正后的检测值与第一探测器臂架的检测值生成最终的被检测物的图像。

在上述方式的射线成像系统中，时间偏差校正部包括：夹角计算部，利用垂直平面计算第二探测器臂架与投影探测器臂架之间的夹角，投影探测器臂架是在被检测物的运送方向上第二探测器臂架在第二平面上的投影；偏差比例计算部，根据夹角、预先设定的被检测物的等效高度、被检测物的移动速度，计算在被检测物的运送方向上第二探测器臂架的探测器与其投影相差的偏差距离相对于等效高度的第二探测器臂架的探测器与其投影相差的参考偏差距离的比例；以及检测数据校正部，针对第二探测器臂架中的探测器采集的检测数据的时间序列，根据比例以及探测源的时间采样周期对获取的检测数据的时间序列的时间偏差进行校正，从而得到校正后的时间偏差校正数据。

在上述方式的射线成像系统中，空间偏差校正部再次将投影第二探测

器臂架投影到与第一探测器臂架相同的直线上，获取最终的被检测物的图像。

在上述方式的射线成像系统中，通过插值法获取采样时间以外的时间点的检测数据。

在上述方式的射线成像系统中，插值法为最邻近插值法、线性插值法、二次插值法中的一种。

在上述方式的射线成像系统中，包含位于不同平面的多排探测器，多个第二探测器臂架位于第二平面内。

在上述方式的射线成像系统中，图像处理装置包括：采样点确定部，选择多排探测器中一排探测器，获取一排探测器的从第一探测器臂架与第二探测器臂架的交点延伸的延长线上的多个采样点；交点获取部，分别获取射线源的靶点与多个采样点的连线同第二平面的交点；采样点像素值获取部，根据第二平面中各探测器像素的位置及其检测值求出多个交点的检测值，作为多个采样点的检测值；以及图像获取部，根据多个采样点的检测值与第一探测器臂架上的探测器的检测值生成被检测物的图像。

在上述方式的射线成像系统中，图像处理装置包括：投影点确定部，选择多排探测器中的一排探测器，在射线源的靶点与一排探测器的第一探测器臂架构成的投影平面中，获取处于相对于第二平面而位于与第一探测器臂架相反侧的投影平面中的、且与第二平面存在交点的任意一点，作为投影点；交点获取部，获取靶点与投影点的连线同第二平面的交点；投影点像素值获取部，根据第二平面中各探测器像素的位置及其检测值求出交点的检测值，作为投影点的检测值；以及校正图像获取部，将投影点再次投影到与主探测器臂架相同的直线上，并根据校正后的检测值与一排探测器的第一探测器臂架上的探测器的检测值生成校正后的被检测物的图像。

在上述方式的射线成像系统中，通过插值法获取交点的检测值。

在上述方式的射线成像系统中，插值法为最邻近插值法、线性插值法、二次插值法中的一种。

在上述方式的射线成像系统中，所选择的一排探测器距离射线源越远，被检测物的图像的成像范围越大。

在上述方式的射线成像系统中，采样点是等间隔的或者是任意间隔的。

在上述方式的射线成像系统中，多排探测器的之间具有相等的间隔或不相等的间隔。

在上述方式的射线成像系统中，探测器为直线状排布或呈弧状排布。

在上述方式的射线成像系统中，在探测器呈弧状排布时，第一探测器臂架是安装有单个探测器的部分或者是安装有呈直线的多个探测器的单个模块。

本公开还涉及一种射线成像方法，用于上述的射线成像系统，包括：投影获取步骤，其获取靶点与第二探测器臂架在垂直于第一平面和第二平面的垂直平面上的投影，第二平面是靶点与第一探测器臂架构成的平面；时间偏差校正步骤，利用垂直平面上的投影获取第一平面与第二平面的夹角，并根据夹角来校正检测数据由于被检测物在传送方向上从第一平面到第二平面的距离而产生的时间偏差；以及空间偏差校正步骤，对第二探测器臂架上各像素在第二平面的投影的检测值进行空间偏差的校正，并基于校正后的检测值与第一探测器臂架的检测值生成最终的被检测物的图像。

在上述方式的射线成像方法中，时间偏差校正步骤包括：夹角计算步骤，利用垂直平面计算第二探测器臂架与投影探测器臂架之间的夹角，投影探测器臂架是在被检测物的运送方向上第二探测器臂架在第二平面上的投影；偏差比例计算步骤，根据夹角、预先设定的被检测物的等效高度、被检测物的移动速度，计算在被检测物的传送方向上第二探测器臂架的探测器与其投影相差的偏差距离相对于等效高度的第二探测器臂架的探测器与其投影相差的参考偏差距离的比例；以及检测数据校正步骤，针对第二探测器臂架中的探测器采集的检测数据的时间序列，根据比例以及射线源的时间采样周期对获取的检测数据的时间序列的时间偏差进行校正，从而得到校正后的时间偏差校正数据。

在上述方式的射线成像方法中，在空间偏差校正步骤中，再次将投影第二探测器臂架投影到与第一探测器臂架相同的直线上，获取最终的被检测物的图像。

本公开还涉及一种射线成像方法，用于上述射线成像系统，包括：采

样点确定步骤，选择多排探测器中一排探测器，获取一排探测器的从第一探测器臂架与第二探测器臂架的交点延伸的延长线上的多个采样点；交点获取步骤，分别获取射线源的靶点与多个采样点的连线同第二平面的交点；采样点像素值获取步骤，根据第二平面中各探测器像素的位置及其检测值求出多个交点的检测值，作为多个采样点的检测值；以及图像获取步骤，根据多个采样点的检测值与第一探测器臂架上的探测器的检测值生成被检测物的图像。

本公开还涉及一种射线成像方法，用于上述射线成像系统，包括：投影点投影确定步骤，选择多排探测器中的一排探测器，在射线源的靶点与一排探测器的第一探测器臂架构成的投影平面中，获取处于相对于第二平面而位于与第一探测器臂架相反侧的投影平面中的、且与第二平面存在交点的任意一点，作为投影点；交点获取步骤，获取靶点与投影点的连线同第二平面的交点；投影点像素值获取步骤，根据第二平面中各探测器像素的位置及其检测值求出交点的检测值，作为投影点的检测值；以及校正图像获取步骤，将投影点再次投影到与主探测器臂架相同的直线上，并根据校正后的检测值与一排探测器的第一探测器臂架上的探测器的检测值生成校正后的被检测物的图像。

根据本公开，提供能够充分利用射线源与探测器的射线成像系统。另外，提供能够不受设计空间的限制来进行设计的射线成像系统。

附图说明

图 1 是本公开涉及的一例射线成像系统的示意图；

图 2 是本公开涉及的另一例射线成像系统的示意图；

图 3 是本公开实施例 1 所涉及的图形处理装置的结构图；

图 4 是本公开涉及的射线成像系统中获取投影的示意图；

图 5 是从 X 轴方向观察时的非探测器投影臂架与投影非探测器臂架以及射线源的概略示意图；

图 6 是本公开实施例 1 所涉及的射线成像系统的图像处理的流程图；

图 7 是示出安装有探测器的多排探测器臂架与靶点不共面的射线成像

系统的示意图；

图 8 是从 X 轴方向观察图 7 所示的射线成像系统的侧视图；

图 9 是本公开实施例 2 所涉及的射线成像系统的图像处理装置的结构图；

图 10 是本公开实施例 2 所涉及的射线成像系统的图像处理方法的流程图；

图 11 是本公开实施例 3 所涉及的图像处理装置的结构图；

图 12 是对实施例 3 所涉及的射线成像系统的图像处理方法的流程图。

具体实施方式

下面将详细描述本公开的各个方面的特征和示例性实施例，为了使本公开的目的、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，对本公开进行进一步详细描述。应理解，此处所描述的具体实施例仅被配置为解释本公开，并不被配置为限定本公开。对于本领域技术人员来说，本公开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公开的示例来提供对本公开更好的理解。

下面参照图 1 和图 2，来详细本公开涉及的射线成像系统。本公开的射线成像系统包括：探测器，探测器安装于探测器臂架上，探测器臂架形成在第一平面内；以及射线源，射线源与第一平面不共面。

图 1 是本公开涉及的一例射线成像系统的示意图。射线成像系统 100 包括射线源 S 和探测器 L。探测器 L 安装于主探测器臂架 L1 和非主探测器臂架 L2，主探测器臂架 L1 和非主探测器臂架 L2 构成平面 P。射线源可以是分布式射线源也可以是射线靶点源，下面的实施例以射线靶点源为例来进行说明。射线源 S 位于上述平面 P 之外，即射线源 S 与探测器 L 位于不同的平面中。被检测物 M 为要通过射线扫描而被进行检测的物体。射线源 S 射出的射线垂直入射到探测器 L 或者倾斜入射到探测器 L，并由探测器 L 接收。

图 2 是本公开涉及的另一例射线成像系统的示意图。射线成像系统 200 包括射线源 Sd 和探测器 Ld。探测器 Ld 的探测器臂架形成为弧形，射线源

Sd 位于弧形所在的平面以外，射线源 Sd 与探测器 Ld 为位于不同平面的构成。

这里，主探测器臂架与非主探测臂架的选择是相对的，在某探测器臂架被选为主探测器臂架时，其余的探测器臂架均为非主探测器臂架。例如图 1 中的 L1 为主探测器臂架，L2 为非主探测器臂架，但是根据需要也可以设定 L2 为主探测器臂架，而 L1 为非主探测器臂架。

因此，在为了更清楚地形成被检测物的图像时，可以在原有的射线成像系统中增加一组或多组与射线源不共面的探测器，能够提高射线源的利用率。

另外，通过上述设置，在射线成像系统的安装空间有限时，不要求将探测器与射线源设置在相同的平面内，而可以将射线源偏离探测器所在的平面设置，提高了射线成像系统的设计的自由度。

下面对上述射线成像系统中的图像处理装置进行说明。在折线状或弧状探测器与射线源位于相同平面的情况下，根据该设置的光路直接获得的检测图像一般情况来说是有形变的，会发生被压缩或被拉伸的情况。该形变的原因在于探测器在臂架交接的地方出现了投影的突变。在出现该问题时，可以通过已知的空间几何校正的方式，将探测器的检测数据重新投影到主探测器所在的直线上。但是在本公开的射线成像系统中，根据检测数据而获得的被检测物的图像变形无法通过空间几何校正方式得到校正，本公开发明人发现其原因在于被检测物除了的空间上不是相同的视角投影外，在时间上也有一定的延迟，因此，单纯的通过二维空间几何校正是解决不了被检测物的形变问题的。本公开的发明人通过空间和时间上的进行校正而解决了上述问题。

实施例 1

图 3 是本公开实施例 1 涉及的图像处理装置的结构示意图。图像处理装置根据射线源的靶点、主探测器臂架和非主探测器臂架的位置、被检测物的移动速度以及主探测器臂架和非主探测器臂架的检测值获取校正后的被检测物的图像。图像处理装置 10 包括投影获取部 101、时间偏差校正部 102 以及空间偏差校正部 103。

图 4 是本公开涉及的射线成像系统中获取投影的示意图。以图 4 的射线成像系统为例来进行说明。主探测器臂架 L1 与非主探测器臂架 L2、L3 构成平面 P，该平面 P 通常垂直于地面（即平面 P 位于直角坐标系中 X 轴与 Y 轴构成的平面）。射线源 Sa 位于平面 P 以外。该射线源 Sa 与主探测器臂架 L1 构成平面 P 以外的平面 P'，被检测物 W 在沿传送方向（即垂直于 X 方向和 Y 方向的 Z 方向）移动时，经过平面 P 和平面 P' 时接受射线存在时间差，由于该时间差而检测图像会发生弯折。因此为了消除该弯折，需要消除该时间差所带来的偏差。因此，本公开的发明人在发现上述问题及其原因后想到了以下解决办法：将非主探测器臂架 L2 投影到平面 P' 中，即投影到由射线源 S 和主探测器臂架 L1 构成的平面 P' 中，从而消除上述时间差。

首先，投影获取部 101 获取射线源 Sa、非主探测器臂架 L2（L3）在与平面 P 和平面 P' 均垂直的平面上的投影，其中，平面 P' 是射线源 Sa 与主探测器臂架 L1 构成的平面。

图 5 是从 X 轴方向观察时的非主探测器投影臂架与投影探测器臂架以及射线源的概略示意图。下面参照图 4 和图 5 进行说明。

在确定投影时，由射线源 Sa 与主探测器臂架 L1 构成平面 P'。由于主探测器臂架 L1 位于该平面 P' 内，所以不需要对主探测器 L1 的检测值进行处理，仅需要将非主探测器臂 L2 和 L3 投影到平面 P' 中，以消除被检测物 W 沿垂直于方向 X 和方向 Y 的方向 Z 传送时的、主探测器臂架 L1 中的探测器与非主探测器臂架 L2 和 L3 中的探测器的接受射线源 Sa 发出的射线的时间差。非主探测器臂架 L2 沿被检测物 W 传送方向在平面 P' 上的投影称为投影非主探测器臂架 L2'，非主探测器臂架 L3 沿被检测物 W 的传送方向在平面 P' 上的投影称为投影非主探测器臂架位于 L3'。这里，以非主探测器臂架 L3 为例进行说明，参照图 4，由于主探测器臂架 L1 与非主探测器臂架 L2（L3）构成的平面通常设置为与坐标 XY 平面平行，即，垂直于地面的，因此这里非主探测器臂架 L3 与投影非主探测器臂架 L3' 构成分别与平面 P 和平面 P' 垂直的平面，射线源 Sa 在该相交平面上的投影为 Sa'。即，与平面 P 和平面 P' 均垂直的平面为由射线源的投影 Sa' 与非主探测器

臂架 L3 构成的平面。

由此在投影获取部 101 获取投影后，时间偏差校正部 102 利用垂直平面上的投影获取平面 P 与平面 P' 的夹角 α ，并根据该夹角 α 来校正检测数据由于被检测物 W 在传送方向 Z 上从平面 P 到平面 P' 的距离而产生的时间偏差。

具体地，时间偏差校正部 102 包括夹角计算部、偏差比例计算部以及检测数据校正部。

由于射线成像系统安装后，探测器臂架与射线源之间的位置关系固定，因此在垂直平面上射线源投影 Sa' 到非主探测器 L2 的延长线的距离 Z0 以及非主探测器臂架方向上的 H0 的距离是已知的，夹角计算部能够以及上述利用三角函数求出平面 P 与平面 P' 的夹角 α 的大小。

$$\alpha = \arctan \frac{Z0}{H0}$$

可选地，这里距离 Z0 作为固定值示出，但是由于实际情况可能存在偏差，因此距离 Z0 也可以作为可变参数示出，根据图像校正效果来进行确定。

接着，偏差比例计算部根据上述计算出的夹角、被检测物的等效高度、被检测物的移动速度，计算在被检测物 W 的传送方向上非主探测器臂架上的探测器与其投影相差的距离相对于等效高度的非主探测器臂架的探测器与其投影相差的距离的比例。

这里，被检测物 W 的等效高度 Hb 可以是被检测物的底部高度到顶部高度的任意高度。这里，等效高度是指被检测物 W 的某一点到以下平面垂直距离，该平面是指包含射线源 Sa 的、与坐标 XZ 平面平行的平面。因此，底部高度指的是被检测物 W 的底部距离上述平面的垂直距离，顶部高度指的是被检测物 W 的顶部距离上述平面的垂直距离。

在 α 已知的情况下，根据非主探测器臂架 L3 上的每个探测器像素的位置而 Hi 是确定的，因此能够求出非主探测器臂架 L3 的每个探测器像素 i 在被检测物 W 传送方向上到投影平面 P' 的距离偏差 Si。

$$Si = Hi * \tan \alpha$$

可选地，这里利用了正切函数求出，但是，当非主探测器臂架 L3 与其

投影的夹角为小角度时，例如为 5 度以下时，也可以通过正弦值等其他三角函数值或者角度本身求出。

并且，确定被检测物 W 在等效高度 Hb 处的距离偏差 Gi，这里 Gi 为参考距离偏差。在传送速度固定的情况下，参考距离偏差 Gi 依赖于 Hb 的数值。从而能够计算出在被检测物 W 的传送方向上，非主探测器臂架的探测器与其投影距离偏差 Si 同等效高度 Hb 处的非主探测器臂架的探测器与其投影的参考距离偏差 Gi 的比例 Si/Gi。此时，可以通过插值法求出采样时间点以外的时间点的检测数据。该插值法可以最邻近插值法、线性插值法、二次插值法中的一种。

在获取上述比例 Si/Gi 的情况下，检测数据校正部针对非主探测器臂架中的探测器采集的图像数据的时间序列，根据上述比例 Si/Gi 以及探测器的时间采样周期对获取的检测数据的时间序列进行校正，从而得到校正后的时间偏差校正检测数据。从而，消除了检测数据在时间上存在的偏差，把位于不同平面的检测数据投影到相同平面中，在本实施例中，投影到平面 P' 中。

假设探测器 i 在时间方向上读数为 $r(t)$ ，时间采样周期是 T_0 。

在探测器 i 处数据相对于主探测器臂架数据延迟时，假设 $t1 = \text{ceil}(Si/Gi)$ ， $t2 = \text{floor}(Si/Gi)$ ， $p = Si/Gi - t2$ ，则

$$r(t) = p * r(t - t1 * T_0) + (1 - p) * r(t - t2 * T_0),$$

其中 ceil 函数表示大于对应值的最小整数，floor 函数表示小于对应值的最大整数。

在探测器 i 处数据相对于主探测器臂架数据提前时， $t1 = \text{ceil}(Si/Gi)$ ， $t2 = \text{floor}(Si/Gi)$ ， $p = Si/Gi - t2$ ，则

$$r(t) = p * r(t + t1 * T_0) + (1 - p) * r(t + t2 * T_0),$$

其中 ceil 函数表示大于对应值的最小整数，floor 函数表示小于对应值的最大整数。

通过上述处理，能够对采样数据 $r(t)$ 进行延迟或提前，从而消除由于探测器与射线源不共面而导致的偏差。

对于非主探测器臂架上的每一个探测器都进行上述的处理，从而能够

对非主探测器臂架上的所有探测器的检测值的时间偏差进行校对。主探测器臂架由于处于平面 P' 内，所以不需要对主探测器臂架上的所有探测器的检测值进行处理。这样，可以获取在平面 P' 内的没有时间偏差的所有探测器像素的检测值。

此时，由于探测器在臂架交接的地方出现了投影的突变，对被检测物 W 的投影成像可能存在部分压缩或者伸长的情况。该情况下，空间偏差校正部 103 再次将投影到平面 P' 的投影第二探测器臂架投影到与主探测器臂架相同的直线上，从而生成最终的被检测物 W 的图像。

关于该空间校正技术可以采用公知技术，这里不再赘述。

通过上述处理，能够获取针对射线源与探测器分处于不同平面、即不共面时的射线成像系统的校正图像。并且，根据上述处理，能够同时消除了被检测物的探测图像在空间和时间上的偏差，获取了准确的被检测物的图像。

图 6 是示出应用于本公开实施例 1 的射线成像系统的图像处理的流程图。

在步骤 S11 中，获取射线源的靶点、非主探测器臂架在垂直平面上的投影，主探测器臂架与非主探测器臂架安装有探测器，并位于第一平面内，靶点与主探测器臂架构成第二平面，该垂直平面垂直于上述第一平面和第二平面。在步骤 S12 中，计算非主探测器臂架与其在第二平面上的投影的投影探测器臂架之间的夹角。利用上述的三角函数求出该夹角，这里不再赘述。在步骤 S13 中，确定被检测物等效高度处非主探测器臂架的像素与其投影在被检测物传送方向上的距离差 G_i 。在步骤 S14 中，确定非主探测器臂架的每个像素与其投影在被检测物传送方向上的距离差 S_i 。在步骤 S15 中，确定 S_i/G_i 的比值。在步骤 S16 中，根据上述比值对采集的图像数据进行时间偏差校正。在步骤 S17 中，对非主探测器臂架上各像素在第二平面上的投影的检测值进行空间偏差的校正，并基于校正后的检测值与主探测器臂架的检测值生成最终的被检测物的图像。

上面对射线成像处理的图像处理方法进行了描述，其细节可参考对装置的描述。

实施例 2

下面，参照 7 和 8 对本公开的射线成像系统的图像处理装置的实施例 2 进行说明。

该实施例 2 示出针对探测器和靶点不在一个平面的存在多排探测器臂架的情况下的射线成像系统进行说明。图 7 是示出安装有探测器的多排探测器臂架与靶点不共面的射线成像系统的示意图。图 8 是从 X 轴方向观察图 7 所示的射线成像系统的侧视图。

射线成像系统包括射线源和与该射线源不共面的、位于不同平面的多排探测器臂架，每排探测器臂架包含主探测器臂架与非主探测器臂架。射线源发出的射线可以是垂直入射到探测器，也可以是倾斜入射到探测器。

图 9 是本公开实施例 2 所示的射线成像系统的图像处理装置的结构图。根据本实施例 2 的图像处理装置 20，包括采样点确定部 201，选择多排探测器中一排探测器，获取一排探测器的从主探测器臂架与非主探测器臂架的交点延伸的延长线上的多个采样点；交点获取部 202，分别获取射线源位置与多个采样点的连线同非主探测器臂架构成的平面的交点；采样点像素值获取部 203，根据各非主探测器臂架构成的平面中各探测器像素的位置及其检测值求出多个交点的检测值，来作为多个采样点的检测值；以及图像获取部 204，根据多个采样点的检测值与第一探测器臂架上的探测器的检测值形成校正后的图像。

下面参照图 7 和图 8 进行详细说明。图 7 的射线成像系统包括射线源 S1 和多排探测器臂架。多排探测器臂架的每排探测器臂架分别包括主探测器臂架 LB 和非主探测器臂架 LA。非主探测器臂架 LA 构成非主探测器平面 Pa。

采样点确定部 201 首先从多排探测器臂架中选择一排探测器臂架，这里选择了最外侧的探测器臂架，并获取该一排探测器的从主探测器臂架 LB 与非主探测器臂架 LA 的交点延伸的延长线 LB' 上的多个采样点 X，其坐标为 (x_i, y_i, z_i) ， $i=1, 2, 3, \dots$ 。这里，假设多个采样点 X 为等间隔的，但是也可以为不等间隔的。

交点获取部 202 分别获取射线源 S1 与采样点 X 的连线而经过平面 Pa

时的交点，该平面 P_a 是多排非主探测器臂架所在的平面。即，根据射线源的靶点 $S1$ 的坐标 (sx, sy, sz) 、采样点坐标 (xi, yi, zi) 以及多排非主探测器臂架所在的平面 P_a ，确定标记 x 射线与平面 P_a 交点 (xc, yc, zc) 。

采样点像素值获取部 203 根据平面 P_a 中各探测器像素的位置及其检测值求出多个交点 (xc, yc, zc) 的检测值，来作为多个采样点的检测值。这里，依据平面 P_a 内各个探测器像素的检测值以及相应的坐标，插值求出交点 (xc, yc, zc) 位置处的检测值，该检测值就作为交点 (xc, yc, zc) 的投影点的读数，即采样点 X 的检测值。这里，插值法可以为最邻近插值法、线性插值法、二次插值法中的一种。

图像获取部 204 根据多个采样点的检测值与主探测器臂架 LB 上的探测器的检测值形成被检测物的图像。

由此，由于将不同平面的检测数据投影到相同主探测器臂架及其延长线上，因此所获取的数据准确度高，所生成的图像更加清晰。

在探测器臂架的选择上，每一排探测器臂架的检测值都可以得到一幅被检测物图像，探测器臂架距离射线源靶点越远，被检测物图像成像范围越大。探测器臂架距离射线源靶点最近的那一排，被检测物成像范围最小。因此，可以根据需要选择适当的探测器臂架。

通过上述选择，在具有多排探测器的情况下，也能够获取校正后的准确的被检测物的图像。

下面参照图 10 对本实施例 2 涉及的射线成像系统的图像处理方法进行说明。图 10 是本公开实施例 2 的射线成像系统的图像处理方法的流程图。在步骤 S21 中，选择多排探测器中一排探测器，获取该一排探测器的从主探测器臂架与非主探测器臂架的交点延伸的延长线上的多个采样点。在步骤 S22 中，分别获取射线源的靶点与多个采样点的连线同非主探测器臂架构成的平面的交点。在步骤 S23 中，根据非主探测器构成的平面中各探测器像素的位置及其检测值求出多个上述交点的检测值，来作为多个采样点的检测值。在步骤 S24 中，根据多个采样点的检测值与主探测器臂架上的探测器的检测值形成被检测物的图像。关于图像处理方法的细节可参考上述对图像处理装置的说明。

实施例 3

实施例 3 的摄像成像系统的结构与实施例 2 相同，不同点仅在于图像处理装置的处理。在上述实施例 2 中，直接获取主探测器臂架上的采样点，并将作为投影点而获取其对应的检测值。图 11 是本公开实施例 3 所示的图像处理装置的结构图。在图像处理装置 30 中，代替实施例 2 中的采样点确定部而具有投影点确定部 301。投影点确定部 301 选择多排探测器中一排探测器，在射线源的靶点与所选择的一排探测器的主探测器臂架构成的投影平面中，获取处于相对于平面 Pa 而位于与主探测器臂架 LB 相反侧的投影平面中的、且与平面 Pa 存在交点的任意一点，作为投影点。

交点获取部 302 与采样点像素值获取部 303 与实施例 2 中的交点获取部 202、采样点像素值获取部 203 所进行的动作相同，这里不再进行赘述。

最后，校正图像获取部 305 对投影点的检测值进行校正，并根据校正后的检测值与该一排探测器的主探测器臂架上的探测器的检测值生成校正后的被检测物的图像。由于在上述投影中，非主探测器臂架上被投影到投影平面中，即投影到靶点与主探测器臂架所构成的平面中，根据实施例 1 可知，该操作能够消除检测数据在时间上的偏差。还需要对检测数据进一步进行空间偏差校正，这与实施例 1 提及的方法相同，这里不再赘述。

图 12 是对实施例 3 所示的图像处理装置的图像处理方法的流程图。在步骤 S31 中，选择多排探测器中的一排探测器，在靶点与该一排探测器的主探测器臂架构成的投影平面中，获取处于相对于非主探测器臂架构成的第二平面而位于与主探测器臂架相反侧的投影平面中的、且该第二平面存在交点的任意一点，作为投影点。在步骤 S32 中，获取射线源与投影点的连线同非主探测器臂架构成的平面的交点。在步骤 S33 中，根据非主探测器臂架构成的平面中各探测器像素的位置及其检测值求出上交点的检测值，作为投影点的检测值。在步骤 S34 中，对投影点的检测值进行校正，将该投影点再次投影到与主探测器臂架相同的直线上，根据校正后的检测值与该一排探测器的主探测器臂架上的探测器的检测值生成校正后的被检测物的图像。

以上对射线成像系统中的图像处理装置进行了详细说明。但是本公开

明并不限于此。

在上述实施例中说明的探测器臂架以折线形探测器臂架为例进行了说明，但是并不限于此，也可以是圆弧形。主探测器臂架的选择并没有被限定，可以是任意的。在主探测器臂架确定之后，其他的探测器臂架均为非主探测器臂架。针对圆弧形状的探测器臂架，主探测器臂架的选取则由其中的一个直线排布的探测器模块或者一个像素确定。上述探测器以不封闭的排布为例进行了说明，但是也可以以封闭的排布。

在上述实施例中，以单个光源多个探测器臂架的不共面分布为例进行了说明，但是也可以是多个光源单个探测器臂架的结构，还可以是多个光源对应多个探测器臂架的结构。在上述实施例中，以射线靶点源为例进行了说明，但射线源也可以有多个，例如分布式射线源、传统光机。这样的排布有利于减小空间，提高光源和探测器的利用率。

上面参考根据本公开的实施例的方法、装置（系统）和计算机程序产品的流程图和/或框图描述了本公开的各方面。应当理解，流程图和/或框图中的每个方框以及流程图和/或框图中各方框的组合可以由计算机程序指令实现。这些计算机程序指令可被提供给通用计算机、专用计算机、或其它可编程数据处理装置的处理器，以产生一种机器，使得经由计算机或其它可编程数据处理装置的处理器执行的这些指令使能对流程图和/或框图的一个或多个方框中指定的功能/动作的实现。这种处理器可以是但不限于是通用处理器、专用处理器、特殊应用处理器或者现场可编程逻辑电路。还可理解，框图和/或流程图中的每个方框以及框图和/或流程图中的方框的组合，也可以由执行指定的功能或动作的专用硬件来实现，或可由专用硬件和计算机指令的组合来实现。

以上，虽然结合附图描述了本公开的实施方案和具体实施例，但是本领域技术人员可以在不脱离本公开的精神和范围的情况下做出各种修改和变形，这样的修改和变形均落入由权利要求所限定的范围之内。

权 利 要 求 书

1. 一种射线成像系统，包括：

探测器，所述探测器安装于探测器臂架上，所述探测器臂架形成在第一平面内；以及

射线源，所述射线源与所述第一平面不共面。

2. 如权利要求 1 所述的射线成像系统，其中，

所述探测器臂架包括安装探测器的第一探测器臂架和至少一个第二探测器臂架。

3. 如权利要求 2 所述的射线成像系统，其中，

还包括图像处理装置，所述图像处理装置根据所述射线源的靶点、所述第一探测器臂架和所述第二探测器臂架的位置、被检测物的移动速度以及所述第一探测器臂架和所述第二探测器臂架的检测值获取校正后的检测图像。

4. 如权利要求 3 所述的射线成像系统，其中，

所述图像处理装置包括：

投影获取部，其获取所述靶点、所述第二探测器臂架在与所述第一平面和第二平面垂直的平面上的投影，所述第二平面是所述靶点与所述第一探测器臂架构成的平面；

时间偏差校正部，利用与所述第一平面和第二平面垂直的平面上的投影获取所述第一平面与所述第二平面的夹角，并根据所述夹角来校正检测数据由于所述被检测物在传送方向上从所述第一平面到所述第二平面的距离而产生的时间偏差；以及

空间偏差校正部，对所述第二探测器臂架上各像素在所述第二平面的所述投影的检测值进行空间偏差的校正，并基于校正后的检测值与所述第一探测器臂架的检测值生成最终的被检测物的图像。

5. 如权利要求 4 所述的射线成像系统，其中，

所述时间偏差校正部包括：

夹角计算部，利用所述垂直平面计算所述第二探测器臂架与投影探测器臂架之间的所述夹角，所述投影探测器臂架是在所述被检测物的运送方

向上所述第二探测器臂架在第二平面上的投影；

偏差比例计算部，根据所述夹角、预先设定的被检测物的等效高度、被检测物的移动速度，计算在所述被检测物的运送方向上所述第二探测器臂架的探测器与其投影相差的偏差距离相对于所述等效高度的所述第二探测器臂架的探测器与其投影相差的参考偏差距离的比例；以及

检测数据校正部，针对所述第二探测器臂架中的所述探测器采集的检测数据的时间序列，根据所述比例以及探测源的时间采样周期对获取的所述检测数据的时间序列的时间偏差进行校正，从而得到校正后的时间偏差校正数据。

6. 如权利要求 5 所述的射线成像系统，其中，

所述空间偏差校正部再次将所述投影第二探测器臂架投影到与所述第一探测器臂架相同的直线上，获取所述最终的所述被检测物的图像。

7. 如权利要求 5 或 6 所述的射线成像系统，其中，

通过插值法获取采样时间以外的时间点的所述检测数据。

8. 如权利要求 7 所述的射线成像系统，其中，

所述插值法为最邻近插值法、线性插值法、二次插值法中的一种。

9. 如权利要求 2 所述的射线成像系统，其中，

包含位于不同平面的多排所述探测器，

多个所述第二探测器臂架位于第二平面内。

10. 如权利要求 9 所述的射线成像系统，其中，

所述图像处理装置包括：

采样点确定部，选择多排探测器中一排探测器，获取所述一排探测器的从所述第一探测器臂架与所述第二探测器臂架的交点延伸的延长线上的多个采样点；

交点获取部，分别获取所述射线源的靶点与所述多个采样点的连线同所述第二平面的交点；

采样点像素值获取部，根据所述第二平面中各探测器像素的位置及其检测值求出多个所述交点的检测值，作为多个所述采样点的检测值；以及

图像获取部，根据多个所述采样点的检测值与所述第一探测器臂架上

的探测器的检测值生成所述被检测物的图像。

11. 如权利要求 9 所述的射线成像系统，其中，

所述图像处理装置包括：

投影点确定部，选择多排探测器中的一排探测器，在所述射线源的靶点与所述一排探测器的所述第一探测器臂架构成的投影平面中，获取处于相对于所述第二平面而位于与所述第一探测器臂架相反侧的所述投影平面中的、且与所述第二平面存在交点的任意一点，作为所述投影点；

交点获取部，获取所述靶点与所述投影点的连线同所述第二平面的交点；

投影点像素值获取部，根据所述第二平面中各探测器像素的位置及其检测值求出所述交点的检测值，作为所述投影点的检测值；以及

校正图像获取部，将所述投影点再次投影到与所述主探测器臂架相同的直线上，并根据校正后的检测值与所述一排探测器的所述第一探测器臂架上的探测器的检测值生成校正后的被检测物的图像。

12. 如权利要求 10 或 11 所述的射线成像系统，其中，

通过插值法获取所述交点的所述检测值。

13. 如权利要求 12 所述的射线成像系统，其中，

所述插值法为最邻近插值法、线性插值法、二次插值法中的一种。

14. 如权利要求 10 或 11 所述的射线成像系统，其中，

所选择的一排探测器距离所述射线源越远，所述被检测物的图像的成像范围越大。

15. 如权利要求 10 所述的摄像成像系统，其中，

所述采样点是等间隔的或者是任意间隔的。

16. 如权利要求 10 或 11 所述的射线成像系统，其中，

所述多排探测器的之间具有相等的间隔或不相等的间隔。

17. 如权利要求 1 所述的射线成像系统，其中，

所述探测器为直线状排布或呈弧状排布。

18. 如权利要求 17 所述的射线成像系统，其中，

在所述探测器呈弧状排布时，所述第一探测器臂架是安装有单个探测

器的部分或者是安装有呈直线的多个探测器的单个模块。

19. 一种射线成像方法，用于权利要求 3 所述的射线成像系统，包括：

投影获取步骤，其获取所述靶点与所述第二探测器臂架在垂直于所述第一平面和第二平面的垂直平面上的投影，所述第二平面是所述靶点与所述第一探测器臂架构成的平面；

时间偏差校正步骤，利用所述垂直平面上的投影获取所述第一平面与所述第二平面的夹角，并根据所述夹角来校正检测数据由于所述被检测物在传送方向上从所述第一平面到所述第二平面的距离而产生的时间偏差；以及

空间偏差校正步骤，对所述第二探测器臂架上各像素在所述第二平面的所述投影的检测值进行空间偏差的校正，并基于校正后的检测值与所述第一探测器臂架的检测值生成最终的被检测物的图像。

20. 如权利要求 19 所述的射线成像方法，其中，

所述时间偏差校正步骤包括：

夹角计算步骤，利用所述垂直平面计算所述第二探测器臂架与投影探测器臂架之间的所述夹角，所述投影探测器臂架是在所述被检测物的运送方向上所述第二探测器臂架在第二平面上的投影；

偏差比例计算步骤，根据所述夹角、预先设定的被检测物的等效高度、被检测物的移动速度，计算在所述被检测物的传送方向上所述第二探测器臂架的探测器与其投影相差的偏差距离相对于所述等效高度的所述第二探测器臂架的探测器与其投影相差的参考偏差距离的比例；以及

检测数据校正步骤，针对所述第二探测器臂架中的所述探测器采集的检测数据的时间序列，根据所述比例以及射线源的时间采样周期对获取的所述检测数据的时间序列的时间偏差进行校正，从而得到校正后的时间偏差校正数据。

21. 权利要求 20 所述的射线成像方法，其中，

在所述空间偏差校正步骤中，再次将所述投影第二探测器臂架投影到与所述第一探测器臂架相同的直线上，获取所述最终的所述被检测物的图像。

22. 一种射线成像方法，用于权利要求 9 所述的射线成像系统，包括：

采样点确定步骤，选择多排探测器中一排探测器，获取所述一排探测器的从所述第一探测器臂架与所述第二探测器臂架的交点延伸的延长线上的多个采样点；

交点获取步骤，分别获取所述射线源的靶点与所述多个采样点的连线同所述第二平面的交点；

采样点像素值获取步骤，根据所述第二平面中各探测器像素的位置及其检测值求出多个所述交点的检测值，作为多个所述采样点的检测值；

图像获取步骤，根据多个所述采样点的检测值与所述第一探测器臂架上的探测器的检测值生成所述被检测物的图像。

23. 一种射线成像方法，用于权利要求 9 所述的射线成像系统，包括：

投影点投影确定步骤，选择多排探测器中的一排探测器，在所述射线源的靶点与所述一排探测器的所述第一探测器臂架构成的投影平面中，获取处于相对于所述第二平面而位于与所述第一探测器臂架相反侧的所述投影平面中的、且与所述第二平面存在交点的任意一点，作为所述投影点；

交点获取步骤，获取所述靶点与所述投影点的连线同所述第二平面的交点；

投影点像素值获取步骤，根据所述第二平面中各探测器像素的位置及其检测值求出所述交点的检测值，作为所述投影点的检测值；以及

校正图像获取步骤，将所述投影点再次投影到与所述主探测器臂架相同的直线上，并根据校正后的检测值与所述一排探测器的所述第一探测器臂架上的探测器的检测值生成校正后的被检测物的图像。