

说明书

发明名称: 肉类检测系统以及肉类检测方法

[0001] 本申请要求于2022年12月27日提交的、申请号为202211714433.4的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

[0002] 本公开涉及检测技术领域。具体地，涉及一种肉类检测系统以及方法，尤其涉及一种基于射线成像的肉类检测系统以及方法。

背景技术

[0003] 随着在猪肉、羊肉等屠宰场及肉制品加工过程中，需要对肉类进行等级划分，根据分级结果向生猪等供应商进行结算，并定好肉类出厂的价格。以猪肉为例，目前国内生猪屠宰场主要是测量猪肉背膘厚度，结合人眼观测结果，以手动方式对猪肉进行定级。由于背膘厚度仅为猪肉上局部的特征，难以表征整猪的肥瘦情况，且肉眼观测非常依赖于分级人员的经验水平和个人素养，分级结果可能产生较大的误差，从而给屠宰场带来潜在的经济利益损失。

[0004] 目前国外厂家更加流行的是超声波检测法，然而该检测手段引入国内时出现了几个方面的问题：一方面是与之配套的设备价格过于昂贵，屠宰场很难在几年内回本，经济利益上不划算；另一方面，国外厂家所屠宰的生猪品种、大小、重量较为一致，而国内生猪来源复杂(散户或者集中饲养)，其品种多样、大小差异明显、重量波动范围大，需要重新建立更加复杂的数据库才能较为准确地对猪肉进行分级，其所耗费的时间和精力得不偿失。

[0005] 发明内容

[0006] 根据本公开的一方面，提供一种肉类检测系统，所述系统包括：

[0007] 运送设备，限定用于运送肉类产品的运送通道，所述肉类产品在所述运输通道上沿运送方向移动；

[0008] 射线源，配置成朝向所述运送通道照射射线束，所述射线束沿所述运送方向的横向跨所述运送通道；

- [0009] 探测器，被配置成接收所述射线束，以分别生成第一探测信号和第二探测信号，其中所述第一探测信号和所述第二探测信号对应于不同波段的辐射；
- [0010] 处理器，被配置成基于所述探测器探测的第一探测信号和第二探测信号，生成第一透射图像和第二透射图像，并结合所述第一透射图像和所述第二透射图像生成肉类产品的透射扫描图像，由此计算肉类产品的量化指标，以对肉类产品进行分级。
- [0011] 可选地，肉类检测系统还包括三维图像成像装置，所述三维图像成像装置被配置成获得肉类产品的三维外轮廓信息，
- [0012] 其中，所述处理器基于所述第一透射图像和所述第二透射图像，进一步结合所述三维外轮廓信息计算所述量化指标。
- [0013] 可选地，所述射线源所照射的射线束为单个射线束，并且所述探测器被配置成包括第一能量探测器和第二能量探测器，其中所述第一能量探测器接收所述单个射线束的第一能量部分以生成所述第一探测信号，并且所述第二能量探测器接收所述单个射线束的第二能量部分以生成所述第二探测信号。
- [0014] 可选地，所述射线源所照射的射线束包括能量不同的第一能量射线束和第二能量射线束，并且所述探测器被配置成接收所述第一能量射线束和所述第二能量射线束，以分别生成所述第一探测信号和所述第二探测信号。
- [0015] 可选地，所述射线源被配置成交替发射所述第一能量射线束和所述第二能量射线束。
- [0016] 可选地，所述射线源被配置成包括第一能量射线源和第二能量射线源，其中所述第一能量射线源照射所述第一能量射线束，并且所述第二能量射线源照射所述第二能量射线束。
- [0017] 可选地，所述系统被配置成包括一个或多个射线源，所述多个射线源沿所述运送方向的横向方向布置，以便从所述运送通道的一侧向另一侧依次发射射线束覆盖所述运送通道的横向宽度。
- [0018] 可选地，所述探测器还被配置成生成至少一个另一探测信号，所述另一探测信号与所述第一探测信号和所述第二探测信号不同。

- [0019] 可选地，所述另一探测信号对应的辐射波段与所述第一探测信号和所述第二探测信号对应的辐射波段不同。
- [0020] 可选地，所述处理器还配置成基于所述三维外轮廓信息对肉类产品的部位分类，并且结合所述透射扫描图像计算不同部位的量化指标，以对不同部位进行分级。
- [0021] 可选地，所述三维图像成像装置包括三维摄像头、可见光摄像头、红外摄像头、激光雷达摄像头中的至少一种。
- [0022] 可选地，所述运送设备包括：
- [0023] 吊轨装置，配置成以悬挂所述肉类产品方式移动所述肉类产品；或
- [0024] 传送带，配置成允许所述肉类产品被放置其上以便传送所述肉类产品。
- [0025] 可选地，所述肉类检测系统还包括姿态调整装置，以配合所述运送设备调整待进入所述运送通道的肉类产品的姿态。
- [0026] 可选地，所述量化指标包括瘦肉率、长度信息、宽度信息、重量信息、包含物中的至少一种。
- [0027] 本公开的一方面提供一种肉类检测方法，所述方法包括：
- [0028] 由运送设备运送肉类产品，所述运送设备限定用于运送肉类产品的运送通道，所述肉类产品在所述运输通道上沿运送方向移动；
- [0029] 由射线源朝向所述运送通道照射射线束，所述射线束沿所述运送方向的横向跨所述运送通道；
- [0030] 由探测器接收所述射线束，以分别生成第一探测信号和第二探测信号，其中所述第一探测信号和所述第二探测信号对应于不同波段的辐射；
- [0031] 由处理器基于所述探测器探测的第一探测信号和第二探测信号，生成第一透射图像和第二透射图像，并结合所述第一透射图像和所述第二透射图像生成肉类产品的透射扫描图像，由此计算肉类产品的量化指标，以对肉类产品进行分级。
- [0032] 可选地，方法还包括三维图像成像装置，所述三维图像成像装置被配置成获得肉类产品的三维外轮廓信息，

- [0033] 其中，所述处理器基于所述第一透射图像和所述第二透射图像，进一步结合所述三维外轮廓信息计算所述量化指标。
- [0034] 可选地，所述射线源所照射的射线束为单个射线束，并且所述探测器被配置成包括第一能量探测器和第二能量探测器，其中所述第一能量探测器接收所述单个射线束的第一能量部分以生成所述第一探测信号，并且所述第二能量探测器接收所述单个射线束的第二能量部分以生成所述第二探测信号。
- [0035] 可选地，所述射线源所照射的射线束包括能量不同的第一能量射线束和第二能量射线束，并且所述探测器被配置成接收所述第一能量射线束和所述第二能量射线束，以分别生成所述第一探测信号和所述第二探测信号。
- [0036] 可选地，所述射线源被配置成交替发射所述第一能量射线束和所述第二能量射线束。
- [0037] 可选地，所述射线源被配置成包括第一能量射线源和第二能量射线源，其中所述第一能量射线源照射所述第一能量射线束，并且所述第二能量射线源照射所述第二能量射线束。
- [0038] 可选地，由一个或多个射线源照射射线束，所述多个射线源沿所述运送方向的横向方向布置，以便从所述运送通道的一侧向另一侧依次发射射线束覆盖所述运送通道的横向宽度。
- [0039] 可选地，所述探测器还被配置成生成至少一个另一探测信号，所述另一探测信号与所述第一探测信号和所述第二探测信号不同。
- [0040] 可选地，由所述处理器基于所述三维外轮廓信息对肉类产品的部位分类，并且结合所述透射扫描图像计算不同部位的量化指标，以对不同部位进行分级。
- [0041] 可选地，所述三维图像成像装置包括三维摄像头、可见光摄像头、红外摄像头、激光雷达摄像头中的至少一种。
- [0042] 可选地，所述运送设备包括：
- [0043] 吊轨装置，配置成以悬挂所述肉类产品方式移动所述肉类产品；或
- [0044] 传送带，配置成允许所述肉类产品被放置其上以便传送所述肉类产品。
- [0045] 可选地，由姿态调整装置配合所述吊轨装置调整待进入所述运送通道的肉类产品的姿态。

[0046] 可选地，所述量化指标包括瘦肉率、长度信息、宽度信息、重量信息、包含物中的至少一种。

[0047] 应当理解，本部分所描述的内容并非旨在标识本公开的实施例的关键或重要特征，也不用于限制本公开的范围。本公开的其它特征将通过以下的说明书而变得容易理解。

附图说明

[0048] 附图用于更好地理解本方案，不构成对本公开的限定，其中：

[0049] 图1示出了根据本公开的实施例的肉类检测系统的示意图。

[0050] 图2A、图2B和图2C分别示出了肉类检测系统沿图1中的线C-C照射肉类产品的不同实施例的示意图。

[0051] 图3A示出了三种组织的质量衰减系数(μ/ρ)随X射线能量变化的曲线。

[0052] 图3B示出了三种组织的线性衰减系数(μ)随X射线能量变化的曲线。

[0053] 图4示出了根据本公开的实施例的肉类产品的三维图像成像示意图。

[0054] 图5示出了根据本公开的实施例的肉类检测系统的数据处理框图。

[0055] 图6A示出了根据本公开的实施例的肉类检测系统的另一示意图。

[0056] 图6B示出了肉类检测系统沿图6A中的线C-C照射肉类产品的示意图。

[0057] 图7示出了根据本公开的实施例的肉类检测系统包括分布式射线源的布置方式。

[0058] 图8示出了根据本公开的实施例的吊轨装置。

[0059] 图9示出了根据本公开的实施例的传送带。

具体实施方式

[0060] 为更清楚地阐述本公开的目的、技术方案及优点，以下将结合附图对本公开的实施例进行详细的说明。应当理解，下文对于实施例的描述旨在对本公开的总体构思进行解释和说明，而不应当理解为是对本公开的限制。在说明书和附图中，相同或相似的附图标记指代相同或相似的部件或构件。为了清晰起见，附图不一定按比例绘制，并且附图中可能省略了一些公知部件和结构。

[0061] 除非另外定义，本公开使用的技术术语或者科学术语应当为本公开所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本公开中使用的“第一”、“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性，而只是用来区分不同的组成部分。措词“一”或“一个”不排除多个。“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现该词前面的元件或者物件涵盖出现在该词后面列举的元件或者物件及其等同，而不排除其他元件或者物件。“连接”或者“相连”等类似的词语并非限定于物理的或者机械的连接，而是可以包括电性的连接，不管是直接的还是间接的。“上”、“下”、“左”、“右”“顶”或“底”等等仅用于表示相对位置关系，当被描述对象的绝对位置改变后，则该相对位置关系也可能相应地改变。当诸如层、膜、区域或衬底基板之类的元件被称作位于另一元件“上”或“下”时，该元件可以“直接”位于另一元件“上”或“下”，或者可以存在中间元件。

[0062] 图1示出了根据本公开的实施例的肉类检测系统1000的示意图。

[0063] 如图1所示，肉类检测系统1000包括运送设备10。运送设备10用于沿着运送方向D运送肉类产品20。根据本公开的实施例，运送设备10可以是肉类屠宰场的生产流水线中所使用的、运送肉类产品20以完成生产流程的设备。作为示例，运送设备10可以是目前屠宰场流水线中正在使用的运送设备。如图1所示，运送设备10限定了用于运送肉类产品20的运送通道110。本文中的“运送通道110”可以理解为，在运送设备10的运行期间，由被运送移动的肉类产品20所占据的空间形成的通道。即，在运送设备10的运行期间，肉类产品20处于运送通道110上并且沿着运送方向D移动。运送通道110的长度方向可以对应于运送方向D，而运送通道110的宽度方向可以对应于横向方向L。作为示例，在肉类产品20被横向运送的情况下(如图1和图7所示的肉类产品的放置形式)，运送通道110的宽度可以被限定为略宽于肉类产品20的整体体长，如图1中所示。

[0064] 作为示例，肉类产品20可以包括猪肉、羊肉等。然而，本公开不限于此，并且可以包括任何适于在屠宰场流水线进行处理的肉类产品。

[0065] 肉类检测系统1000还包括射线源30。如图1所示，射线源30朝向运送通道110照射射线束R，以对肉类产品20进行射线成像。根据本公开的实施例，射线源30的

射线束被配置成沿运送方向D的横向方向L跨运送通道110。作为示例，射线源30可以发射X射线、红外光或可见光。然而，本公开的实施例不限于此，并且可以包括任何合适类型的射线源。在下文中，以X射线源作为示例进行描述。

[0066] 图2A、图2B和图2C分别示出了肉类检测系统沿图1中的线C-C照射肉类产品的不同实施例的示意图。具体地，图2A、图2B和图2C分别示出了可以应用于根据本公开的肉类检测系统1000的不同类型的射线源30和探测器40。

[0067] 在图2A的实施例中，射线源30被配置成照射单个射线束R，并且探测器40可以被配置成包括多个能量探测器，以分别接收所述单个射线束R中的不同能量部分(例如对应于射线束R中的不同波段)，从而生成对应于不同能量的多个探测信号。作为示例，图2A中示出了探测器40包括两个能量探测器，即第一能量探测器和第二能量探测器，在下文中也被称为高能探测器401和低能探测器402。然而，本公开的实施例不限于此，可以根据实际需要包括更多个能量探测器。

[0068] 如图2A所示，射线源30照射单个射线束R，并且探测器40被配置成包括高能探测器401和低能探测器402，以分别接收单个射线束R中的第一能量部分(即高能部分)和第二能量部分(即低能部分)。作为示例，单个射线束R中的不同能量部分可以对应于不同波段的辐射。由此，高能探测器401可以生成第一探测信号(在下文中可以称为高能探测信号)，而低能探测器402可以生成不同于所述第一探测信号的第二探测信号(在下文中可以称为低能探测信号)。

[0069] 在图2B-2C的实施例中，射线源30可以被配置成照射能量不同的多个能量射线束，并且探测器40可以仅被提供成一个探测器来接收所照射的多个能量射线束，从而生成多个探测信号。作为示例，图2B-2C中示出了射线源30照射两个能量射线束，即第一能量射线束和第二能量射线束，在下文中也被称为高能射线束R1和低能射线束R2。然而，本公开的实施例不限于此，可以根据需要照射更多个能量射线束。

[0070] 如图2B所示，射线源30被配置成交替发射高能射线束R1和低能射线束R2，以此方式照射两个能量射线束。即，射线源30可以是能够交替地发射高能射线束R1和低能射线束R2的类型的射线源。在根据该实施例的肉类检测过程中，在肉类产品20移动经过射线源30时，射线源30可以首先在第一时间向肉类产品20照射

高能射线束R1，然后在第二时间向肉类产品20照射低能射线束R2。以此来完成对所经过的肉类产品20的照射过程。如图2B所示，所照射的高能射线束R1和低能射线束R2可以由探测器40接收，从而分别生成对应于高能射线束R1的高能探测信号，以及对应于低能射线束R2的低能探测信号。

[0071] 如图2C所示，射线源30被配置成包括第一能量射线源301(下文中也称为高能射线源301)和第二能量射线源302(下文中也称为低能射线源302)。其中，高能射线源301可以用于照射高能射线束R1，并且低能射线源302可以用于照射低能射线束R2，以此方式照射两个能量射线束。在该实施例中，作为示例，射线源30可以以射线源组的形式配置。具体地，射线源30可以由多个子射线源构成的射线源组，其中每个子射线源照射不同能量的射线束。在图2C所示的实施例中，所述多个子射线源可以是高能射线源301和低能射线源302，从而以此方式使射线源30照射能量不同的高能射线束R1和低能射线束R2。同样地，所照射的高能射线束R1和低能射线束R2可以由探测器40接收，从而分别生成对应于高能射线束R1的高能探测信号，以及对应于低能射线束R2的低能探测信号。

[0072] 应该理解，本文中的术语“高能”和“低能”的能量仅是两者相对而言，即高能的能量不同于低能的能量。

[0073] 根据本公开的实施例，处理器60可以被配置成基于探测器40所探测的高能探测信号和低能探测信号来生成第一透射图像(在下文中称为高能透射图像)和第二透射图像(在下文中称为低能透射图像)。并且，将高能透射图像和低能透射图像进行结合，以生成肉类产品20的透射扫描图像SMP。由此可以计算肉类产品20的量化指标QID，从而实现对肉类产品20的分级。

[0074] 通常，肉类产品20主要包括肥肉(脂肪)、瘦肉(肌肉)、以及骨头三种组织。以X射线为例，这三种组织的质量衰减系数(μ/ρ)和线性衰减系数(μ)会随着X射线能量的变化而呈现不同的曲线。图3A示出了三种组织的质量衰减系数(μ/ρ)随X射线能量变化的曲线；并且图3B示出了三种组织的线性衰减系数(μ)随X射线能量变化的曲线。如图3A-3B所示，肥肉、瘦肉和骨头三种组织的曲线存在差异，彼此并不相同。由于这三种组织对X射线不同的衰减系数，因此可以在X射线图像上表现出不同的图像特征，由此成像出三种组织在肉类产品20的分布情

况。然而，由于各个组织在不同位置处具有的厚度不同，因此当仅以单个能量进行扫描成像时，可能会获得不准确的分布结果。例如，可能存在一个部位处的肥肉的厚度很大，而在另一部位处的骨头的厚度很小的情况，此时可能导致射线束透射过这两个部位的透射率相同，因此获得生成相同的探测信号，进而导致将这两个部分归类为相同的组织。由此获得错误的组织分布结果。

[0075] 因此，在本公开的实施例中，肉类检测系统1000被配置成以至少两个能量进行成像并且生成与至少两个能量相对应的探测信号，使得相同组织可以具有在不同波段的辐射下的不同成像结果。由于相同组织在不同波段的辐射下会具有不同的透射率，因此结合多个探测信号针对每个组织进行分析，能够准确地获得三个组织在肉类产品20中的分布，以此生成肉类产品20的透射扫描图像。其中，透射扫描图像能够示出各个组织在相应的肉类产品20中的大致轮廓、图像特征以及分布情况，并且可选地，可以由不同的灰度或者颜色代表不同的组织。

[0076] 在一实施例中，处理器60可以基于所生成的透射扫描图像来计算量化指标。作为示例，处理器60可以根据透射扫描图像中的三个组织的分布情况，计算这三个组织在肉类产品20中所占的组成比例以及密度信息，以此来计算整个肉类产品20的瘦肉率作为量化指标。作为示例，瘦肉率可以被定位为：瘦肉率=瘦肉质量/整体质量。然而，本公开的实施例不限于此。

[0077] 在另一实施例中，如图4-5所示，肉类检测系统1000可以进一步包括三维图像成像装置50。三维图像成像装置50被配置成获得肉类产品20的三维外轮廓信息TPO。处理器60可以基于高能透射图像和低能透射图像，进一步结合三维外轮廓信息TPO计算量化指标QID。作为示例，三维图像成像装置50可以包括三维摄像头(3D摄像头)、可见光摄像头、红外摄像头、激光雷达摄像头中的至少一种。

[0078] 图4示出了根据本公开的实施例的肉类产品的三维图像成像装置。在图4中，以三维摄像头作为示例示出。为了辅助射线成像系统获得更加准确的定量指标计算结果，本公开采用了辅助手段(即三维图像成像装置50)来获得肉类产品的三维外轮廓信息TPO，即肉类产品表面在三维空间的相对坐标位置。作为示例，处理器60可以在根据所接收的高能探测信号和低能探测信号生成高能透射图像和低能透射图像之后，进一步参考从三维图像成像装置50获得的三维外轮廓信

息TPO。通过结合三维外轮廓信息TPO中的位置参数和宽度信息等，可以更加准确地区分和划分三个组织的分布，并由此生成透射扫描图像SMP。这种方式，可以提高处理器60的计算准确度、减少计算量化指标QID的误差。作为另一示例，处理器60可以首先基于高能透射图像和低能透射图像以生成透射扫描图像SMP。然后，对肉类产品20的透射扫描图像SMP和三维外轮廓信息TPO结合处理，以计算量化指标QID(例如瘦肉率)。由于在透射扫描图像SMP的基础上，进一步参考了三维外轮廓信息TPO，可以获得更准确的量化指标，为分级结果提供可靠性。

[0079] 此外，三维外轮廓信息TPO还可以示出肉类产品20的局部部位信息，这便于对肉类产品20进行部位划分。作为示例，肉类产品20可以包括体前段、体中段和体后段。以这种方式，在结合处理器60获得的组织分布信息的基础上，也能够获得各个局部部位中的组织分布情况，进而可以针对各个局部部位单独地计算量化指标QID(例如瘦肉率)。并且可选地，可以针对特定部位进行分级评估。

[0080] 另外，所计算的量化指标QID除了上述提及的整体/局部瘦肉率之外，通过结合透射扫描图像SMP和三维外轮廓信息TPO，还可以计算肉类产品20的整个体长、局部部位(例如体中段)的长度、局部部位(例如体中段、臀部等)的宽度、局部部位中的骨头长度、整体/局部部位重量的等等的量化指标QID，以此对肉类产品20进行分级。在一实施例中，还可以综合肉类产品20的产地、年龄、品种等其他信息进行综合评价分级。进一步地，根据本公开的实施例的系统1000还可以利用X射线图像来对肉类产品20进行异物检测。例如，在肉类产品20中存在异物的情况下，通过所生成的透射扫描图像SMP可以直接显示出存在的异物。因此，异物存在情况、异物尺寸也可以作为量化指标进行分级，或者可以辅助对肉类产品20的切割。

[0081] 图5示出了根据本公开的实施例的肉类检测系统1000的数据处理框图。如图5所示，处理器60从探测器40接收两个或多个探测信号(例如高能探测信号和低能探测信号)，并且从三维图像成像装置50接收三维外轮廓信息TPO。此后，处理器60可以结合处理两个或多个探测信号与三维外轮廓信息TPO，以准确地划分不同组织的分布，从而计算量化指标QID。以这种方式，可以基于射线成像方式获

取肉类产品20的量化指标，同时结合使用三维图像成像装置50获取辅助信息(即三维外轮廓信息TPO)，可以快速且准确地区分肉类产品20中的不同组织并且相应计算定量指标，从而实现肉类分级的结果，减少客户的经济利益损失，提高客户满意度。

[0082] 图6A示出了根据本公开的实施例的肉类检测系统的另一示意图。图6B示出了肉类检测系统沿图6A中的线C-C照射肉类产品的示意图。

[0083] 在一实施例中，肉类检测系统1000可以被配置成包括一个或多个射线源30，该一个或多个射线源30可以沿运送方向D的横向方向L布置，以便从运送通道110的一侧向另一侧依次发射射线束覆盖运送通道110的横向宽度。

[0084] 通常，为了获得整个肉类产品的X射线图像，从而来计算其瘦肉率等定量指标，可以采用单次扫描或多次扫描的成像模式。单次扫描，则指的是一次完成整个肉类产品的扫描，直接获得整个肉类产品的图像；而多次扫描，则是分别获得整个肉类产品各个局部区域的扫描图像，然后将其拼接起来间接获得整个肉类产品的图像。单次扫描的系统结构设计，其优势在于，能够一次扫描获得肉类产品完整的整体图像，扫描时间较短，能够更好地保证肉类检测流水线的通过率；然而，由于肉类产品通常尺寸比较大，因此X射线成像的边缘区域内，X射线入射样本的倾斜角度会更大，一方面可能会因为穿过厚度更大而导致X射线难穿透问题，另一方面，倾斜入射的几何畸变可能会导致瘦肉率等定量指标计算时的误差更大(理想条件下，应当是X射线平行束垂直于肉类产品入射，此时瘦肉率等指标计算的误差最小)。考虑到单次扫描的成像模式可能会带来入射倾斜角度过大的问题，因此本文提出了多次扫描的成像模式。

[0085] 作为示例，图2A-2C示出了肉类检测系统1000包括一个射线源30的布置方式。作为另一示例，图6A-6B示出了肉类检测系统1000包括两个射线源30的布置方式。如图6A-6B所示，肉类检测系统1000包括两个射线源30。两个射线源30被沿着运送通道110的横向方向L布置。即，两个射线源30的假想连接线可以平行于横向方向L延伸。根据本公开的实施例，当采用两个射线源时，相比于仅使用一个射线源，X射线束张角得以减小、成像边缘区域X射线的入射倾斜角度得到降低，两次扫描可以获得肉类产品20上下两张互相重叠的X射线图像，经过拼接处

理后,可以获得完整的肉类产品20的图像。此外,两个射线源30可以配置成依次发射射线束,由此完成扫描以实现拼接成像。

[0086] 作为又一示例,图7示出了根据本公开的实施例的肉类检测系统1000包括分布式射线源的布置方式。如图7所示,肉类检测系统1000被配置成包括多个射线源30。即,多个射线源30以分布式射线源的方式配置。以这种方式,X射线束张角会进一步降低乃至逼近笔形束、成像边缘区域X射线的入射倾斜角度进一步降低,从而进一步减小量化指标计算的误差、提供肉类检测系统1000的使用可靠性。此后,将多次扫描结果拼接后可以获得完整的肉类产品图像。在图7所示的实施例的情况下,多个射线源30可以如图6A中的两个射线源30的方式,沿着运送通道110的横向方向L布置。此外,该多个射线源从运送通道110的一侧向另一侧(例如沿方向S)依次发射射线束,以覆盖运送通道110的横向宽度,由此完成扫描。虽然图7作为示例示出探测器40为包括高能探测器和低能探测器的双能探测器,但是本公开不限于此,还可以是例如能谱探测器或多能探测器。

[0087] 在一实施例中,根据本公开的实施例的肉类检测系统1000还可以被配置成生成至少一个另一探测信号,所述另一探测信号与高能探测信号和低能探测信号不同。在这种情况下,处理器60会基于更多个(例如多于两个)探测信号生成透射扫描图像SMP。根据本公开的实施例,如上所述,随着产生的探测信号越多,所生成的透射扫描图像SMP的准确性和可靠性越高、所计算的量化指标QID的误差越小。

[0088] 在一实施例中,运送设备10包括吊轨装置120。吊轨装置120被配置成以悬挂肉类产品20的方式移动肉类产品20。图8示出了根据本公开的实施例的吊轨装置120。如图8所示,作为示例,肉类产品20可以通过吊轨装置120上的挂钩而悬挂在吊轨上,并且经由吊轨装置120上的铰链而沿运送方向D移动,以此进行悬挂式扫描检测。

[0089] 在另一实施例中,运送设备10包括传送带130。传送带130被配置成允许肉类产品20被放置其上以便传送肉类产品20。图9示出了根据本公开的实施例的传送带130。如图9所示,作为示例,肉类产品20可以被平躺放置在传送带130上,并且随着传送带130的皮带滚动而沿运送方向D移动,以此进行扫描检测。

- [0090] 可选地，可以安装一个或多个姿态调整装置，以配合运送设备10调整待进入运送通道110的肉类产品20的姿态，从而使得肉类产品20以最佳姿态进入扫描区域，以获得最佳的检测效果。
- [0091] 下面结合图1和图5描述根据本公开的实施例的肉类检测系统1000的方法。
- [0092] 如图1和图5所示，作为示例，将肉类产品20放置在运送设备10上，以沿运送方向D移动。射线源30可以朝向由运送设备10限定的运送通道110照射射线束，由此扫描移动经过射线源30的肉类产品20。探测器40可以接收射线源30所发射的射线束，并且分别生成第一探测信号和第二探测信号。探测器40可以将第一探测信号和第二探测信号以通信方式传输至处理器60。处理器60可以基于第一探测信号和第二探测信号生成第一透射图像和第二透射图像。可选地，处理器60还可以获取由三维图像成像装置50生成的肉类产品20的三维外轮廓信息TPO。作为示例，三维图像成像装置50可以被布置在射线源30附近，或者布置在运送设备10附近。然而，本公开的实施例不限于此。然后，处理器60可以基于第一透射图像、第二透射图像和/或三维外轮廓信息TPO，生成肉类产品20的透射扫描图像SMP，其中可以获得三种组织的分布信息、密度信息等等。由此，处理器60进一步计算出肉类产品20的量化指标QID，并基于量化指标QID对肉类产品进行分级。作为示例，量化指标QID可以包括瘦肉率、长度信息、宽度信息、重量信息、包含物中的至少一种。
- [0093] 有利地，根据本公开上述各种实施例所述的肉类检测系统1000以及方法，可以通过成像获得瘦肉率等多种量化指标，从而来指导肉类的分级，有利于提升肉类屠宰场和加工厂分级的准确性，从而获得更好的经济效益。同时，本公开的肉类检测系统1000可以适用于目前屠宰场的流水线，只需要少量的改动，即可作为流水线的一部分来完成生产流程，实现定量化精准肉类分级，实时完成对上流供货商的结算。因此，可以解决目前所使用的背膘测量方法的仅观察局部信息、难以表示整猪的肥瘦情况，并且分级时需要人眼观察，非常依赖于观察人员的经验和个人素养的技术缺陷。也解决了超声波检测方法的设备非常昂贵，且检测结果受限于数据库、难以匹配国内复杂的生猪来源的技术问题。

- [0094] 应该理解，可以使用上面所示的各种形式的流程，重新排序、增加或删除步骤。例如，本公开中记载的各步骤可以并行地执行也可以顺序地执行也可以不同的次序执行，只要能够实现本公开的技术方案所期望的结果，本文在此不进行限制。
- [0095] 上述具体实施方式，并不构成对本公开保护范围的限制。本领域技术人员应该明白的是，根据设计要求和因素，可以进行各种修改、组合、子组合和替代。任何在本公开的精神和原则之内所作的修改、等同替换和改进等，均应包含在本公开保护范围之内。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种肉类检测系统，所述系统包括：
- 运送设备，限定用于运送肉类产品的运送通道，所述肉类产品在所述运输通道上沿运送方向移动；
- 射线源，配置成朝向所述运送通道照射射线束，所述射线束沿所述运送方向的横向跨所述运送通道；
- 探测器，被配置成接收所述射线束，以分别生成第一探测信号和第二探测信号，其中所述第一探测信号和所述第二探测信号对应于不同波段的辐射；
- 处理器，被配置成基于所述探测器探测的第一探测信号和第二探测信号，生成第一透射图像和第二透射图像，通过结合所述第一透射图像和所述第二透射图像生成肉类产品的透射扫描图像，并基于所述透射扫描图像计算肉类产品的量化指标，以对肉类产品进行分级。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的肉类检测系统，还包括三维图像成像装置，所述三维图像成像装置被配置成获得肉类产品的三维外轮廓信息，其中，所述处理器基于所述第一透射图像和所述第二透射图像，并进一步结合所述三维外轮廓信息计算所述量化指标。
- [权利要求 3] 根据权利要求1所述的肉类检测系统，其中，所述射线源所照射的射线束为单个射线束，并且所述探测器被配置成包括第一能量探测器和第二能量探测器，其中所述第一能量探测器接收所述单个射线束的第一能量部分以生成所述第一探测信号，并且所述第二能量探测器接收所述单个射线束的第二能量部分以生成所述第二探测信号。
- [权利要求 4] 根据权利要求1所述的肉类检测系统，其中，所述射线源所照射的射线束包括能量不同的第一能量射线束和第二能量射线束，并且所述探测器被配置成接收所述第一能量射线束和所述第二能量射线束，以分别生成所述第一探测信号和所述第二探测信号。

- [权利要求 5] 根据权利要求4所述的肉类检测系统，其中，所述射线源被配置成交替发射所述第一能量射线束和所述第二能量射线束。
- [权利要求 6] 根据权利要求4所述的肉类检测系统，其中，所述射线源被配置成包括第一能量射线源和第二能量射线源，其中所述第一能量射线源照射所述第一能量射线束，并且所述第二能量射线源照射所述第二能量射线束。
- [权利要求 7] 根据权利要求1所述的肉类检测系统，其中，所述系统被配置成包括一个或多个射线源，所述多个射线源沿所述运送方向的横向方向布置，以便从所述运送通道的一侧向另一侧依次发射射线束覆盖所述运送通道的横向宽度。
- [权利要求 8] 根据权利要求1所述的肉类检测系统，其中，所述探测器还被配置成生成至少一个另一探测信号，所述另一探测信号与所述第一探测信号和所述第二探测信号不同。
- [权利要求 9] 根据权利要求8所述的肉类检测系统，其中，所述另一探测信号对应的辐射波段与所述第一探测信号和所述第二探测信号对应的辐射波段不同。
- [权利要求 10] 根据权利要求2所述的肉类检测系统，其中，所述处理器还配置成基于所述三维外轮廓信息对肉类产品的部位分类，并且结合所述透射扫描图像计算不同部位的量化指标，以对不同部位进行分级。
- [权利要求 11] 根据权利要求2所述的肉类检测系统，其中，所述三维图像成像装置包括三维摄像头、可见光摄像头、红外摄像头、激光雷达摄像头中的至少一种。
- [权利要求 12] 根据权利要求1-11中任一项所述的肉类检测系统，其中，所述运送设备包括：
吊轨装置，配置成以悬挂所述肉类产品方式移动所述肉类产品；或
传送带，配置成允许所述肉类产品被放置其上以便传送所述肉类产品。

- [权利要求 13] 根据权利要求12所述的肉类检测系统，其中，所述肉类检测系统还包括姿态调整装置，以配合所述运送设备调整待进入所述运送通道的肉类产品的姿态。
- [权利要求 14] 根据权利要求1-13中任一项所述的肉类检测系统，其中，所述量化指标包括瘦肉率、长度信息、宽度信息、重量信息、包含物中的至少一种。
- [权利要求 15] 一种肉类检测方法，所述方法包括：
由运送设备运送肉类产品，所述运送设备限定用于运送肉类产品的运送通道，所述肉类产品在所述运输通道上沿运送方向移动；
由射线源朝向所述运送通道照射射线束，所述射线束沿所述运送方向的横向跨所述运送通道；
由探测器接收所述射线束，以分别生成第一探测信号和第二探测信号，其中所述第一探测信号和所述第二探测信号对应于不同波段的辐射；
由处理器基于所述探测器探测的第一探测信号和第二探测信号，生成第一透射图像和第二透射图像，并结合所述第一透射图像和所述第二透射图像生成肉类产品的透射扫描图像，由此计算肉类产品的量化指标，以对肉类产品进行分级。
- [权利要求 16] 根据权利要求15所述的方法，还包括三维图像成像装置，所述三维图像成像装置被配置成获得肉类产品的三维外轮廓信息，
其中，所述处理器基于所述第一透射图像和所述第二透射图像，进一步结合所述三维外轮廓信息计算所述量化指标。
- [权利要求 17] 根据权利要求15所述的方法，其中，所述射线源所照射的射线束为单个射线束，并且所述探测器被配置成包括第一能量探测器和第二能量探测器，其中所述第一能量探测器接收所述单个射线束的第一能量部分以生成所述第一探测信号，并且所述第二能量探测器接收所述单个射线束的第二能量部分以生成所述第二探测信号。

- [权利要求 18] 根据权利要求15所述的方法，其中，所述射线源所照射的射线束包括能量不同的第一能量射线束和第二能量射线束，并且所述探测器被配置成接收所述第一能量射线束和所述第二能量射线束，以分别生成所述第一探测信号和所述第二探测信号。
- [权利要求 19] 根据权利要求18所述的方法，其中，所述射线源被配置成交替发射所述第一能量射线束和所述第二能量射线束。
- [权利要求 20] 根据权利要求18所述的方法，其中，所述射线源被配置成包括第一能量射线源和第二能量射线源，其中所述第一能量射线源照射所述第一能量射线束，并且所述第二能量射线源照射所述第二能量射线束。
- [权利要求 21] 根据权利要求15所述的方法，其中，由一个或多个射线源照射射线束，所述多个射线源沿所述运送方向的横向方向布置，以便从所述运送通道的一侧向另一侧依次发射射线束覆盖所述运送通道的横向宽度。
- [权利要求 22] 根据权利要求15所述的方法，其中，所述探测器还被配置成生成至少一个另一探测信号，所述另一探测信号与所述第一探测信号和所述第二探测信号不同。
- [权利要求 23] 根据权利要求16所述的方法，其中，由所述处理器基于所述三维外轮廓信息对肉类产品的部位分类，并且结合所述透射扫描图像计算不同部位的量化指标，以对不同部位进行分级。
- [权利要求 24] 根据权利要求16所述的方法，其中，所述三维图像成像装置包括三维摄像头、可见光摄像头、红外摄像头、激光雷达摄像头中的至少一种。
- [权利要求 25] 根据权利要求15-24中任一项所述的方法，其中，所述运送设备包括：
吊轨装置，配置成以悬挂所述肉类产品方式移动所述肉类产品；或
传送带，配置成允许所述肉类产品被放置其上以便传送所述肉类产品。

- [权利要求 26] 根据权利要求25所述的方法，其中，由姿态调整装置配合所述吊轨装置调整待进入所述运送通道的肉类产品的姿态。
- [权利要求 27] 根据权利要求15–24中任一项所述的方法，其中，所述量化指标包括瘦肉率、长度信息、宽度信息、重量信息、包含物中的至少一种。