

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
A61B 6/03



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510003623.5

[43] 公开日 2005年7月13日

[11] 公开号 CN 1636516A

[22] 申请日 2005.1.7

[21] 申请号 200510003623.5

[30] 优先权

[32] 2004. 1. 7 [33] JP [31] 1941/2004

[71] 申请人 GE 医疗系统环球技术有限公司

地址 美国威斯康星州

[72] 发明人 贯井正健

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

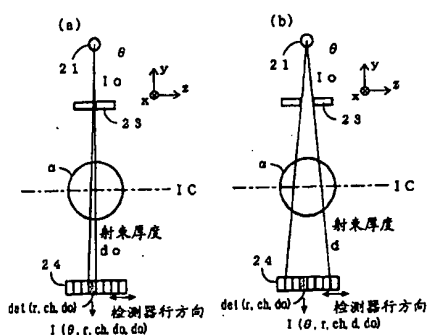
代理人 张雪梅 张志醒

权利要求书 3 页 说明书 24 页 附图 7 页

[54] 发明名称 散射测量方法、散射校正方法、和 X 射线 CT 设备

[57] 摘要

为了校正多片层成像中的散射，将投影 p 与散射校正因子 $R(d, d_0)$ 彼此相关联地存储，从使用检测器厚度为 d_0 的检测器通过使用具有射束厚度为 d 的 X 射线射束对对象进行成像收集的数据 D_0 确定投影 p ，确定与该投影 p 相关联的散射校正因子 $R(d, d_0)$ ，并且将数据 D_0 乘以散射校正因子 $R(d, d_0)$ ，得到散射校正数据 D_1 。



ISSN 1008-4274

1. 一种散射测量方法, 包括步骤: 通过使用等于检测器厚度 d_0 的射束厚度对所成像的对象进行成像测量数据 $I(d_0, d_0)$; 通过使用大于检测器厚度 d_0 的射束厚度 d 对所成像的对象进行成像测量数据 $I(d, d_0)$; 并且根据所述数据 $I(d_0, d_0)$ 与所述数据 $I(d, d_0)$ 之间的差确定散射量 $S(d, d_0)$ 。

2. 一种散射测量方法, 包括步骤: 通过使用等于检测器厚度 d_0 的射束厚度对所成像的对象进行成像测量数据 $I(d_0, d_0)$; 通过使用大于检测器厚度 d_0 的射束厚度 d 对所成像的对象进行成像测量数据 $I(d, d_0)$; 并且根据所述数据 $I(d_0, d_0)$ 与所述数据 $I(d, d_0)$ 之间的比率确定散射校正因子 $R(d, d_0)$ 。

3. 权利要求 2 的散射测量方法, 进一步包括步骤: 彼此相互关联地存储所要成像对象的投影 p 和散射校正因子或平滑的散射校正因子 $R(d, d_0)$ 。

4. 一种散射校正方法, 进一步包括步骤: 在权利要求 3 的彼此相互关联地存储投影 p 与散射校正因子或平滑后的散射校正因子 $R(d, d_0)$ 之后, 从通过使用检测器厚度为 d_0 的检测器使用具有射束厚度为 d 的 X 射线射束对对象进行成像收集的数据 D_0 确定投影 p ; 确定与该投影 p 相关联的散射校正因子 $R(d, d_0)$; 并且通过将数据 D_0 乘以散射校正因子 $R(d, d_0)$ 得到散射校正数据 D_1 。

5. 一种 X 射线 CT 设备, 包括: X 射线管 (21); 多行检测器 (24); 扫描装置 (20), 用于在围绕对象相对旋转所述 X 射线管 (21) 与所述多行检测器 (24) 至少其中之一时收集数据; 和散射测量装置 (3), 用于通过使用等于检测器厚度 d_0 的射束厚度对所成像的对象进行成像测量数据 $I(d_0, d_0)$, 通过使用大于检测器厚度 d_0 的射束厚度 d 对所成像的对象进行成像测量数据 $I(d, d_0)$, 并且根据所述数据 $I(d_0, d_0)$ 与所述数据 $I(d, d_0)$ 之间的差确定散射量 $S(d, d_0)$ 。

6. 一种 X 射线 CT 设备, 包括: X 射线管 (21); 多行检测器 (24); 扫描装置, 用于在围绕对象相对旋转所述 X 射线管 (21) 与所述多行检测器 (24) 至少其中之一时收集数据; 和散射测量装置 (3), 用于通过使用等于检测器厚度 d_0 的射束厚度对所成像的对象进行成像测量数据 $I(d_0, d_0)$, 通过使用大于检测器厚度 d_0 的射束厚度 d 对

所要成像的对象进行成像测量数据 $I(d, d_0)$, 并且根据所述数据 $I(d, d_0)$ 与所述数据 $I(d, d_0)$ 之间的比率确定散射校正因子 $R(d, d_0)$.

5 7. 根据权利要求6的X射线CT设备, 进一步包括: 散射校正因子存储装置(7), 用于彼此相互关联地存储所要成像的对象的投影 p 和散射校正因子或平滑的散射校正因子 $R(d, d_0)$.

8. 一种X射线CT设备, 包括: X射线管(21); 多行检测器(24); 扫描装置(20), 用于在围绕对象相对旋转所述X射线管(21)与所述多行检测器(24)至少其中之一时收集数据; 散射校正因子存储装置(7), 用于彼此相互关联地存储所要成像的对象的投影 p 和散射校正因子或平滑的散射校正因子 $R(d, d_0)$; 和散射校正装置(3), 用于从通过使用检测器厚度为 d_0 的检测器使用具有射束厚度为 d 的X射线射束对对象进行成像收集的数据 D_0 中确定投影 p , 从所述散射校正因子存储装置(7)读取与该投影 p 相关联的散射校正因子 $R(d, d_0)$; 15 并且通过将数据 D_0 乘以散射校正因子 $R(d, d_0)$ 得到散射校正数据 D_1 .

9. 一种X射线CT设备, 包括: X射线管(21); 多行检测器(24); 扫描装置(20), 用于在围绕对象相对旋转所述X射线管(21)与所述多行检测器(24)至少其中之一时收集数据; 散射校正因子存储装置(7), 用于彼此相互关联地存储所要成像的对象的投影 p 在检测器行方向上之和 A_r 或其在通道方向上之和 A_c 以及散射校正因子或平滑的散射校正因子 $R(d, d_0)$; 和散射校正装置(3), 用于通过使用具有射束厚度为 d 的X射线射束对对象进行成像以得到投影 p , 确定投影 p 在检测器行方向上的和 A_r 或其在通道方向上之和 A_c , 从所述散射校正因子存储装置(7)读取与该和 A_r 或 A_c 相关联的散射校正因子 $R(d, d_0)$, 并且通过将使用检测器厚度为 d_0 的检测器收集的数据 D_0 乘以散射校正因子 $R(d, d_0)$, 得到散射校正数据 D_1 . 25

10. 一种X射线CT设备, 包括: X射线管(21); 多行检测器(24); 扫描装置(20), 用于在围绕对象相对旋转所述X射线管(21)与所述多行检测器(24)至少其中之一时收集数据; 散射校正因子存储装置(7), 用于彼此相互关联地存储所要成像的对象的投影 p 在检测器行方向上和通道方向上之和 V 以及散射校正因子或平滑的散射校正因 30

子 $R(d, d_0)$; 和散射校正装置 (3), 用于通过使用具有射束厚度为 d 的 X 射线射束对对象进行成像以得到投影 p , 确定投影 p 在检测器行方向和通道方向上之和 V , 从所述散射校正因子存储装置 (7) 读取与该和 V 相关联的散射校正因子 $R(d, d_0)$, 并且通过将使用检测器
5 厚度为 d_0 的检测器收集的数据 D_0 乘以散射校正因子 $R(d, d_0)$, 得到散射校正数据 D_1 .

散射测量方法、散射校正方法、
和 X 射线 CT 设备

5 技术领域

本发明涉及一种散射测量方法、散射校正方法、和 X 射线 CT (计算机层析成像) 设备, 并且更具体地涉及一种用于在多片层成像中测量散射的散射测量方法、一种用于在多片层成像中校正散射的散射校正方法、和 X 射线 CT 设备。

10 背景技术

在采用单行检测器 (例如参见专利文献 1 和 2) 的 X 射线 CT 设备中可以使用几种已知的常规散射校正方法。

而且, 已经提出了可以应用于采用多行检测器 (例如参见专利文献 3) 的 X 射线 CT 设备中的散射校正方法。

15 【专利文献 1】日本专利申请公开 H7-213517。

【专利文献 2】日本专利申请公开 H8-131431。

【专利文献 3】日本专利申请公开 H11-299768。

在使用具有多个检测器行的多行检测器进行多片层成像中, 成像受到散射的影响更大, 因为射束厚度大于单个检测器的厚度 (或检测器行的厚度)。

然而在采用单行检测器的 X 射线 CT 设备中使用的常规散射校正方法并没有考虑到这种情况, 并且该方法存在不能应用于这种条件的问题。

在采用多行检测器的 X 射线 CT 设备中使用的常规散射校正方法可以应用于这种条件, 但是其需要进行两次图像重建, 这就会导致高计算负荷的问题。

发明内容

因此, 本发明的目的是提供一种用于在多片层成像中测量散射的散射测量方法、一种用于在多片层成像中校正散射的散射校正方法、和 X 射线 CT 设备。

30 本发明在其第一方面提供一种散射测量方法, 其特征在于包括: 通过使用等于检测器厚度 d_0 的射束厚度对所成像的对象进行成像

来测量数据 $I(d_0, d_0)$; 通过使用大于检测器厚度 d_0 的射束厚度 d 对所受成像的对象进行成像来测量数据 $I(d, d_0)$; 并且根据所述数据 $I(d_0, d_0)$ 与所述数据 $I(d, d_0)$ 之间的差确定散射量 $S(d, d_0)$.

参照数据 $I(d_0, d_0)$ 、数据 $I(d, d_0)$ 和散射量 $S(d, d_0)$ 中的符号 $(,)$ 表示 (射束厚度, 检测器厚度).

根据第一方面的散射测量方法, 由于检测器厚度 d_0 是不可变的, 而射束厚度是可变的, 可以认为从数据 $I(d_0, d_0)$ 到数据 $I(d, d_0)$ 的增加只是由于散射引起的. 因此可以根据数据 $I(d_0, d_0)$ 与数据 $I(d, d_0)$ 之间的差确定散射量 $S(d, d_0)$.

但是忽略了数据 $I(d_0, d_0)$ 中的散射. 可替换地, 常规已知的散射校正方法可以用来进一步校正数据 $I(d_0, d_0)$ 中的散射, 因为数据 $I(d_0, d_0)$ 可以被看作为单行检测器的数据.

本发明在其第二方面提供一种散射测量方法, 其特征在于包括: 通过使用等于检测器厚度 d_0 的射束厚度对所受成像的对象进行成像测量数据 $I(d_0, d_0)$; 通过使用大于检测器厚度 d_0 的射束厚度 d 对所受成像的对象进行成像测量数据 $I(d, d_0)$; 并且根据所述数据 $I(d_0, d_0)$ 与所述数据 $I(d, d_0)$ 之间的比率确定散射校正因子 $R(d, d_0)$.

根据第二方面的散射测量方法, 由于检测器厚度 d_0 是不可变的, 而射束厚度是可变的, 可以认为从数据 $I(d_0, d_0)$ 到数据 $I(d, d_0)$ 的增加只是由于散射引起的. 因此根据数据 $I(d_0, d_0)$ 与数据 $I(d, d_0)$ 之间的比率, 可以确定在通过使用大于检测器厚度 d_0 的射束厚度 d 成像对象而获得的数据 $D(d, d_0)$ 中“信号分量”与“信号分量 + 散射分量”之间的比率 $R(d, d_0)$. 比率 $R(d, d_0)$ 称为散射校正因子, 因为可以通过将该比率 $R(d, d_0)$ 乘以数据 $D(d, d_0)$ 而除去该“散射分量”.

本发明在其第三方面中提供一种具有前述配置的散射测量方法, 其特征在于包括: 彼此相互关联地存储所要成像对象的投影 p 和散射校正因子或平滑的散射校正因子 $R(d, d_0)$.

将穿透所要成像的对象、并被检测器行 r 中的通道 ch 的检测器 $det(r, ch)$ 截取的 X 射线的强度表示为 $I(r, ch)$, 并且将穿透所要成像的对象之前的 X 射线的强度表示为 $I_0(r, ch)$, 那么所要成像的对

象的投影 p 为:

$$p(r, ch) = -\log \{I(r, ch)\} + \log \{I_0(r, ch)\} = -\log \{I(r, ch) / I_0(r, ch)\}.$$

投影 p 表示所要成像的对象的特性, 并且可以认为其与散射量相关。换言之, 可以认为投影 p 与散射校正因子 $R(d, d_0)$ 彼此相关。

根据第三方面的散射测量方法, 彼此相互关联地存储投影 p 和散射校正因子或平滑的散射校正因子 $R(d, d_0)$ 。这就使得能够与对象的特性相关联地适当使用该散射校正因子 $R(d, d_0)$ 。

将穿透对象并被检测器行 r 中的通道 ch 的检测器 $det(r, ch)$ 截取的 X 射线的强度表示为 $D(r, ch)$, 并且将穿透该对象之前的 X 射线的强度表示为 $D_0(r, ch)$, 那么对象的投影 p 为:

$$p(r, ch) = -\log \{D(r, ch)\} + \log \{D_0(r, ch)\} = -\log \{D(r, ch) / D_0(r, ch)\}.$$

而且, 由于不同检测器 $det(r, ch)$ 与检测器 $det(r, ch)$ 之间的散射校正因子 $R(d, d_0)$ 不同, 如果散射校正因子 $R(d, d_0)$ 直接用于散射校正, 那么相邻通道之间散射校正后的数据 D_1 中的差被放大, 超出原始数据 D_0 中的差, 可能导致形成阶状差。

通过存储平滑后的散射校正因子 $R(d, d_0)$, 相邻通道之间的阶状差可以避免。

本发明在其第四方面中提供一种具有前述配置的散射测量方法, 其特征在于包括: 使用多行检测器收集数据; 并彼此相互关联地存储所要成像对象的投影 p 在检测器行方向上之和 A_r 或其在通道方向上之和 A_c 与散射校正因子或平滑后的散射校正因子 $R(d, d_0)$ 。

通过跨过所有检测器行或跨过包括检测器行 r 的多个检测器行, 将所要成像的对象在相同通道处的投影 $p(r, ch)$ 累加得到的值就是所要成像的对象在检测器行方向上的投影 p 之和 A_r 。也就是, 该和 A_r 表示为:

$$A_r(r, ch) = \sum_{k=1}^r P(k, ch)$$

或

$$A_r(r, ch) = \sum_r P(r, ch).$$

5 通过跨过所有通道或跨过包括通道 ch 的多个通道，将所要成像的对象在相同检测器行中的投影 $p(r, ch)$ 累加得到的值就是所要成像的对象在通道方向上的投影 p 之和 A_c 。也就是，该和 A_c 表示为：

$$A_c(r, ch) = \sum_{k=1}^{ch} P(r, k)$$

或

10

$$A_c(r, ch) = \sum_{ch} P(r, ch).$$

投影 p 之和 A_r 或 A_c 表示所要成像的对象的特性，并且可以认为其与散射量相关。换言之，可以认为和 A_r 或 A_c 与散射校正因子 $R(d, d_0)$ 彼此相关联。

15 根据第四方面的散射测量方法，彼此相互关联地存储和 A_r 或 A_c 以及散射校正因子或平滑的散射校正因子 $R(d, d_0)$ 。这就使得能够与对象的特性相关联地正确使用该散射校正因子 $R(d, d_0)$ 。

20 通过跨过所有检测器行或跨过包括检测器行 r 的多个检测器行，将对象在相同通道处的投影 $p(r, ch)$ 累加得到的值就是对象在检测器行方向上的投影 p 之和 A_r 。也就是，该和 A_r 表示为：

$$A_r(r, ch) = \sum_{k=1}^r p(k, ch)$$

或

$$A_r(r, ch) = \sum_r p(r, ch).$$

通过跨过所有通道或跨过包括通道 ch 的多个通道, 将对象在相同检测器行中的投影 $p(r, ch)$ 累加得到的值就是对象在通道方向上的投影 p 之和 A_c 。也就是, 该和 A_c 表示为:

$$A_c(r, ch) = \sum_{k=1}^{ch} p(r, k)$$

5

或

$$A_c(r, ch) = \sum_{ch} p(r, ch).$$

本发明在其第五方面中提供一种具有前述配置的散射测量方法, 其特征在于包括: 使用多行检测器收集数据; 并彼此相互关联地存储所要成像对象在检测器行方向上和通道方向上的投影 p 之和 V , 以及散射校正因子或平滑后的散射校正因子 $R(d, d_0)$ 。

通过跨过所有检测器行和所有通道或跨过包括检测器 $det(r, ch)$ 的多个检测器行和多个通道, 将所要成像的对象的投影 $p(r, ch)$ 累加得到的值就是所要成像的对象在检测器行方向上和通道方向上的投影 p 之和 V 。也就是, 该和 V 表示为:

$$V(r, ch) = \sum_{ch} \sum_r p(r, ch).$$

投影 p 之和 V 表示所要成像的对象的特性, 并且可以认为其与散射量相关。换言之, 可以认为和 V 与散射校正因子 $R(d, d_0)$ 彼此相关。

根据第五方面的散射测量方法, 彼此相互关联地存储和 V 与散射校正因子或平滑的散射校正因子 $R(d, d_0)$ 。这就使得能够与对象的特性相关联地正确使用该散射校正因子 $R(d, d_0)$ 。

通过跨过所有检测器行和所有通道或跨过包括检测器 $det(r, ch)$ 的多个检测器行和多个通道, 将对象的投影 $p(r, ch)$ 累加得到的值就是对象在检测器行方向上和通道方向上的投影 p 之和 V 。也就是,

该和 V 表示为:

$$V(r, ch) = \sum_{ch} \sum_r p(r, ch).$$

5 本发明在其第六方面中提供一种散射校正方法, 其特征在于包括: 如前述配置中, 在彼此相互关联地存储投影 p 与散射校正因子或平滑后的散射校正因子 $R(d, d_0)$ 之后, 从使用检测器厚度为 d_0 的检测器通过使用具有射束厚度为 d 的 X 射线射束对对象进行成像收集的数据 D_0 确定投影 p ; 确定与该投影 p 相关联的散射校正因子 $R(d, d_0)$; 并且通过将数据 D_0 乘以散射校正因子 $R(d, d_0)$ 得到散射校正数据 D_1 。

10 投影 p 表示对象的特性, 并且可以认为其与散射量相关联。换言之, 可以认为投影 p 与散射校正因子 $R(d, d_0)$ 彼此相关联。

根据第六方面的散射校正方法, 彼此相互关联地存储投影 p 与散射校正因子或平滑的散射校正因子 $R(d, d_0)$, 并然后可以读取和使用与对象的投影 p 相关联的散射校正因子 $R(d, d_0)$ 来执行散射校正, 而同时与对象的特性相关联适当地使用散射校正因子 $R(d, d_0)$ 。

20 本发明在其第七方面中提供一种散射校正方法, 其特征在于包括: 如前述配置中, 在彼此相互关联地存储和 A_r 或 A_c 与散射校正因子或平滑后的散射校正因子 $R(d, d_0)$ 之后, 从使用包括具有检测器厚度为 d_0 的检测器的多行检测器, 通过使用具有射束厚度为 d 的 X 射线射束对对象进行成像收集的数据中确定投影 p ; 确定检测器行方向上的投影 p 之和 A_r 或通道方向上的投影 p 之和 A_c ; 确定与该和 A_r 或 A_c 相关联的散射校正因子 $R(d, d_0)$; 并且通过将使用具有检测器厚度为 d_0 的检测器收集的数据 D_0 乘以散射校正因子 $R(d, d_0)$ 得到散射校正数据 D_1 。

25 投影 p 之和 A_r 或 A_c 表示对象的特性, 并且可以认为其与散射量相关联。换言之, 可以认为和 A_r 或 A_c 与散射校正因子 $R(d, d_0)$ 彼此相关联。

30 根据第七方面的散射校正方法, 彼此相互关联地存储和 A_r 或 A_c 与散射校正因子或平滑的散射校正因子 $R(d, d_0)$, 并然后可以读取和使用与对象的投影 p 之和 A_r 或 A_c 相关联的散射校正因子 $R(d, d_0)$

来执行散射校正, 而同时与对象的特性相关联适当地使用散射校正因子 $R(d, d_0)$ 。

本发明在其第八方面中提供一种散射校正方法, 其特征在于包括: 如前述配置中, 在彼此相互关联地存储和 V 与散射校正因子或平滑后的散射校正因子 $R(d, d_0)$ 之后, 从使用包括具有检测器厚度为 d_0 的检测器的多行检测器, 通过使用具有射束厚度为 d 的 X 射线射束对对象进行成像收集的数据中确定投影 p ; 确定检测器行方向和通道方向上的投影 p 之和 V ; 确定与该和 V 相关联的散射校正因子 $R(d, d_0)$; 并且通过将使用具有检测器厚度为 d_0 的检测器收集的数据 D_0 乘以散射校正因子 $R(d, d_0)$ 得到散射校正数据 D_1 。

投影 p 之和 V 表示对象的特性, 并且可以认为其与散射量相关联。换言之, 可以认为和 V 与散射校正因子 $R(d, d_0)$ 彼此相关联。

根据第八方面的散射校正方法, 彼此相互关联地存储和 V 与散射校正因子或平滑的散射校正因子 $R(d, d_0)$, 并然后可以读取和使用与对象的投影 p 之和 V 相关联的散射校正因子 $R(d, d_0)$ 来执行散射校正, 而同时与对象的特性相关联适当地使用散射校正因子 $R(d, d_0)$ 。

本发明在其第九方面中提供一种具有前述配置的散射校正方法, 其特征在于包括: 通过在通道方向上对该散射校正数据 D_1 进行平滑, 得到散射校正并且平滑的数据 D_2 。

作为对相邻的通道应用不同的散射校正因子 $I(d, d_0)$ 的结果, 相邻通道之间的散射校正数据 D_1 中的差被放大, 超出原始数据 D_0 中的差, 有可能导致形成阶状差。

根据第九方面的散射校正方法, 可以在通道方向上平滑数据 D_1 , 以得到在通道方向上平滑连续的数据 D_2 。

本发明在其第十方面中提供一种具有前述配置的散射校正方法, 其特征在于包括: 通过在通道方向上对未散射校正的数据 D_0 进行高通处理(高频分量提取处理)、或从未散射校正的数据 D_0 中减去平滑且未散射校正的数据 D_0 , 确定高频分量 H_0 ; 并且通过将该高频分量 H_0 加到散射校正并且平滑的数据 D_2 , 得到散射校正并且高频校正的数据 D_3 。

该散射校正并且平滑的数据 D_2 已经失去了原始数据 D_0 所包含的

高频分量。

根据第十方面的散射校正方法，从原始数据 D_0 中提取高频分量 H_0 ，并将其加到数据 D_2 得到数据 D_3 。这样就可以恢复高频分量。

本发明在其第十一方面中提供一种具有前述配置的散射校正方法，其特征在于包括：通过在通道方向上对未散射校正的数据 D_0 进行高通处理，或通过从未散射校正的数据 D_0 中减去平滑并且未散射校正的数据 D_0 ，确定高频分量 H_0 ；通过将该高频分量 H_0 乘以调节因子 $G(d, d_0)$ ，得到调节的高频分量 H_1 ；并且通过将该调节的高频分量 H_1 加到散射校正且平滑的数据 D_2 ，得到散射校正并且高频校正的数据 D_3 。

由于该散射校正且平滑的数据 D_2 小于原始数据 D_0 ，优选地添加其幅度被相应地调节了的高频分量 H_0 。

根据第十一方面的散射校正方法，从原始数据 D_0 中提取高频分量 H_0 ，乘以调节因子 $G(d, d_0)$ ，并加到数据 D_2 得到数据 D_3 。这样就可以恢复具有适当幅度的高频分量。

所采用的调节因子 $G(d, d_0)$ 可以是人工操作者提供的常数、操作者提供的常数与对应的散射校正因子 $R(d, d_0)$ 之积，对应的散射校正因子 $R(d, d_0)$ 自身、或散射校正因子 $R(d, d_0)$ 的平均值。

本发明在其第十二方面中提供一种 X 射线 CT 设备，其特征在于包括：X 射线管；多行检测器；扫描装置，用于在围绕对象相对旋转所述 X 射线管与所述多行检测器至少其中之一时收集数据；和散射测量装置，用于通过使用等于检测器厚度 d_0 的射束厚度对所成像的对象进行成像测量数据 $I(d_0, d_0)$ ，通过使用大于检测器厚度 d_0 的射束厚度 d 对所成像的对象进行成像测量数据 $I(d, d_0)$ ，并且根据所述数据 $I(d_0, d_0)$ 与所述数据 $I(d, d_0)$ 之间的差确定散射量 $S(d, d_0)$ 。

根据第十二方面的该 X 射线 CT 设备，可以恰当地实施第一方面的散射测量方法。

本发明在其第十三方面中提供一种 X 射线 CT 设备，其特征在于包括：X 射线管；多行检测器；扫描装置，用于在围绕对象相对旋转所述 X 射线管与所述多行检测器至少其中之一时收集数据；和散射测量装置，用于通过使用等于检测器厚度 d_0 的射束厚度对所成像的

对象进行成像测量数据 $I(d_0, d_0)$ ，通过使用大于检测器厚度 d_0 的射束厚度 d 对所成像的对象进行成像测量数据 $I(d, d_0)$ ，并且根据所述数据 $I(d_0, d_0)$ 与所述数据 $I(d, d_0)$ 之间的比率确定散射校正因子 $R(d, d_0)$ 。

5 根据第十三方面的该 X 射线 CT 设备，可以恰当地实施第二方面的散射测量方法。

本发明在其第十四方面中提供一种具有前述配置的 X 射线 CT 设备，其特征在于包括：散射校正因子存储装置，用于彼此相互关联地存储所要成像的对象的投影 p 和散射校正因子或平滑的散射校正因子

10 $R(d, d_0)$ 。

根据第十四方面的该 X 射线 CT 设备，可以恰当地实施第三方面的散射测量方法。

本发明在其第十五方面中提供一种具有前述配置的 X 射线 CT 设备，其特征在于包括：散射校正因子存储装置，用于彼此相互关联地存储所要成像的对象在检测器行方向上的投影 p 之和 A_r 或其

15 在通道方向上之和 A_c 以及散射校正因子或平滑后的散射校正因子 $R(d, d_0)$ 。

根据第十五方面的该 X 射线 CT 设备，可以恰当地实施第四方面的散射测量方法。

20 本发明在其第十六方面中提供一种具有前述配置的 X 射线 CT 设备，其特征在于包括：散射校正因子存储装置，用于彼此相互关联地存储所要成像的对象在检测器行方向上和通道方向上的投影 p 之和 V 、所要成像的对象的投影 p 、以及散射校正因子或平滑后的散射校正因子 $R(d, d_0)$ 。

25 根据第十六方面的该 X 射线 CT 设备，可以恰当地实施第五方面的散射测量方法。

本发明在其第十七方面中提供一种 X 射线 CT 设备，其特征在于包括：X 射线管；多行检测器；扫描装置，用于在围绕对象相对旋转所述 X 射线管与所述多行检测器至少其中之一时收集数据；散射校正

30 因子存储装置，用于彼此相互关联地存储所要成像的对象的投影 p 和散射校正因子或平滑的散射校正因子 $R(d, d_0)$ ；和散射校正装置，用于从使用检测器厚度为 d_0 的检测器，通过使用具有射束厚度为 d

的 X 射线射束对对象进行成像收集的数据 D0 中确定投影 p, 从所述散射校正因子存储装置读取与该投影 p 相关联的散射校正因子 $R(d, d_0)$, 并且通过将数据 D0 乘以散射校正因子 $R(d, d_0)$ 得到散射校正数据 D1.

5 根据第十七方面的该 X 射线 CT 设备, 可以恰当地实施第六方面的散射校正方法。

本发明在其第十八方面中提供一种 X 射线 CT 设备, 其特征在于包括: X 射线管; 多行检测器; 扫描装置, 用于在围绕对象相对旋转所述 X 射线管与所述多行检测器至少其中之一时收集数据; 散射校正因子存储装置, 用于彼此相互关联地存储所要成像对象在检测器行方向上的投影 p 之和 A_r 或其通道方向上之和 A_c , 以及散射校正因子或平滑后的散射校正因子 $R(d, d_0)$; 和散射校正装置, 用于通过
10 通过使用具有射束厚度为 d 的 X 射线射束对对象进行成像, 以得到投影 p, 确定在检测器行方向上的投影 p 之和 A_r 或其通道方向上之和 A_c , 从所述散射校正因子存储装置读取与该和 A_r 或 A_c 相关联的散射校正因子 $R(d, d_0)$, 并且通过将使用具有检测器厚度为 d_0 的检测器收集的数据 D0 乘以散射校正因子 $R(d, d_0)$ 得到散射校正数据 D1.

20 根据第十八方面的该 X 射线 CT 设备, 可以恰当地实施第七方面的散射校正方法。

本发明在其第十九方面中提供一种 X 射线 CT 设备, 其特征在于包括: X 射线管; 多行检测器; 扫描装置, 用于在围绕对象相对旋转所述 X 射线管与所述多行检测器至少其中之一时收集数据; 散射校正因子存储装置, 用于彼此相互关联地存储所要成像对象在检测器行方向上和通道方向上的投影 p 之和 V, 以及散射校正因子或平滑后的散射校正因子 $R(d, d_0)$; 和散射校正装置, 用于通过使用具有射束厚度为 d 的 X 射线射束对对象进行成像, 得到投影 p, 确定在检测器行方向和通道方向上的投影 p 之和 V, 从所述散射校正因子存储装置读取与该和 V 相关联的散射校正因子 $R(d, d_0)$, 并且通过将使用具有
25 检测器厚度为 d_0 的检测器收集的数据 D0 乘以散射校正因子 $R(d, d_0)$ 得到散射校正数据 D1.

根据第十九方面的该 X 射线 CT 设备, 可以恰当地实施第八方面

的散射校正方法。

本发明在其第二十方面中提供一种具有前述配置的 X 射线 CT 设备，其特征在于包括：平滑装置，用于通过在通道方向上对散射校正数据 D1 进行平滑，得到散射校正且平滑的数据 D2。

5 根据第二十方面的该 X 射线 CT 设备，可以恰当地实施第九方面的散射校正方法。

本发明在其第二十一方面中提供一种具有前述配置的 X 射线 CT 设备，其特征在于包括：高通处理装置，用于通过在通道方向上对未散射校正的数据 D0 进行高通处理，或从未散射校正的数据 D0 中减去平滑且未散射校正的数据 D0，确定高频分量 H0；和高频校正装置，
10 用于通过将该高频分量 H0 加到散射校正并且平滑的数据 D2，得到散射校正并且高频校正的数据 D3。

根据第二十一方面的该 X 射线 CT 设备，可以恰当地实施第十方面的散射校正方法。

15 本发明在其第二十二方面中提供一种具有前述配置的 X 射线 CT 设备，其特征在于包括：高通处理装置，用于通过在通道方向上对未散射校正的数据 D0 进行高通处理，或从未散射校正的数据 D0 中减去平滑且未散射校正的数据 D0，确定高频分量 H0；高频分量散射校正装置，用于通过将该高频分量 H0 乘以调节因子 $G(d, d_0)$ 确定调节的高频分量 H1；和高频校正装置，用于通过将该调节的高频分量 H1
20 加到散射校正并且平滑的数据 D2，得到散射校正并且高频校正的数据 D3。

根据第二十二方面的该 X 射线 CT 设备，可以恰当地实施第十一方面的散射校正方法。

25 根据本发明的散射测量方法和 X 射线 CT 设备，可以测量多片层成像中的散射。

根据本发明的散射校正方法和 X 射线 CT 设备，可以校正多片层成像中的散射。

30 可以应用本发明的散射校正方法、散射校正方法和 X 射线 CT 设备，以减少多片层成像中由于散射而产生的 CT 图像的图像质量降低。

从下面本发明的优选实施例的说明可以清楚的看到本发明进一步的目的和优点，如附图所述。

附图说明

图 1 的方框图所示为根据实例 1 的 X 射线 CT 设备。

图 2 的流程图所示为根据实例 1 的散射测量过程。

图 3 的说明图所示为散射测量过程。

5 图 4 的概念图所示为所存储的散射校正因子。

图 5 的流程图所示为根据实例 1 的散射校正过程。

图 6 的说明图所示为多片层成像的过程。

图 7 的流程图所示为根据实例 2 的散射测量过程。

图 8 的流程图所示为根据实例 2 的散射校正过程。

10 具体实施方式

现在将参附图所示的实施例更加详细地描述本发明。应该注意到，本发明并不限于这些实施例。

[实例 1]

图 1 的结构方框图所示为根据实例 1 的 X 射线 CT 设备。

15 该 X 射线 CT 设备 100 包括操作者控制台 1、桌台设备 10 和扫描机架 20。

20 该操作者控制台 1 包括输入设备 2，用于接收操作者的输入，中央处理设备 3，用于进行散射测量处理、散射校正处理等，数据收集缓冲器 5，用于收集由扫描机架 20 获取的数据，CRT 6，用于显示根据该数据重建的 CT 图像，以及存储装置 7，用于存储程序、数据和 CT 图像。

桌台设备 10 包括桌台 12，用于在其上躺置对象，并将该对象传送入/送出扫描机架 20 的孔(腔)中。桌台 12 通过安装在桌台设备 10 中的马达垂直地和水平地/直线地移动。

25 扫描机架 20 包括 X 射线管 21、X 射线控制器 22、准直仪 23、多行检测器 24、DAS (数据获取系统) 25、用于控制 X 射线控制器 22、准直仪 23 和 DAS 25 的转子侧边控制器 26、用于与操作者控制台 1 和桌台设备 10 通信控制信号等的整体控制器 29、和滑环 30。

图 2 的流程图所示为根据实例 1 的散射测量过程。

30 在步骤 P1，如图 3 (a) 所示，使用厚度 d_0 等于检测器 $det(r, ch, d_0)$ 的检测器厚度 d_0 的射束对对象 α 进行成像，以测量数据 $I(\theta, r, ch, d_0, d_0)$ 。

检测器 $det(r, ch, do)$ 中的参考标号 (r, ch, do) 表示 (检测器行索引, 通道索引, 检测器厚度)。

数据 $I(\theta, r, ch, do, do)$ 中的参考标号 (θ, r, ch, do, do) 表示 (扇形射束方向, 检测器行索引, 通道索引, 射束厚度, 检测器厚度)。

在步骤 P2, 如图 3 (b) 所示, 使用大于检测器 $det(r, ch, do)$ 的检测器厚度 do 的射束厚度 d 对幻象 α 进行成像, 以测量数据 $I(\theta, r, ch, d, do)$ 。

在步骤 P3, 将数据 $I(\theta, r, ch, do, do)$ 与数据 $I(\theta, r, ch, d, do)$ 之间的差定义为散射量 $S(\theta, r, ch, d, do)$ 。

$$S(\theta, r, ch, d, do) = I(\theta, r, ch, d, do) - I(\theta, r, ch, do, do)$$

在步骤 P4, 根据数据 $I(\theta, r, ch, do, do)$ 与数据 $I(\theta, r, ch, d, do)$ 之间的比率确定散射校正因子数据 $R(\theta, r, ch, d, do)$ 。也就是:

$$R(\theta, r, ch, d, do) = 1 - S(\theta, r, ch, d, do) / I(\theta, r, ch, do, do)$$

或

$$R(\theta, r, ch, d, do) = I(\theta, r, ch, do, do) / I(\theta, r, ch, d, do)$$

在步骤 P5, 如下在通道方向上对散射校正因子 $R(\theta, r, ch, d, do)$ 进行平滑:

$$R(\theta, r, ch, d, do) = Sm_ch[R(\theta, r, ch, d, do)],$$

其中 $Sm_ch[R]$ 是在通道方向上对从通道到通道上分布的值 R 进行平滑的函数。

在步骤 P6, 确定幻象 α 的投影 p , 如下:

$$p(\theta, r, ch, d, do) = -\log \{I(\theta, r, ch, d, do)\} + \log \{Io(r, ch)\}.$$

可替换地, 通过将跨过所有检测器行或跨过包括检测器行 r 的多个检测器行的在相同通道处的幻象 α 的投影 p 加起来, 确定和 A_r , 如下:

$$A_r(\theta, r, ch, d, do) = \sum_r p(\theta, r, ch, d, do).$$

可替换地, 通过将跨过所有通道或跨过包括通道 ch 的多个通道的在相同检测器行的幻象 α 的投影 p 加起来, 确定和 A_c , 如下:

$$A_c(\theta, r, ch, d, do) = \sum_{ch} p(\theta, r, ch, d, do).$$

可替换地, 通过将跨过所有检测器行和所有通道或跨过包括检测器 $det(r, ch)$ 的多个检测器行和多个通道的幻象 α 的投影 p 加起来, 确定和 V , 如下:

$$V(\theta, r, ch, d, do) = \sum_r \sum_{ch} p(\theta, r, ch, d, do).$$

然后彼此相互关联地存储幻象 α 的投影 p 或和 A_r 、 A_c 或 V 与散射校正因子 $R(\theta, r, ch, d, do)$.

所存储的散射校正因子 $R(\theta, r, ch, d, do)$ 概念性地如图 4 中所示。

散射校正因子 $R(\theta, r, ch, d, do)$ 相关联地存储着扇形射束方向 θ 、检测器行索引 r 、通道索引 ch 、射束厚度 d 、检测器厚度 do 、和幻象 α 的投影 p 或和 A_r 、 A_c 或 V 。

假定散射校正因子 $R(\theta, r, ch, d, do)$ 在任何扇形射束方向 θ 上都保持相同, 那么可以替代地存储散射校正因子 $R(r, ch, d, do)$ 。

图 5 的流程图所示为根据实例 1 的散射校正过程。

在步骤 Q1, 读取通过对对象进行成像获得的数据组。

该数据组是通过使用大于检测器厚度 d_0 的射束厚度 d 对对象 β 进行成像获得的数据 $D_0(\theta, r, ch, d, d_0)$ 的集合, 如图 6 中所示, 处于图像重建所需要的扇形射束方向 θ 、检测器行 r 、和通道 ch 的范围内。

5 在步骤 Q2, 从该数据组计算该对象的投影 p , 如下:

$$p(\theta, r, ch, d, d_0) = -\log \{D_0(\theta, r, ch, d, d_0)\} + \log \{D_0(r, ch)\}.$$

可替换地, 通过将跨过所有检测器行或跨过包括检测器行 r 的多个检测器行相同通道处的对象 β 的投影 p 加起来, 计算和 A_r , 如下:

10

$$A_r(\theta, r, ch, d, d_0) = \sum_r p(\theta, r, ch, d, d_0).$$

可替换地, 通过将跨过所有通道或跨过包括通道 ch 的多个通道的相同检测器行中的对象 β 的投影 p 加起来, 计算和 A_c , 如下:

15

$$A_c(\theta, r, ch, d, d_0) = \sum_{ch} p(\theta, r, ch, d, d_0).$$

可替换地, 通过将跨过所有检测器行和所有通道或跨过包括检测器 $det(r, ch)$ 的多个检测器行和多个通道的对象 β 的投影 p 加起来, 计算和 V , 如下:

20

$$V(\theta, r, ch, d, d_0) = \sum_r \sum_{ch} p(\theta, r, ch, d, d_0).$$

在步骤 Q3, 读取与扇形射束方向 θ 、检测器行索引 r 、通道索引 ch 、射束厚度 d 、检测器厚度 d_0 、和对象 β 的投影 p 或和 A_r 、 A_c 或 V 相关联的散射校正因子 $R(\theta, r, ch, d, d_0)$ 。

25 在步骤 Q4, 将对象 β 的数据 $D_0(\theta, r, ch, d, d_0)$ 乘以相关联的散射校正因子 $R(\theta, r, ch, d, d_0)$, 以确定散射校正的数据 $D_1(\theta, r, ch, d, d_0)$ 。然后终止散射校正过程。

此后, 从每一检测器行的散射校正的数据组产生 CT 图像。可替

换地，对于单行检测器，对每一检测器行的散射校正后的数据组应用常规熟知的散射校正之后产生 CT 图像。

根据实例 1 的 X 射线 CT 设备 100，可以适当地测量和校正多片层成像中的散射。于是，可以获得多片层图像，其中由于多片层成像中的散射而产生的假象得到了抑制。

图 7 的流程图所示为根据实例 2 的散射测量过程。

该散射测量过程除了省略了步骤 P5 之外，与实例 1 的散射测量过程类似。

具体地，相关联地存储幻象 α 的投影 p 或和 A_r 、 A_c 或 V 与未平滑的散射校正因子 $R(\theta, r, ch, d, do)$ 。

图 8 的流程图所示为根据实例 2 的散射校正过程。

步骤 Q1—Q4 与实例 1 中的相同。

然而，使用未平滑的散射校正因子 $R(\theta, r, ch, d, do)$ 进行散射校正，以得到散射校正数据 $D1(\theta, r, ch, d, do)$ 。

在步骤 Q5，如果选择了第一图像质量，就终止该过程；否则，到步骤 Q6。

在步骤 Q6，在通道方向上平滑每一检测器行中的散射校正数据 $D1(\theta, r, ch, d, do)$ ，以得到散射校正并且平滑的数据 $D2(\theta, r, ch, d, do)$ ，如下：

20

$$D2(\theta, r, ch, d, do) = Sm_ch[D1(\theta, r, ch, d, do)].$$

在步骤 Q7，如果选择了第二图像质量，就终止该过程；否则，到步骤 Q8。

在步骤 Q8，在通道方向上对未散射校正的数据 $D0(\theta, r, ch, d, do)$ 进行高通处理，或者从其中减去平滑并且未散射校正的数据 $D0(\theta, r, ch, d, do)$ ，以确定高频分量 $H0(\theta, r, ch, d, do)$ ，如下：

$$H0(\theta, r, ch, d, do) = Hp_ch [D0(\theta, r, ch, d, do)]$$

或

$$H0(\theta, r, ch, d, do) = D0(\theta, r, ch, d, do) - Sm_ch[D0(\theta, r, ch, d, do)],$$

其中 $Hp_ch[D0]$ 是在通道方向上对从一个通道到另一个通道上分布的值 $D0$ 进行高通处理的函数。

5 在步骤 Q9, 通过下面其中一种方法规定调节因子 G :

(1) 将操作者提供的常数 (例如 $0 < \text{常数} \leq 2$) 定义为调节因子 G ;

(2) 将操作者提供的常数 (例如 $0 < \text{常数} \leq 2$) 与关联着数据 $H0$ (θ, r, ch, d, do) 的散射校正因子 $R(\theta, r, ch, d, do)$ 之间的乘积定义为该数据的调节因子 $G(\theta, r, ch, d, do)$: 如果该常数为 1, 那么就直接将该散射校正因子 $R(\theta, r, ch, d, do)$ 定义为调节因子 $G(\theta, r, ch, d, do)$; 和

(3) 将跨过所有通道相同检测器行中的散射校正因子 $R(\theta, r, ch, d, do)$ 的平均值、或跨过包括对应于数据 $H0(\theta, r, ch, d, do)$ 的通道 ch 的多个通道的散射校正因子 $R(\theta, r, ch, d, do)$ 的平均值定义为调节因子 $G(\theta, r, ch, d, do)$ 。

在步骤 Q10, 将该高频分量 $H0(\theta, r, ch, d, do)$ 乘以调节因子 G , 以确定调节的高频分量 $H1(\theta, r, ch, d, do)$, 如下:

$$20 \quad H1(\theta, r, ch, d, do) = G \cdot H0(\theta, r, ch, d, do).$$

在步骤 Q10, 将该散射校正并且平滑的数据 $D2(\theta, r, ch, d, do)$ 与调节的高频分量 $H1(\theta, r, ch, d, do)$ 相加, 以按照下式得到散射校正并且高频校正的数据 $D3(\theta, r, ch, d, do)$ 。然后终止该散射校正过程。

25

$$D3(\theta, r, ch, d, do) = D2(\theta, r, ch, d, do) + H1(\theta, r, ch, d, do)$$

此后, 从每一检测器行的散射校正的数据组产生 CT 图像。可替换地, 对于单行检测器, 对每一检测器行的散射校正后的数据组应用常规熟知的散射校正之后产生 CT 图像。

根据实例 2 的 X 射线 CT 设备,可以适当地测量和校正多片层成像中的散射。于是,可以获得多片层图像,其中由于多片层成像中的散射而产生的假象得到了抑制。

不脱离本发明的精神和范围可以对本发明构建出许多不同的实施
5 例。应该理解的是,本发明并不限于说明书中所描述的具体实施例,而是由所附权利要求书中所定义的进行限定。

附图标记

图 1

100	X 射线 CT 设备
1	操作控制台
2	输入设备
3	中央处理设备
5	数据收集缓冲器
10	6 CRT
	7 存储器装置
	10 桌台设备
	12 桌台
	20 扫描机架
15	21 X 射线管
	22 X 射线控制器
	23 准直仪
	24 多行检测器
	25 DAS
20	26 转子侧边控制器
	29 整体控制器
	30 滑环

25 图 2

开始散射测量过程

P1 使用等于检测器厚度 d_0 的射束厚度对所要成像的对象进行成像, 以测量数据 $I(\theta, r, ch, d_0, d_0)$.

P2 使用大于检测器厚度 d_0 的射束厚度 d 对所要成像的对象进行成像, 以测量数据 $I(\theta, r, ch, d, d_0)$.

P3 将数据 $I(\theta, r, ch, d_0, d_0)$ 与数据 $I(\theta, r, ch, d, d_0)$ 之间的差定义为散射量 $S(\theta, r, ch, d, d_0)$.

$$S(\theta, r, ch, d, do) = I(\theta, r, ch, d, do) - I(\theta, r, ch, do, do)$$

P4 根据数据 $I(\theta, r, ch, do, do)$ 与数据 $I(\theta, r, ch, d, do)$ 之间的比率确定散射校正因子 $R(\theta, r, ch, do, do)$ 。

5

$$R(\theta, r, ch, d, do) = 1 - \frac{S(\theta, r, ch, d, do)}{I(\theta, r, ch, d, do)} = \frac{I(\theta, r, ch, do, do)}{I(\theta, r, ch, d, do)}$$

P5 在通道方向上对散射校正因子 $R(\theta, r, ch, do, do)$ 进行平滑。

10

$$R(\theta, r, ch, d, do) = Sm_ch[R(\theta, r, ch, d, do)]$$

P6 彼此相关联地存储对象的投影 p 或和 Ar 、 Ac 或 V 以及散射校正因子 $R(\theta, r, ch, d, do)$ 。

$$p(\theta, r, ch, d, do) = -\log \{I(\theta, r, ch, d, do)\} + \log \{I_0\}$$

$$Ar(\theta, r, ch, d, do) = \sum_r p(\theta, r, ch, d, do)$$

$$Ac(\theta, r, ch, d, do) = \sum_{ch} p(\theta, r, ch, d, do)$$

$$V(\theta, r, ch, d, do) = \sum_r \sum_{ch} p(\theta, r, ch, d, do)$$

15 结束

图 3 (a), (b)

扇形射束方向

20 α 幻象

IC 旋转中心

$do(d)$ 射束厚度

检测器行方向

图 4

散射校正因子

5 射束厚度

投影 p 或和 A_r 、 A_c 或 V

图 5

10 开始散射校正过程

Q1 读取通过对对象进行成像获得的数据组。

Q2 计算对象的投影 p 或和 A_r 、 A_c 或 V 。

$$p(\theta, r, ch, d, do) = -\log \{D0(\theta, r, ch, d, do)\} + \log \{Do\}$$

$$A_r(\theta, r, ch, d, do) = \sum_r p(\theta, r, ch, d, do)$$

$$A_c(\theta, r, ch, d, do) = \sum_{ch} p(\theta, r, ch, d, do)$$

$$V(\theta, r, ch, d, do) = \sum_r \sum_{ch} p(\theta, r, ch, d, do)$$

15 Q3 读取与对象的投影 p 或和 A_r 、 A_c 或 V 相关联的散射校正因子 R (θ, r, ch, do, do)。

Q4 对对象的数据 $D0(\theta, r, ch, do, do)$ 进行散射校正, 以确定散射校正的数据 $D1(\theta, r, ch, do, do)$ 。

20

$$D1(\theta, r, ch, d, do) = R(\theta, r, ch, d, do) \cdot D0(\theta, r, ch, d, do)$$

结束

图 6

25 视角

β 对象
 IC 旋转中心
 d 射束厚度
 检测器行方向

5

图 7

开始散射测量过程

P1 使用等于检测器厚度 do 的射束厚度对所成像的对象进行成像，以测量数据 $I(\theta, r, ch, do, do)$ 。

P2 使用大于检测器厚度 do 的射束厚度 d 对所成像的对象进行成像，以测量数据 $I(\theta, r, ch, d, do)$ 。

P3 将数据 $I(\theta, r, ch, do, do)$ 与数据 $I(\theta, r, ch, d, do)$ 之间的差定义为散射量 $S(\theta, r, ch, d, do)$ 。

15

$$S(\theta, r, ch, d, do) = I(\theta, r, ch, d, do) - I(\theta, r, ch, do, do)$$

P4 根据数据 $I(\theta, r, ch, do, do)$ 与数据 $I(\theta, r, ch, d, do)$ 之间的比率确定散射校正因子 $R(\theta, r, ch, do, do)$ 。

20

$$R(\theta, r, ch, d, do) = 1 - \frac{S(\theta, r, ch, d, do)}{I(\theta, r, ch, d, do)} = \frac{I(\theta, r, ch, do, do)}{I(\theta, r, ch, d, do)}$$

P6 相关联地存储对象的投影 p 或和 Ar 、 Ac 或 V 以及散射校正因子 $R(\theta, r, ch, d, do)$ 。

$$p(\theta, r, ch, d, do) = -\log \{I(\theta, r, ch, d, do)\} + \log \{I_0\}$$

$$Ar(\theta, r, ch, d, do) = \sum_r p(\theta, r, ch, d, do)$$

$$Ac(\theta, r, ch, d, do) = \sum_{ch} p(\theta, r, ch, d, do)$$

$$V(\theta, r, ch, d, do) = \sum_r \sum_{ch} p(\theta, r, ch, d, do)$$

结束

图 8

5 开始散射校正过程

Q1 读取通过对对象进行成像获得的数据组。

Q2 计算对象的投影 p 或和 A_r 、 A_c 或 V 。

$$p(\theta, r, ch, d, do) = -\log \{D0(\theta, r, ch, d, do)\} + \log \{Do\}$$

$$A_r(\theta, r, ch, d, do) = \sum_r p(\theta, r, ch, d, do)$$

$$A_c(\theta, r, ch, d, do) = \sum_{ch} p(\theta, r, ch, d, do)$$

$$V(\theta, r, ch, d, do) = \sum_r \sum_{ch} p(\theta, r, ch, d, do)$$

10 Q3 读取与对象的投影 p 或和 A_r 、 A_c 或 V 相关联的散射校正因子 R (θ, r, ch, do, do)。

Q4 对对象的数据 $D0(\theta, r, ch, do, do)$ 进行散射校正, 以确定散射校正的数据 $D1(\theta, r, ch, do, do)$ 。

15
$$D1(\theta, r, ch, d, do) = R(\theta, r, ch, d, do) \cdot D0(\theta, r, ch, d, do)$$

Q5 选择了第一图像质量吗? (是) 结束

Q6 在通道方向上对散射校正的数据 $D1(\theta, r, ch, do, do)$ 进行平滑, 以得到散射校正并且平滑的数据 $D2(\theta, r, ch, do, do)$ 。

20
$$D2(\theta, r, ch, d, do) = Sm_ch[D1(\theta, r, ch, d, do)]$$

Q7 选择了第二图像质量吗? (是) 结束

Q8 在通道方向上对未散射校正的数据 $D0(\theta, r, ch, do, do)$ 进行高通处理, 或者从其中减去平滑并且未散射校正的数据 $D0$, 以确定高频分量 $H0(\theta, r, ch, do, do)$ 。

$$H0(\theta, r, ch, d, do) = Hp_ch [D0(\theta, r, ch, d, do)]$$

$$H0(\theta, r, ch, d, do) = D0(\theta, r, ch, d, do) - Sm_ch[D0(\theta, r, ch, d, do)]$$

Q9 规定调节因子 G

Q10 将该高频分量 $H0(\theta, r, ch, do, do)$ 乘以调节因子 G, 以
5 确定调节的高频分量 $H1(\theta, r, ch, do, do)$.

$$H1(\theta, r, ch, d, do) = G \cdot H0(\theta, r, ch, d, do)$$

Q11 将散射校正并且平滑的数据 $D2(\theta, r, ch, do, do)$ 与调
节的高频分量 $H1(\theta, r, ch, do, do)$ 相加, 以得到散射校正并且高
10 频校正的数据 $D3(\theta, r, ch, do, do)$.

$$D3(\theta, r, ch, d, do) = D2(\theta, r, ch, d, do) + H1(\theta, r, ch, d, do)$$

结束

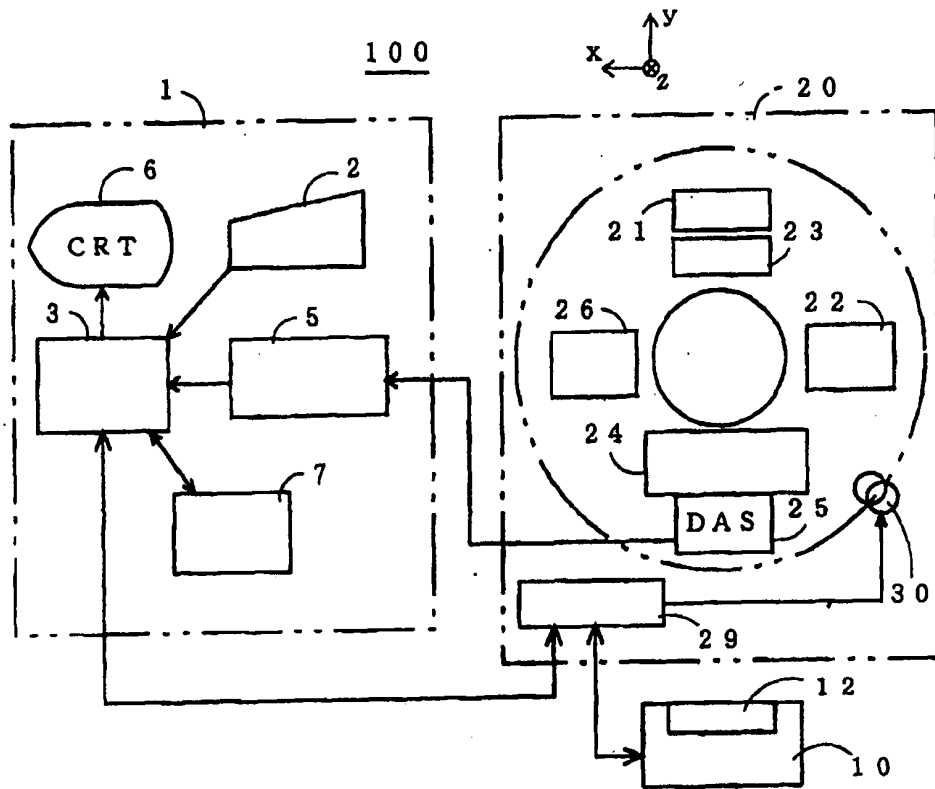


图 1

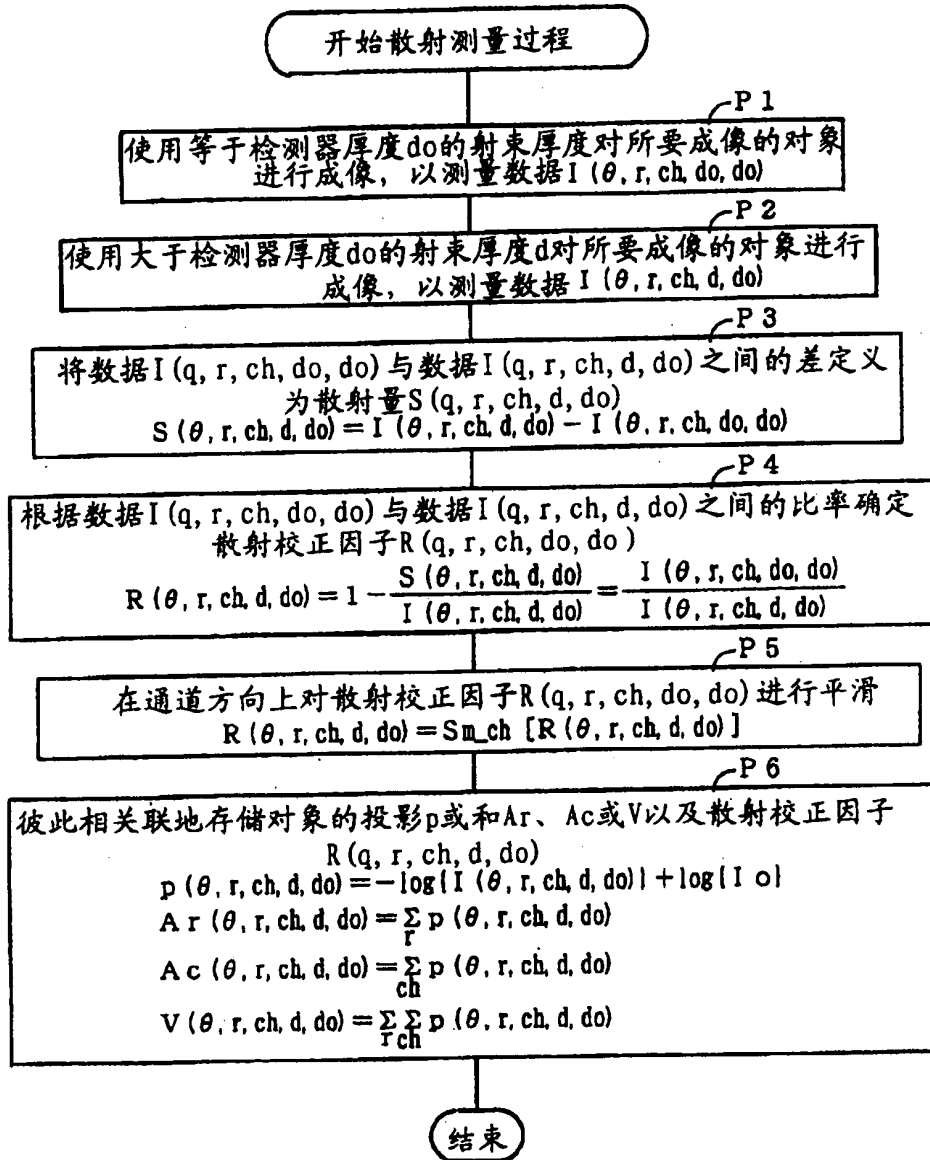


图 2

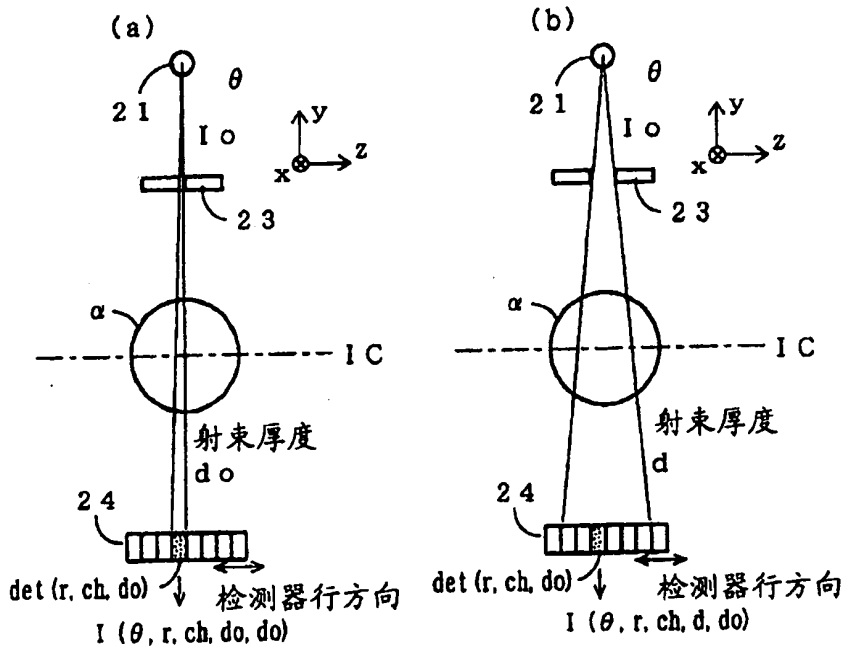


图 3

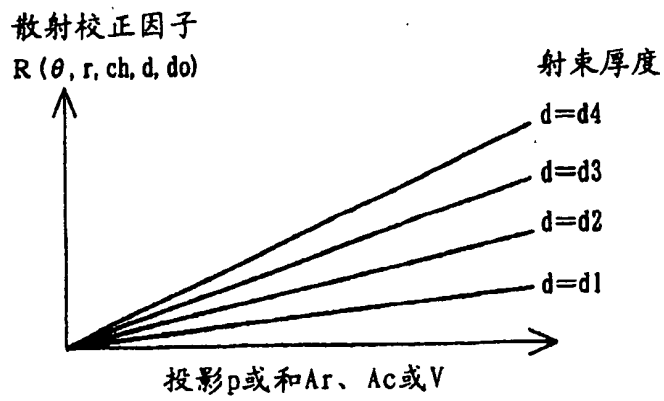


图 4

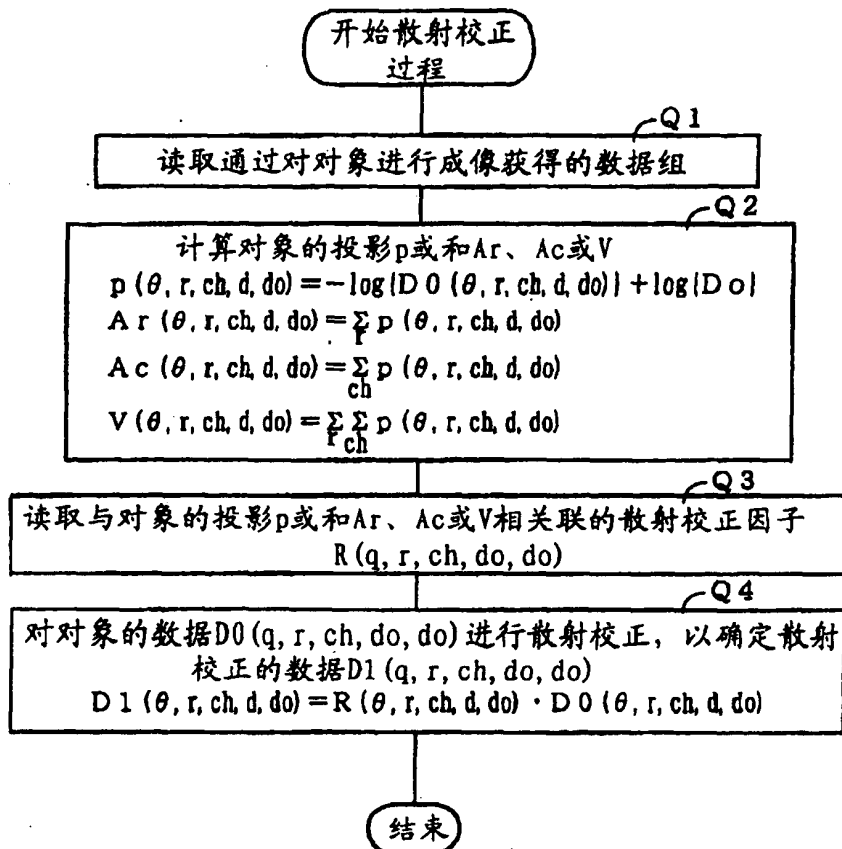


图 5

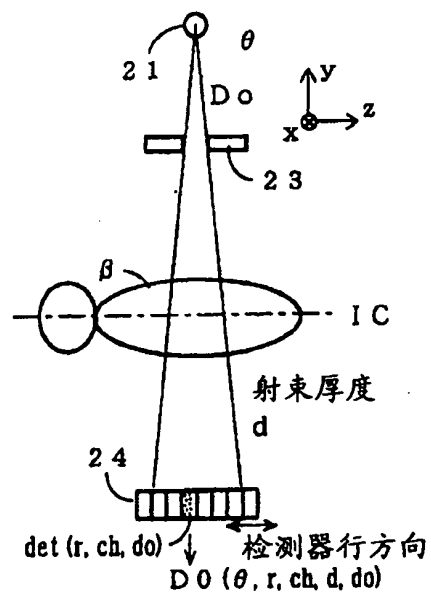


图 6

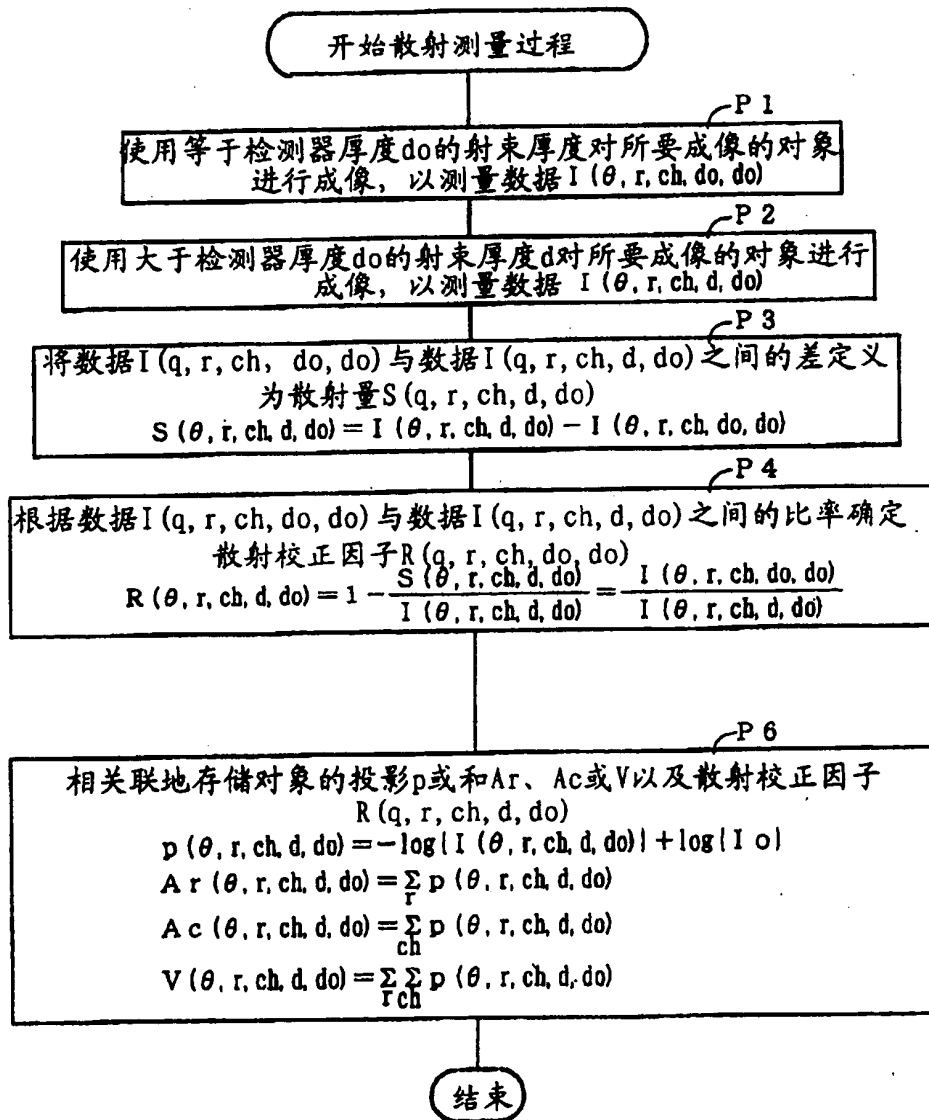


图 7

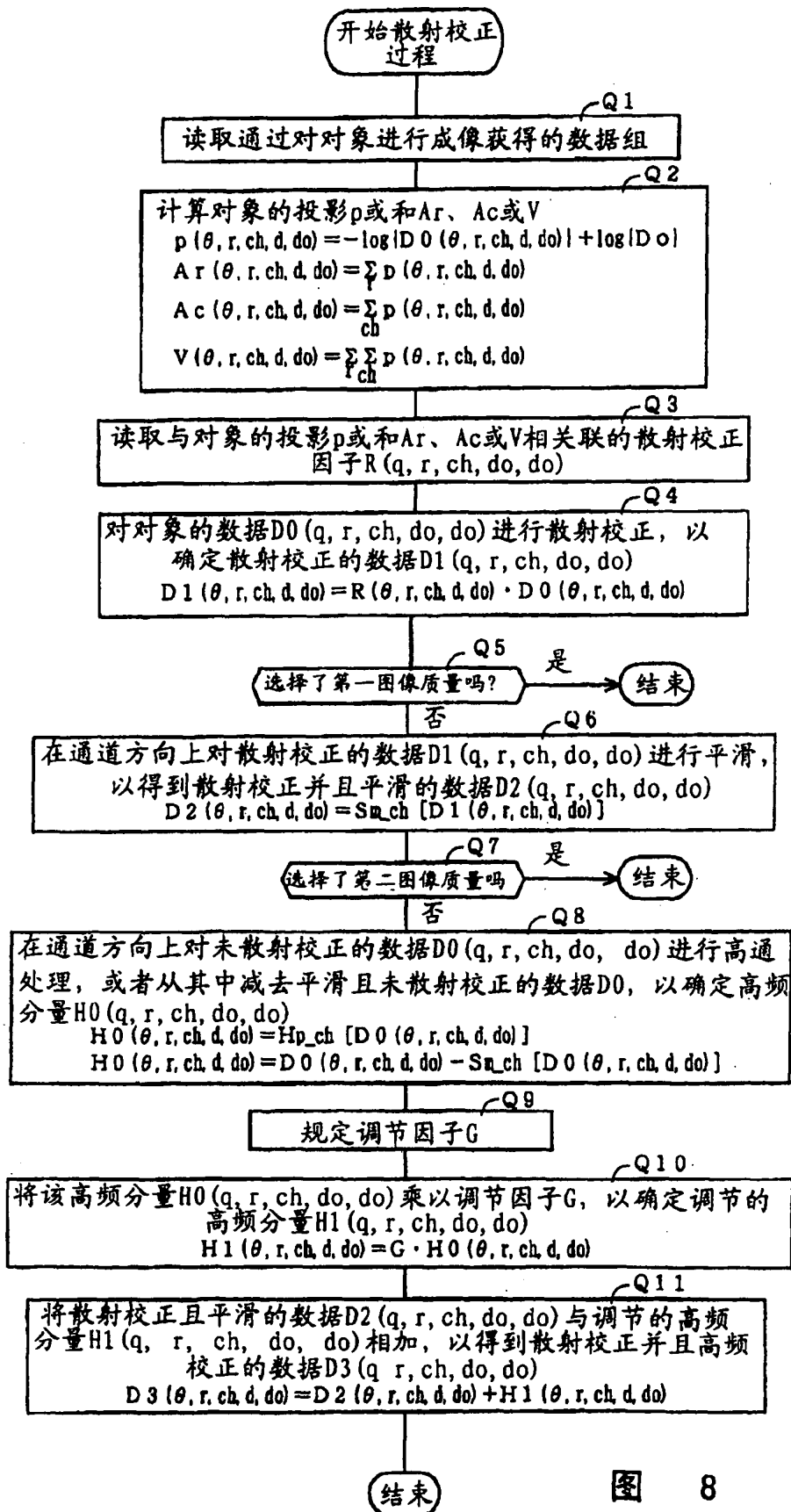


图 8