



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110448320 A

(43)申请公布日 2019.11.15

(21)申请号 201910708583.6

(22)申请日 2019.08.01

(71)申请人 新里程医用加速器(无锡)有限公司

地址 214021 江苏省无锡市梁溪区南湖大道588号1401室

(72)发明人 邱立忠 田新智 金铁

(74)专利代理机构 北京商专永信知识产权代理
事务所(普通合伙) 11400

代理人 方挺 时寅

(51)Int.Cl.

A61B 6/00(2006.01)

A61B 6/03(2006.01)

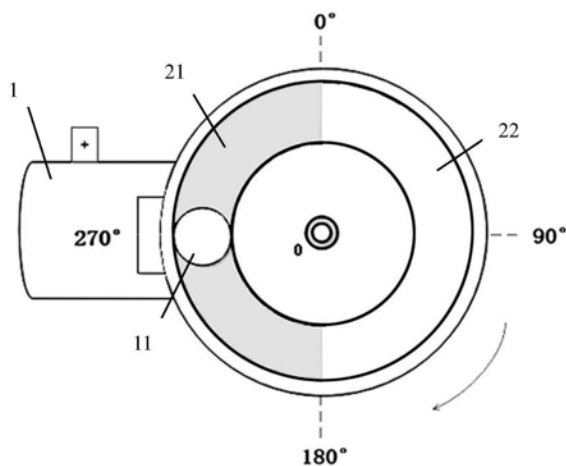
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

用于CBCT系统的球管组件及双能三维体积图像的重建方法

(57)摘要

本申请公开一种用于CBCT系统的球管组件,包括用于发射X射线的发射单元;至少具有不同厚度的第一部分和第二部分的滤波单元,所述滤波单元能够分别以第一部分和第二部分遮挡所述发射单元发射的X射线,以生成不同能量的X射线束。采用该球管组件的CBCT系统以一个X射线源,一个探测器,实现双能CBCT系统装置,该系统装置结构简单,成本较低。此外,本申请还公开了一种双能三维体积图像的重建方法,该方法不仅应用了高低能衰减信息,而且对于高低能衰减数据做了空间匹配和衰减校正,能够在重建的人体三维体积数据中更准确的包含有骨信息与软组织信息。



1. 用于CBCT系统的球管组件,其特征在于,包括:
用于发射X射线的发射单元;
至少具有不同厚度的第一部分和第二部分的滤波单元,所述滤波单元能够分别以第一部分和第二部分遮挡所述发射单元发射的X射线,以生成不同能量的X射线束。
2. 根据权利要求1所述的用于CBCT系统的球管组件,其特征在于:
所述滤波单元能够旋转地布置于所述发射单元的前方,其一半具有厚度 L_1 ,另一半具有厚度 L_2 。
3. 根据权利要求2所述的用于CBCT系统的球管组件,其特征在于:
所述发射单元为球管,所述球管具有圆形的X射线发射孔;
所述滤波单元具有呈环形的滤波薄片,所述滤波薄片的宽度大于或等于所述球管的X射线发射孔的直径。
4. 根据权利要求3所述的用于CBCT系统的球管组件,其特征在于,所述滤波单元包括:
设置于所述球管上的旋转轴;以及
设置于所述旋转轴上的承载片,所述承载片具有用于设置所述环形滤波薄片环形镂空。
5. 根据权利要求3或4所述的用于CBCT系统的球管组件,其特征在于:
所述滤波单元的转速 $w = (2\pi \times \text{FPS}/2) / \text{秒}$,其中FPS为图像采集帧频。
6. 双能三维体积图像的重建方法,其特征在于,包括:
 - a. 在X射线发射单元前端布置滤波单元,所述滤波单元至少具有不同厚度 L_1 和 L_2 的第一部分和第二部分;
 - b. 分别以不同厚度的第一部分和第二部分交替地遮挡所述发射单元发射的X射线,以生成具有高能量 E_1 和低能量 E_2 的X射线束,并以所述高能量 E_1 和低能量 E_2 的X射线束分别照射待测目标;
 - c. 获取透过待测目标的高能投影图像Pro_L1和低能投影图像Pro_L2,将两幅投影图像进行空间配准,对所述低能投影图像Pro_L2进行衰减校正;
 - d. 融合所述高能投影图像Pro_L1和经过衰减校正的所述低能投影图像Pro_L2,以获取融合投影图像;
 - e. 根据所述融合投影图像重建双能三维体积图像。
7. 根据权利要求6所述的双能三维体积图像的重建方法,其特征在于,所述步骤c包括:
将低能投影图像Pro_L2配准到高能投影图像Pro_L1,假设由两幅图像配准结果参数组成的变换矩阵为T,则:

$$T(\text{Pro_L2}) \rightarrow (\text{Pro_L1});$$
 假设高能投影图像Pro_L1对应的有效射线能量为 E_1 ,有效线性衰减系数为 μ_1 ,照射目标和滤波介质前后的高能X射线强度分别为 I_0 和 I_1 ,低能投影图像Pro_L2对应的有效射线能量为 E_2 ,有效线性衰减系数为 μ_2 ,照射目标和滤波介质前后的低能X射线强度分别为 I_0 和 I_2 ,高能投影图像Pro_L1中任意位置(x,y)处的像素对应X射线穿过目标的厚度为t,则

$$I_1(x,y) = I_0(x,y) * \exp(-\mu_1 * (t+L_1));$$

$$I_2(x,y) = I_0(x,y) * (\exp(\mu_2/\mu_1) + I_1(x,y) / I_0(x,y) + (L_1-L_2) * \mu_2)。$$
8. 根据权利要求7所述的双能三维体积图像的重建方法,其特征在于,所述步骤d包括:

根据 $I(x, y) = \lambda * I_1(x, y) + (1 - \lambda) * I_2(x, y)$ 获取融合图像中任意位置 (x, y) 处像素的强度值,其中 λ 为权重系数,且 $0 < \lambda < 1$ 。

9. 根据权利要求8所述的双能三维体积图像的重建方法,其特征在于,所述步骤e包括:采用FDK算法重建双能三维体积图像。

用于CBCT系统的球管组件及双能三维体积图像的重建方法

技术领域

[0001] 本发明涉及双能能谱锥形束CT (CBCT) 系统领域,特别涉及一种用于该系统的球管组件和采用该球管组件的双能能谱构建方法。

背景技术

[0002] 根据X射线的衰减属性,一种固定能量的X射线对特定密度物质衰减比较敏感,而对其他的密度物质的衰减不太敏感,这在人体不同组织的衰减测量中尤为突出,密度高的骨组织对高能的X射线衰减敏感,而密度较低的软组织对低能X射线的衰减比较敏感。

[0003] 双能能谱锥形束CT (CBCT) 系统由高压发生器、球管(用于发射X射线)、探测器组成。工作时,其以不同能量的X射线照射目标,获取高能与低能投影数据,相邻的高低能投影数据进行时空匹配,重建三维体积图像。CBCT系统同时使用高能和低能X射线,可以有效收集不同解剖组织形态的特征信息,有利于辨别骨和软组织等形态特征。

[0004] 现有的CBCT系统主要以两种方式获取不同能量的X射线:

[0005] 第一种是增加一个X射线源和一个探测器,以使得同一时刻有两束不同能量的X射线照射目标,探测器分别获取高能和低能投影数据。这种方式的缺点是增加设备成本和设计复杂度。

[0006] 第二种是在一次完整的CBCT模式扫描过程中使用相同的X射线能量,探测器具有特殊的夹层,该夹层中加入衰减材质,从而实现单一X射线源获取两种衰减投影数据。该系统易于实现,且相同的X射线能量能够有效减少光束波动引入额外的噪声。但是,这种方法在增加设备成本的同时,还需要更为复杂的能谱重建流程。

发明内容

[0007] 鉴于背景技术中存在的问题,本发明提供一种用于CBCT系统的球管组件,包括:

[0008] 用于发射X射线的发射单元;

[0009] 至少具有不同厚度的第一部分和第二部分的滤波单元,所述滤波单元能够分别以第一部分和第二部分遮挡所述发射单元发射的X射线,以生成不同能量的X射线束。

[0010] 在本发明的一些实施方式中,所述滤波单元能够旋转地布置于所述发射单元的前方,其一半具有厚度 L_1 ,另一半具有厚度 L_2 。

[0011] 在本发明的一些实施方式中,所述发射单元为球管,所述球管具有圆形的X射线发射孔;所述滤波单元具有呈环形的滤波薄片,所述滤波薄片的宽度大于或等于所述球管的X射线发射孔的直径。

[0012] 在本发明的一些实施方式中,所述滤波单元包括:设置于所述球管外壳上的旋转轴;以及设置于所述旋转轴上的承载片,所述承载片具有用于设置所述环形滤波薄片环形镂空。

[0013] 在本发明的一些实施方式中,所述滤波单元的转速 $w = (2\pi \times \text{FPS}/2)$ /秒,其中FPS为图像采集帧频。

[0014] 本发明提供的球管组件在X射线发射单元的前方设置具有特定厚度 L_1 的第一部分与厚度 L_2 的第二部分的滤波单元,以获取两种不同能量的X射线,分别对高密度的骨组织和低密度的软组织衰减敏感,从而实现双能CBCT系统装置。该装置与其他CBCT系统实现装置相比,只需要一个X射线源,一个探测器就实现了双能能谱CBCT系统,该装置的结构简单,成本较低,易于实现。

[0015] 此外,本发明还提供了一种双能三维体积图像的重建方法,其特征在于,包括:

[0016] a. 在X射线发射单元前端布置滤波单元,所述滤波单元至少具有不同厚度 L_1 和 L_2 的第一部分和第二部分;

[0017] b. 分别以不同厚度的第一部分和第二部分交替地遮挡所述发射单元发射的X射线,以生成具有高能量 E_1 和低能量 E_2 的X射线束,并以所述高能量 E_1 和低能量 E_2 的X射线束分别照射待测目标;

[0018] c. 获取透过待测目标的高能投影图像Pro_L1和低能投影图像Pro_L2,将两幅投影图像进行空间配准,对所述低能投影图像Pro_L2进行衰减校正;

[0019] d. 融合所述高能投影图像Pro_L1和经衰减校正后的所述低能投影图像Pro_L2,以获取融合投影图像;

[0020] e. 根据所述融合投影图像重建双能三维体积图像。

[0021] 在本发明的一些实施方式中,所述步骤c包括:

[0022] 将低能投影图像Pro_L2配准到高能投影图像Pro_L1,假设由两幅图像配准结果参数组成的变换矩阵为T,则:

[0023] $T(\text{Pro_L}_2) \rightarrow (\text{Pro_L}_1)$;

[0024] 假设高能投影图像Pro_L1对应的有效射线能量为 E_1 ,有效线性衰减系数为 μ_1 ,照射目标和滤波介质前后的高能X射线强度分别为 I_0 和 I_1 ,低能投影图像Pro_L2对应的有效射线能量为 E_2 ,有效线性衰减系数为 μ_2 ,照射目标和滤波介质前后的低能X射线强度分别为 I_0 和 I_2 ,高能投影图像Pro_L1中任意位置 (x, y) 处的像素对应X射线穿过目标的厚度为 t ,则

[0025] $I_1(x, y) = I_0(x, y) * \exp(-\mu_1 * (t + L_1))$;

[0026] $I_2(x, y) = I_0(x, y) * (\exp(\mu_2/\mu_1) + I_1(x, y)/I_0(x, y) + (L_1 - L_2) * \mu_2)$ 。

[0027] 在本发明的一些实施方式中,所述步骤d包括:

[0028] 根据 $I(x, y) = \lambda * I_1(x, y) + (1 - \lambda) * I_2(x, y)$ 获取融合图像中任意位置 (x, y) 处像素的强度值,其中 λ 为权重系数,且 $0 < \lambda < 1$ 。

[0029] 在本发明的一些实施方式中,所述步骤e包括:采用FDK算法重建双能三维体积图像。

[0030] 本发明提供的双能三维体积图像的重建方法不仅应用了高低能衰减信息,而且对于高低能衰减数据做了空间匹配和衰减校正,能够在重建的人体三维体积数据中更准确的包含有骨信息与软组织信息。

附图说明

[0031] 图1为本发明一实施方式的球管组件分解示意图;

[0032] 图2为本发明一实施方式的球管组件组合示意图;

[0033] 图3为本发明一实施方式的滤波单元在相邻两帧下的波形图;

[0034] 图4为本发明一实施方式的双能三维体积图像的重建方法的流程图。

具体实施方式

[0035] 为了使发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面结合附图和具体实施例对发明作进一步详细的说明。虽然附图中显示了本公开示例性实施例,然而应当理解,可以以各种形式实现本发明而不应被这里阐述的实施例所限制。相反,提供这些实施例是为了能够更便于透彻的理解本发明,并且能够将本发明的构思完整的传达给本领域人员。

[0036] 如图1所示,本实施方式提供的球管组件包括用于发射X射线的发射单元1以及滤波单元2。该滤波单元2至少具有不同厚度的第一部分21和第二部分22,以使得其能够分别以第一部分21和第二部分22遮挡发射单元1发射的X射线,进而生成具有高能量 E_1 和低能量 E_2 的X射线束。滤波单元2能够旋转地布置于发射单元1的前方,其一半具有厚度 L_1 ,另一半具有厚度 L_2 。

[0037] 如图2所示,进一步地,该发射单元1采用现有的球管,该球管具有圆形的X射线发射孔11,因此球管射出的X射线为锥形束,即X射线射出球管时剖面为圆形。滤波单元2则采用环形的铝制的滤波薄片,环形的宽度大于或等于球管的X射线发射孔11的直径。该环形的滤波薄片的一半(第一部分21)具有厚度 L_1 ,另一半(第二部分22)具有厚度 L_2 。

[0038] 在本实施方式中,滤波单元2还包括设置于球管外壳上的旋转轴23和设置于旋转轴23上的承载片24,该承载片24具有用于布置环形的滤波薄片的环形镂空,以使得环形的滤波薄片能够设置于该环形镂空中,进而环形的滤波薄片在旋转轴23的带动下旋转。旋转轴23由电机(图未示)驱动。由此,在X射线曝光过程中该环形滤波薄片可以快速稳定旋转,使X射线波束依次被不同厚度的第一部分21和第二部分22调制生成高能量 E_1 和低能量 E_2 的X射线束照射目标。

[0039] 参照图3所示,设图像采集帧频 $FPS=10$,每帧图像曝光脉宽 $20ms$,读图脉宽 $80ms$,滤波单元2转速 $w=\pi/0.1s=10\pi=5*2\pi$ /秒,即滤波单元2每秒钟转5转刚好与曝光周期同步,则滤波单元2的转速 $w=(2\pi*FPS/2)$ /秒。

[0040] 当X射线波束通过厚度为 L_1 的铝制的第一部分21时,获得的X射线能量 $E_1=E_0*EXP(-\mu*L_1)$ 。当波束通过厚度为 L_2 的铝制的第二部分22时,获得的X射线能量 $E_2=E_0*EXP(-\mu*L_2)$ 。其中, E_0 为未经滤波单元2的X射线能量, E_1 与 E_2 为对应的穿过不同厚度 L_1 和 L_2 的铝制的第一部分21和第二部分22的X射线能量, μ 为X射线在铝材质中的衰减系数。

[0041] 基于此,本发明一实施方式通过设置具有特定厚度 L_1 和 L_2 的滤波单元2,获取两种不同能量的X射线,两种X射线分别对高密度的骨组织和低密度的软组织衰减敏感,从而以一个X射线源,一个探测器,实现双能CBCT系统装置。该双能CBCT系统装置与背景技术相比,结构简单,成本较低。

[0042] 参照图4所示,本发明一实施方式提供一种双能三维体积图像的重建方法,包括步骤:

[0043] a. 在X射线发射单元1前端布置滤波单元2,所述滤波单元2至少具有不同厚度 L_1 和 L_2 的第一部分和第二部分;

[0044] b. 分别以不同厚度的第一部分和第二部分交替地遮挡所述发射单元1发射的X射线,以生成具有高能量 E_1 和低能量 E_2 的X射线束,并以所述高能量 E_1 和低能量 E_2 的X射线束分

别照射待测目标；

[0045] c. 获取透过待测目标的高能投影图像Pro_L1和低能投影图像Pro_L2,将两幅投影图像进行空间配准,对所述低能投影图像Pro_L2进行衰减校正；

[0046] d. 融合所述高能投影图像Pro_L1和经衰减校正后的所述低能投影图像Pro_L2,以获取融合投影图像；

[0047] e. 根据所述融合投影图像重建双能三维体积图像。

[0048] 进一步地,所述步骤c包括：

[0049] 将低能投影图像Pro_L2配准到高能投影图像Pro_L1,假设由两幅图像配准结果参数组成的变换矩阵为T,则：

$$[0050] \quad T(\text{Pro_L}_2) \rightarrow (\text{Pro_L}_1) \quad (1)$$

[0051] 其中T(Pro_L2)与(Pro_L1)在空间位置上保持一致,即低能投影Pro_L2中的每一个像素从空间位置上被配准到了高能投影Pro_L1的对应像素位置上。

[0052] 设高能投影图像Pro_L1中任一像素 $P_0(x_0, y_0)$ 对应的射线衰减路径为 P_1 , $P_0(x_0, y_0)$ 在T(Pro_L2)中的对应像素的射线衰减路径为 P_2 ,由于Pro_L1和Pro_L2是在旋转轴23带动滤波单元2旋转过程中先后采集的投影图像,故它们的射线衰减路径是不一样的,即 P_1 和 P_2 是两条不同的射线衰减路径。为了保持高低能投影图像的时空一致性,需要对投影射线衰减路径进行校正。

[0053] 假设高能投影图像Pro_L1对应的有效射线能量为 E_1 ,有效线性衰减系数为 μ_1 ,照射目标和滤波介质(滤波薄片)前后的高能X射线强度分别为 I_0 和 I_1 ,低能投影图像Pro_L2对应的有效射线能量为 E_2 ,有效线性衰减系数为 μ_2 ,照射目标和滤波介质(滤波薄片)前后的低能X射线强度分别为 I_0 和 I_2 ,高能投影图像Pro_L1中任意位置(x,y)处的像素对应X射线穿过目标的厚度为t,则

$$[0054] \quad I_1(x, y) = I_0(x, y) * \exp(-\mu_1 * (t + L_1)) \quad (2)$$

[0055] 由公式(2)可以得到：

$$[0056] \quad t = -\ln(I_1(x, y) / I_0(x, y)) / \mu_1 - L_1 \quad (3)$$

[0057] 则T(Pro_L2)中任意位置(x,y)处像素的强度值为：

$$[0058] \quad I_2(x, y) = I_0(x, y) * (\exp(\mu_2 / \mu_1) + I_1(x, y) / I_0(x, y) + (L_1 - L_2) * \mu_2) \quad (4)$$

[0059] 通过公式(4)校正T(Pro_L2)中的像素强度值。

[0060] 进一步地,步骤d包括：

[0061] 为了在重建的三维体积图像中同时包含有目标高低能衰减信息,现对两种能量的投影数据进行融合处理,则融合图像中任意位置(x,y)处像素的强度值为：

$$[0062] \quad I(x, y) = \lambda * I_1(x, y) + (1 - \lambda) * I_2(x, y) \quad (5)$$

[0063] 其中 λ 为权重系数,且 $0 < \lambda < 1$ 。当 $0 < \lambda < 0.5$ 时,融合投影中具有更多的低能衰减信息,当 $0.5 < \lambda < 1$ 时,融合投影中具有更多的高能衰减信息,实际应用中可以根据不同的应用场景选择合适的 λ 值。

[0064] 进一步的,步骤e包括:采用FDK算法重建双能三维体积图像DE-CBCT。

[0065] 最后应说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制性的。尽管参照实施例对本发明进行了详细说明,但本领域的普通技术人员应当理解,对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,都不脱离本发明技术方案的精神和范围,其均应涵盖在本

发明的权利要求范围当中。

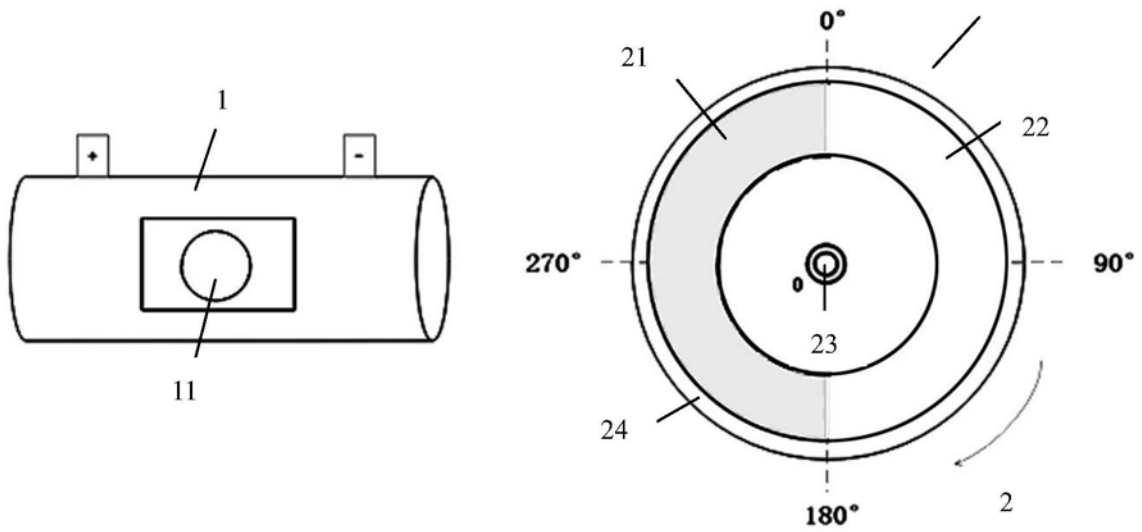


图1

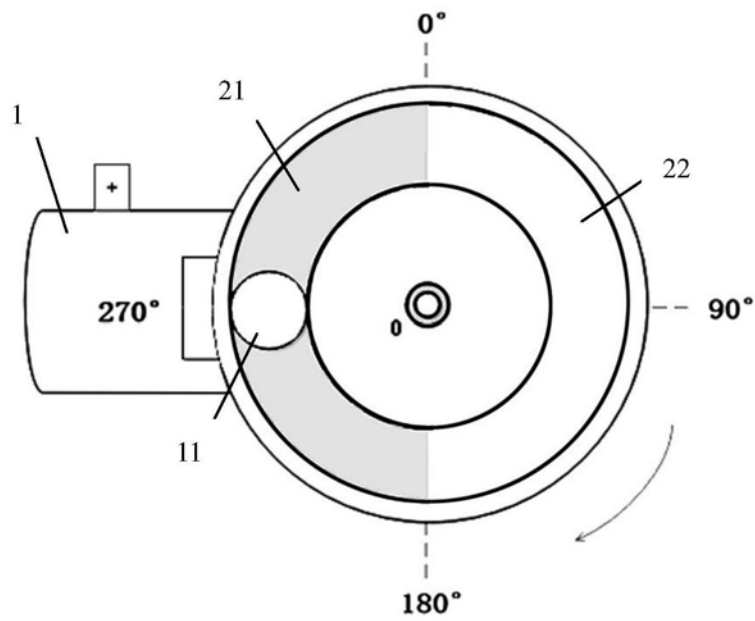


图2

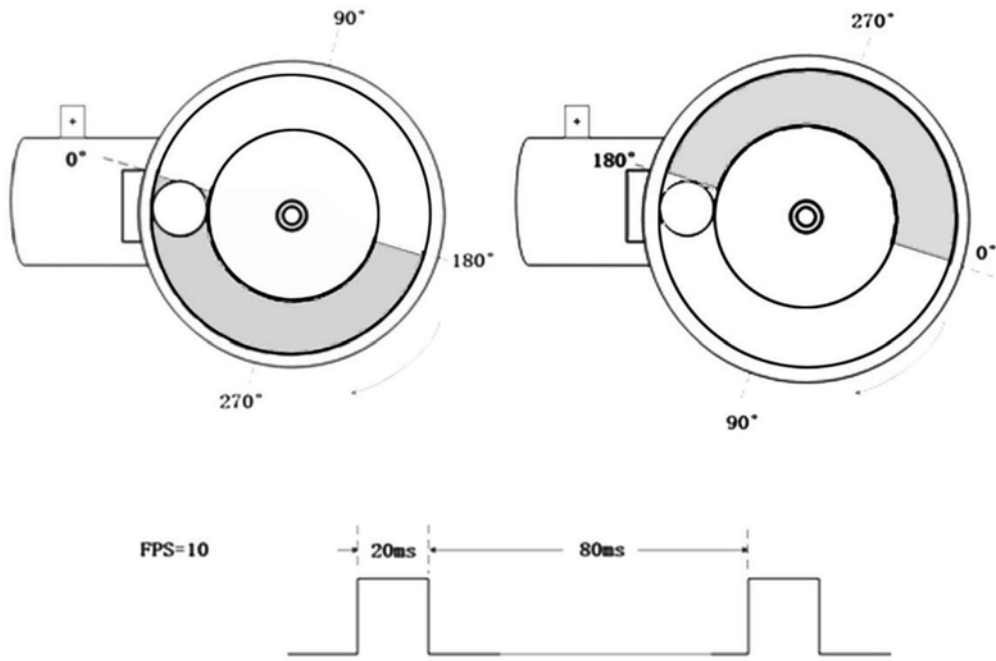


图3

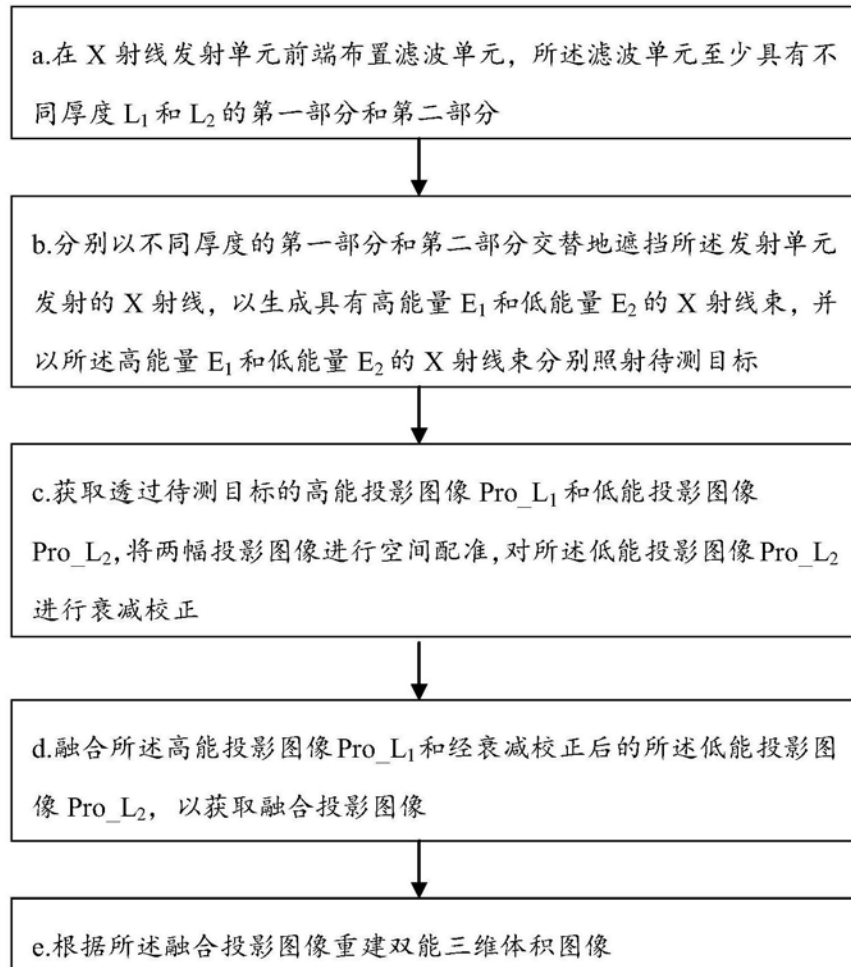


图4