[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int.Cl[7]
G01N 23/04

[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 99110839.6

[43]公开日 2000年1月26日

[11]公开号 CN 1242519A

[22]申请日 1999.7.23 [21]申请号 99110839.6

[71]申请人 清华大学
地址 100084 北京市海淀区清华园
[72]发明人 安继刚 周立业 刘以思 邬海峰
吴志芳 向新程 王立强

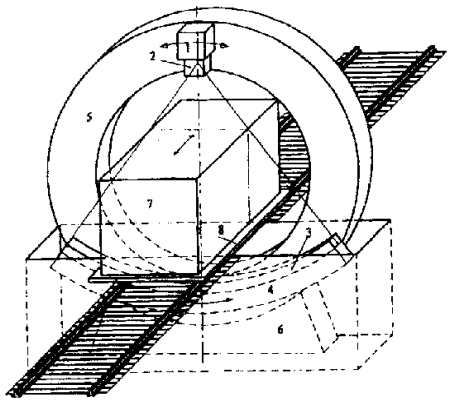
[74]专利代理机构 清华大学专利事务所
代理人 廖元秋

权利要求书1页 说明书5页 附图页数3页

[54]发明名称 一种大型客体数字辐射成象检测装置

[57]摘要

本发明属核技术应用领域，包括由高比活度γ放射性同位素射线源及其屏蔽容器、照射室、准直器与阵列探测器构成的探测部件，平移拖动机构及信号处理系统等，还包括环形旋转扫描机架及其机座、该探测部件安装在所说的环形旋转机架上。本发明能方便地获取任定方向的投影图象以及指定部位的断层图象，而且仍只采用一套射线源、探测器与信息系统的大型客体数字辐射成象无损检测装置，从而能显著提高装置的检测灵敏度与精确度。



ISSN1008-4274

99·07·23

权 利 要 求 书

1．一种集装箱等大型客体的数字辐射成象检测装置，包括高比活度γ放射性同位素射线源及其屏蔽容器、照射室、准直器、阵列探测器、平移拖动机构及信号处理系统等，其结构特征在于：还包括环形旋转扫描机架及其机座、由所说的射线源及其屏蔽容器、照射室、准直器与阵列探测器构成的探测部件安装在所说的环形旋转机架上，同步地作旋转扫描运动或定位于某设定方位；该平移拖动机构使客体沿环型机架的轴线方向作匀速直线扫描运动或定位于指定位置。

2．如权利要求1所述的检测装置，其特征在于，所用射线源为线度仅数毫米的高比活度 ^{60}Co 或 ^{137}Cs 放射线同位素。

3．如权利要求1所述的检测装置，其特征在于，所用高比活度 ^{60}Co 射线源采用钴-60探伤机，其活度不超过24TBq。

4．如权利要求1所述的检测装置，其特征在于，所述阵列探测器由多个包含一定数量探测器元的阵列探测器单元按序排列组成，该阵列探测器单元为高气压充气阵列电离室、多丝正比室、盖格计数管阵列、闪烁阵列探测器或半导体阵列探测器之一种。

5．如权利要求1所述的检测装置，其特征在于，所说的后准直器同阵列探测器一样，制成以射线源活性区为圆心的弧型，其弧长要保证由它与阵列探测器所限定的照射野能完全包容客体。

6．如权利要求1所述的检测装置，其特征在于，所说的阵列探测器的后部带有用来吸收穿出探测器的射线的屏蔽体。

7．如权利要求1所述的检测装置，其特征在于，所说的环形旋转机架采用步进或连续两种方式的驱动装置。

8．如权利要求1所述的检测装置，其特征在于，平移拖动机构是在轨道上行驶的电动板车、辊轴式传送带、皮带式传输带或链板式传输装置之一种。

9．如权利要求1所述检测装置，其特征在于用于被检客体是集装箱、集装箱货车、货车、导弹或列车车厢。

99·07·23

说　明　书

一种大型客体数字辐射成象检测装置

本发明属核技术应用领域，特别涉及一种集装箱或导弹等大型客体的数字辐射成象检测装置。它采用高比活度γ放射性同位素射线源（如 ^{60}Co 或 ^{137}Cs）、阵列探测器和环形旋转机架与平移拖动机构等，使能实时给出客体沿任定方向的数字辐射投影图象，也能按需要获得客体某指定部位的断层辐射图象，从而能显著提高装置的检测灵敏度与精确度。

现有以电子加速器、放射性同位素或 X 射线机为射线源的集装箱（大型客体）辐射成象检测装置（如法国施仑贝谢公司、德国海曼公司、英国宇航公司、美国 EG&G 公司与中国的北京华力兴科技发展有限公司等的产品资料以及美国专利 4785168 与中国专利申请书 96102080.6 与 98101501.8 中所述）能基本满足海关的检测要求，但存在着一些缺陷：

其一，上述各种装置均只能给出被检客体一个或二个固定方向（水平、垂直）的辐射投影图象。装置一旦建成，投影方向和投影数（1 或 2）均不再能够改变。

其二，当需要给出二个方向的投影图象时，就必须设置二套射线源、探测器和信息系统等，会导致设备成本大幅度增加。

其三，只能提供辐射投影图象而无法获取客体的断层图象。

上述缺陷相当严重地限制了辐射成象检测装置对于复杂客体的检查能力。例如，当集装箱载货复杂且夹带毒品时，或是在检查大型导弹中固体燃料的内部缺陷时，均亟需检测装置能具备获取断层图象和任定方向投影图象的能力，从而使检测质量得到明显的改善。

本发明的目的在于为克服现有集装箱（大型客体）检测技术的不足之处，提供一种能方便地获取任定方向的投影图象以及指定部位的断层图象，而且仍只采用一套射线源、探测器与信息系统的大型客体数字辐射成象无损检测装置，从而能显著提高装置的检测灵敏度与精确度。

本发明提出的一种大型客体数字辐射成象检测装置，它包括高比活度γ放射性同位素射线源及其屏蔽容器、照射室、准直器、阵列探测器、平移拖动机构及信号处理系统；其特征在于，还包括环形旋转扫描机架及其机座，所说的由带屏蔽容器高比活度γ放射性同位素射线源、照射室、准直器与阵列探测器等构成的探测部件安装在该环形旋转机架上，同步地作旋转扫描运动或定位于某设定方位；平移拖动机构使客体沿环型机架的轴线方向作匀速直线扫描

运动或定位于指定位置。在探测部件由环形旋转机架定位于某指定方位的情况下，由平移拖动机构使客体作匀速直线扫描运动来获取客体沿此方向的辐射投影图象。在平移拖动机构使客体指定部位处于射线照射区中的情况下，由环形旋转机架使探测部件作旋转扫描运动来获取客体该部位的辐射断层图象。

本发明所用射线源为线度仅数毫米的高比活度 ^{60}Co 或 ^{137}Cs 放射线同位素。在工业无损探伤业界已获广泛应用的钴-60 探伤机，其活度小于 24TBq，是首选对象。所用阵列探测器由多个包含一定数量探测器元的阵列探测器单元按序排列组成，该阵列探测器单元为高气压充气阵列电离室、多丝正比室、盖格计数管阵列、闪烁阵列探测器或半导体阵列探测器等之一种。该阵列探测器的后部带有用来吸收穿出探测器的射线的屏蔽体（称射线"捕集器"）。

本发明的环形旋转机架采取步进或连续两种旋转运动方式的驱动装置，使探测部件作旋转扫描运动，以适应不同图象处理模式的需要。该环形旋转机架的内径应足够大而将集装箱等大型客体始终被包容在扇形射线照射野之中。

本发明的平移拖动机构可采用在轨道上行驶的电动板车、辊轴式传送带、皮带式传输带或链板式传输装置之一种，用以拖动客体作平移扫描运动。

以下结合附图来详细说明本发明的具体内容：

参见图 1，本发明所述检测装置的"探测部件"由高比活度的 ^{60}Co 或 ^{137}Cs γ 放射性同位素源及其容器（带屏蔽阀）1、照射室与前准直器 2、后准直器 3 以及阵列探测器 4 组成。它们相互固结在一起，并能在检测装置的环型旋转机架 5 上同步旋转，可旋移定位在某指定方位，也可作 360°的旋转扫描运动。阵列探测器 4 的后部带有用来吸收穿出探测器的射线的屏蔽体（称射线"捕集器"）。本检测装置的环形旋转机架 5 与机座 6 相固接，而该机座 6 则牢固地安置在地基中的予埋件上。被检客体 7（集装箱或大型导弹等）置于平移拖动机构 8 上，可沿环形旋转机架轴线方向按指定速度作匀速平移扫描运动，或移停至某一指定位置而由环形旋转机架 5 来完成旋转扫描运动。拖动机构 8 可以是如图所示的在轨道上行驶的电动板车，也可以是辊轴式传送带或其它传输机构。

在进行检测时，开启射线源容器 1 上的屏蔽阀门让γ射线通过照射室及前准直器 2 上的狭缝射出并被准直成窄片状扇型束。此片状射线束穿过客体 7 后再通过后准直器 3（用以去除散射线）射入对准好的阵列探测器 4 中。未被探测器吸收的射线的主要部分将被探测器 4 后部的"捕集器"所阻挡而不致对周围产生有害影响。

当需要获取客体沿某方向的辐射投影图象时，先令"探测部件"（由 1、2、3、4 等组成）旋移定位于相应的方位，然后由拖动机构 8 使客体 7 匀速通过窄片状射线照射区，并同时采集处理由阵列探测器输出的信号。令"探测部件"定位于不同的方位，便可获得客体对应不同方向的辐射投影图象。在图 3、图 4、图

5 与图 6 中给出了"探测部件"处于不同方位时的检测装置状态图。

当需要获取客体某一部位的辐射断层图象时，先令拖动机构 8 将客体的需检部位移动安置在窄片状射线照射区内，然后令"探测部件"在环形旋转机架 5 上作 360°旋转扫描运动，并同时采集与处理阵列探测器 4 的输出信号，便可获得该部位客体的辐射断层图象。完成上述功能的信号处理系统为常规技术，在此不再赘述。本发明在获取断层辐射图象的过程中，大型客体保持静止不动，由"探测部件"作旋转扫描运动。这对于集装箱或战略导弹等难以作旋转运动的大型客体是十分有利的。

射线源 1 采用高比活度的 ^{60}Co 或 ^{137}Cs 放射性同位素源，其活性区线度为数毫米，活度则小于 24 TBq。对于大型客体，一般均采用γ射线能量高的 ^{60}Co 源。本发明所用 ^{60}Co 源的比活度与活度值同市场供应的工业探伤γ射线源装置基本相符。采用此种自带屏蔽容器的射线源装置定型产品，有利于提高本发明所述检测装置运行的可靠性。

源容器与屏蔽阀 1 以及照射室与前准直器 2 均由贫铀、铅、铁等金属或其合金制成。前准直器的准直狭缝将放射源 1 所发出的γ射线准直成如图 1 所示的窄片状，它在垂直于环形旋转机架平面的方向上的张角为 0.1°至 1.0°，而在环形旋转机架平面方向的张角则不大于 90°。

后准直器 3 由铅、铁等金属或其合金制成，其中间准直狭缝的宽度等于或略小于阵列探测器 4 的象素宽度，而且对准前准直器 2 的准直缝与射线源 1 的活性区。后准直器同阵列探测器一样，可都制成以射线源活性区为圆心的弧型，其弧长要保证由它与阵列探测器所限定的照射野能完全包容客体。当然，制成直线或折线状也是可行的。

阵列探测器 4 由若干包含一定数量象素探测器元的阵列探测器单元顺序排列组成，也构成以射线源活性区为圆心的弧型装置（或成直线、折线状）。射线源 1、前准直器 2、后准直器 3 与阵列探测器 4 的安装要使被准直后的γ射线能够准确地射入各象素探测器元的灵敏体积内。

阵列探测器 4 的作用是将穿过被检客体后射入其灵敏体积内的γ射线转换成电信号。要求它的探测效率与灵敏度高，稳定可靠，且能很好承受探测部件作旋转扫描运动时的震动干扰。能满足此要求的首选阵列探测器是中国专利 ZL93 1 02728.4 所阐述的"气体电离型高能 X、γ辐射成象阵列探测装置"。其它阵列探测器，如多丝正比室、正比管或盖格管阵列、闪烁探测器阵列或半导体探测器阵列等，也是可采用对象。

阵列探测器的输出信号经放大、模数变换与采集后，由计算机处理得到客体的数字辐射投影图象或数字辐射断层图象，供主管人员检查，并可存储、打印、传输、归档等。

环形旋转机架 5 是按常规方法制造的大型旋转机构，它能使"探测部件"（包括：射线源与屏蔽阀 1、照射室与前准直器 2、后准直器 3、阵列探测器 4 以及连接构件等）整体同步地在其上作旋转运动。一种运作模式是使探测部件旋移定位于某一指定方位，另一种运作模式是令探测部件作 360°步进式或连续式的旋转运动。在前一运作模式下，检测装置将获取客体在相应方位的辐射投影图象，而在后一运作模式下，检测装置将获取客体的辐射断层图象。环形旋转机架 5 通过机座 6 坚实地固定在地基内的予埋件上。

拖动机构 8 是独立于环形旋转机架 5 以外的运动机构。它用以沿环形旋转机架轴线方向拖动客体按指定速度作匀速直线运动，或是将客体的指定部位移运定位于射线的片状扇形照射区内。前一运动方式对应于辐射投影图象的获取，后一运动方式对应于辐射断层图象的获取。对于很重的客体，拖动机构 8 可选用在予设轨道上运动的电动板车。此类拖动机构的载重可达 40 吨或更高，能适应满载集装箱或巨型导弹等重、大客体的检测需要。对于较轻的客体（如航空集装箱），拖动机构 8 可选用辊轴式或其它形式的输送带。不管选用何种拖动机构，应使其处在片状射线照射区内的部位尽量少和轻，以减少对所获取辐射图象的干扰。由于片状照射区的厚度仅为 1 厘米左右，这一要求是不难实现的。

本发明的突出优点之一是在获取断层图象的过程中，客体保持静止不动而由"探测部件"作旋转扫描运动。这对于不宜翻转的客体，如集装箱和大型导弹，是非常必要的。

本发明的又一突出优点是采用了放射性同位素射线源，它不需要电源供应，不伴随高电压、强微波等危险因素，而可以连续不断地自动地发射γ射线。这种射线源能方便地安装在环形旋转机架上随同探测部件作旋转运动。这是加速器型检测系统所难以实现的。

本发明适用于集装箱与导弹等大型客体（包括集装箱、集装箱货车、货车、导弹或列车车厢）的无损检测。一种应用场合是在航空港检测航空集装箱或集装货包，排除易燃、易爆物品，确保飞行安全。由于能获取任定方向的投影图象以及指定部位的断层图象，十分有利于发现和判定可疑物品。另一种应用场合是检查巨型导弹内部固体燃料的缺陷。为查出这类缺陷必须得到其各部位的断层图象。但是，由于此类导弹体积庞大、十分沉重，不适合旋转移动，因而采用检查时客体不动而由探测部件作旋转扫描运动的本发明装置来获取其断层图象是最好的选择。

附图简要说明：

图 1 为本发明所述大型客体数字辐射成象检测装置的轴侧图。

图 2 为本发明所述大型客体数字辐射成象检测装置的侧视图。

图 3 为本发明所述检测装置的探测部件处于垂直方向时的状态图。

图 4 为本发明所述检测装置的探测部件处于水平方向时的状态图。

图 5 为本发明所述检测装置的探测部件处于+45°方向时的状态图。

图 6 为本发明所述检测装置的探测部件处于-45°方向时的状态图。

本发明设计出一种适用于集装箱的检测装置实施例，结合附图，详细描述如下：

本实施例的总体结构如图 1 所示。本实施例的大型客体数字辐射成象检测系统（简称"检测系统"）由安装在环形旋转机架 5 上的 ^{60}Co 射线源及其容器与屏蔽阀 1、照射室与前准直器 2、后准直器 3、阵列探测器与捕集器 4 以及机座 6、轨道板车型拖动机构 8 以及信号采集处理系统等组成。射线源选用市场供应的定型产品——^{60}Co 探伤机，活度为 300 居里（11 TBq），自带符合国际原子能机构有关安全标准的屏蔽容器。照射室与前准直器均用铅制造。后准直器用铁制造。阵列探测器选用中国专利 ZL93 1 02728.4 所述的探测装置，象素电离室元的截面尺寸为 1×1 厘米，共 512 路。射线源活性区尺寸为直径 6mm 长度 6mm 的圆柱体，其中心至阵列探测器前表面的距离为 6m。环形旋转机架 5 的内孔直径为 5.5m，而外径为 8m。探测部件可在环形旋转机架上作步进式（例如每一度算一步）旋转运动，或是作连续匀速的旋转运动。轨道板车型拖动机构 8 的载重可达 40 吨，匀速直线运动速度为 5~40 厘米/秒。本检测装置适用于检测宽度与高度为 2.5m 的标准集装箱，也可用来检测直径不大于 3m 的导弹。

在获取任定方向的辐射投影图象时，本装置可在 100mm 铁板后发现直径 2.5mm 的铁丝或厚度 0.7mm 的铁片，并能在 240mm 铁板后仍然观测出铅块等重吸收体。在获取断层图象时，检测指标与客体的形状、大小、材料、结构等密切相关，预计能发现毫米或亚毫米级的缺陷。

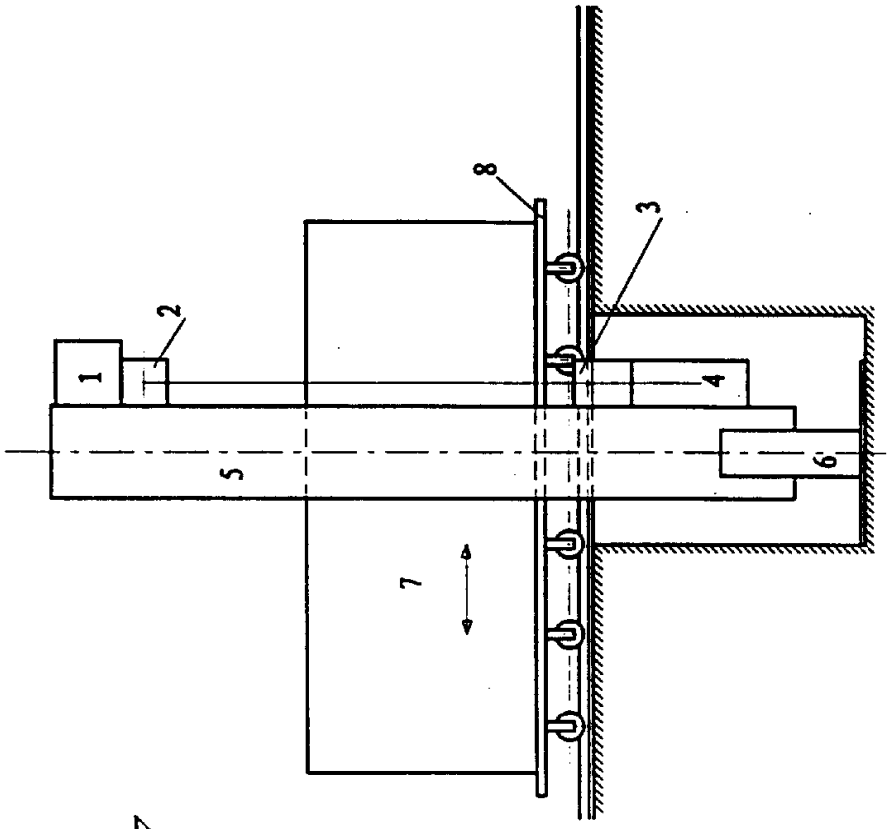


图2

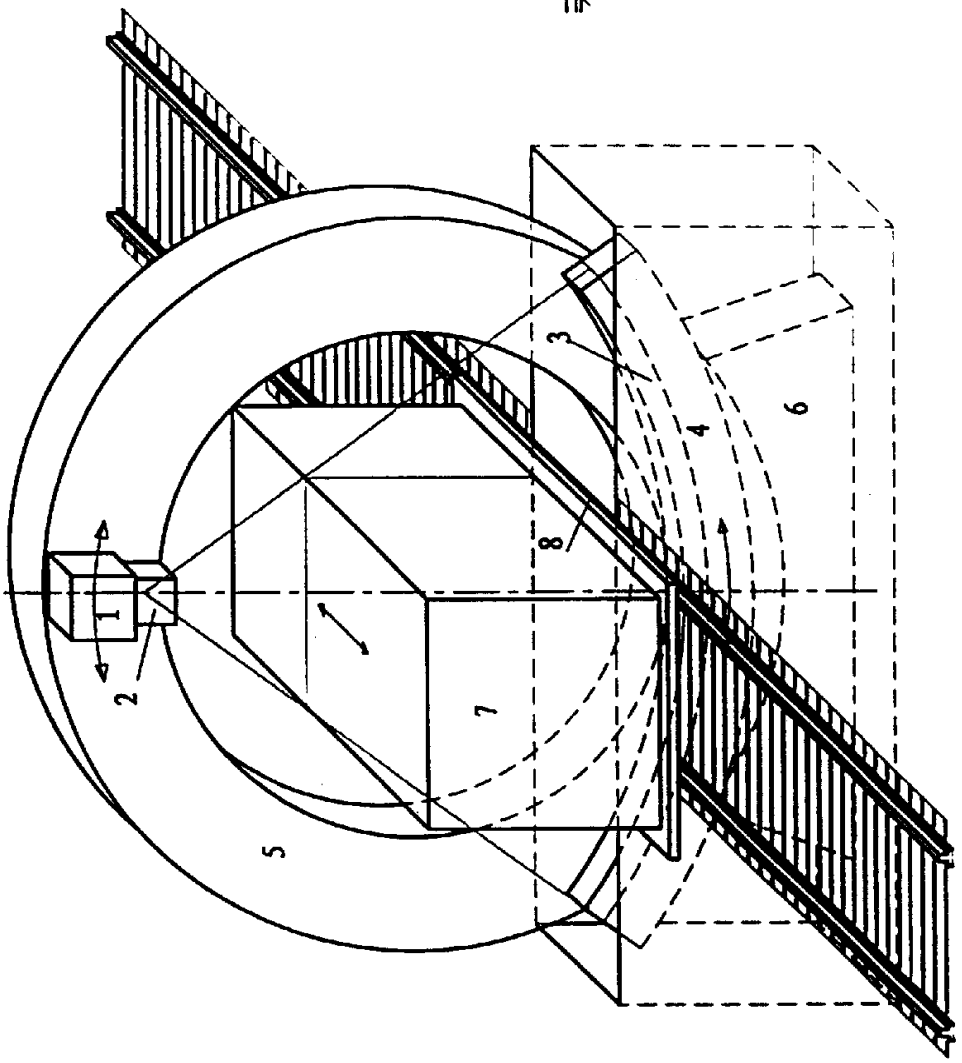


图1

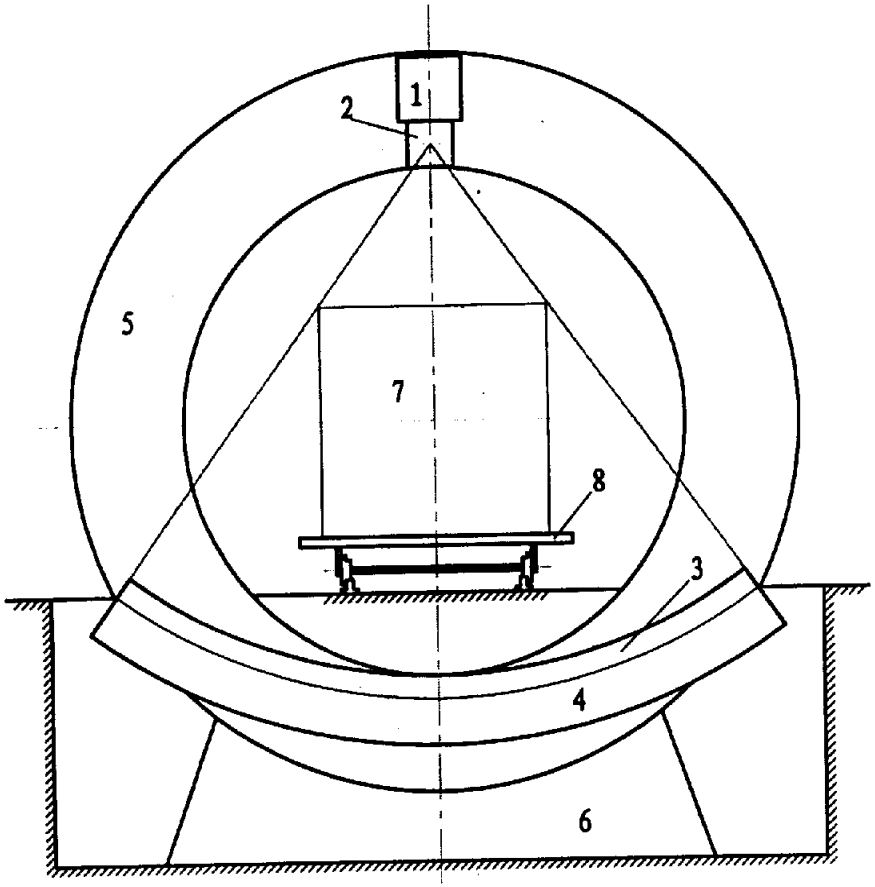


图3

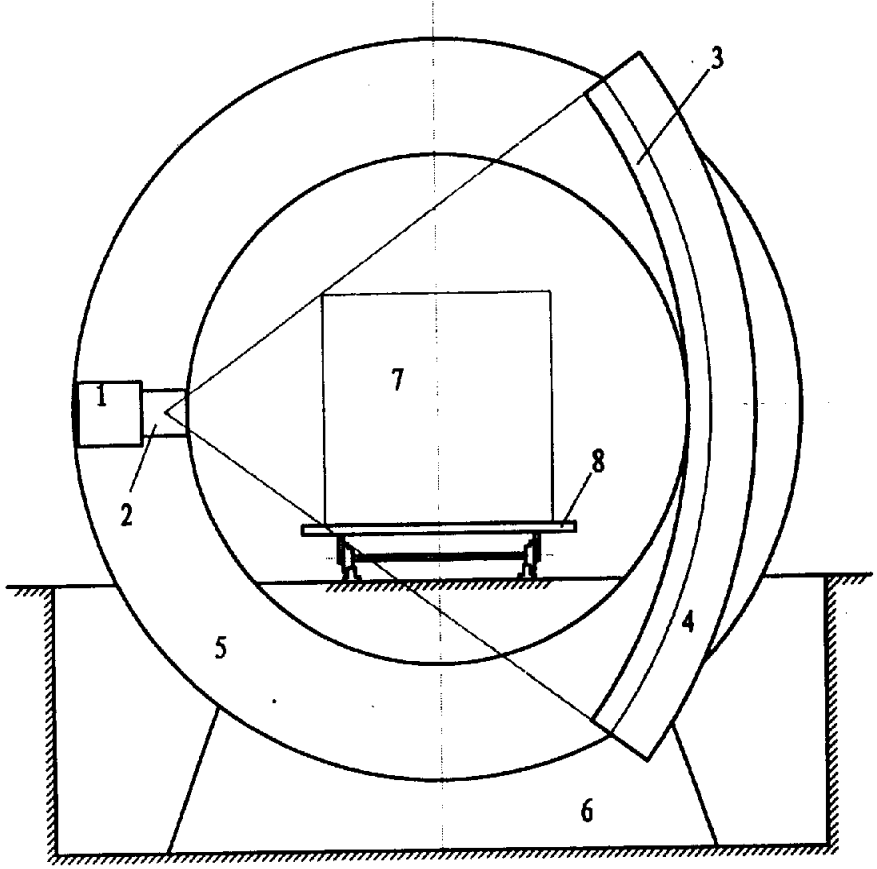


图4

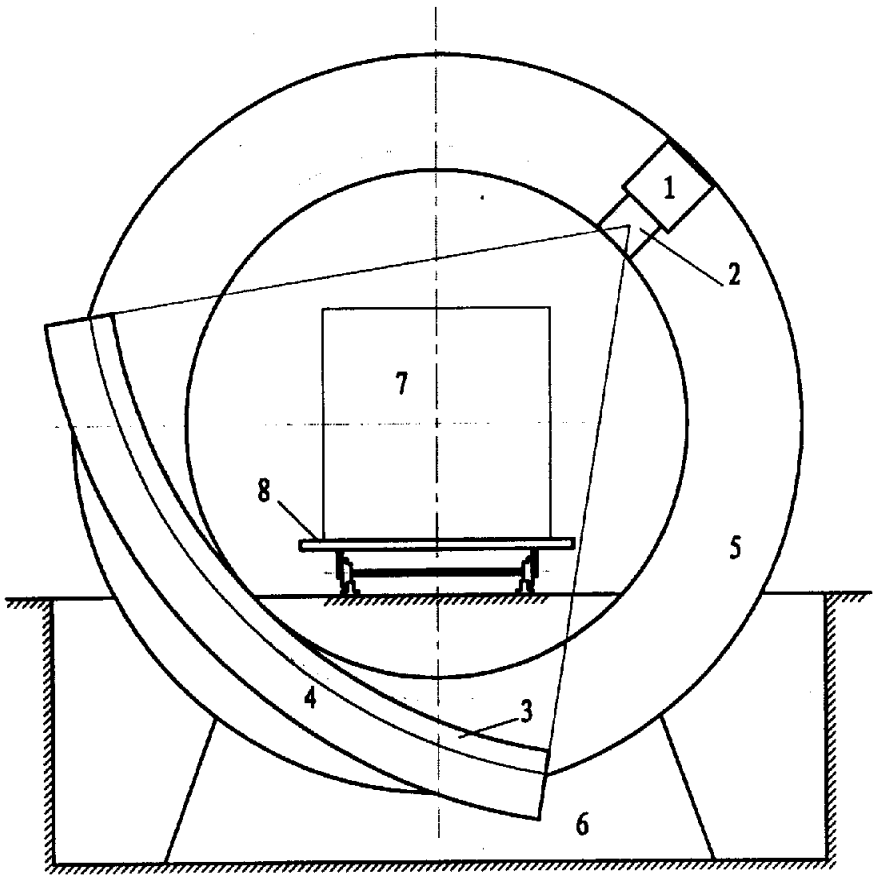


图5

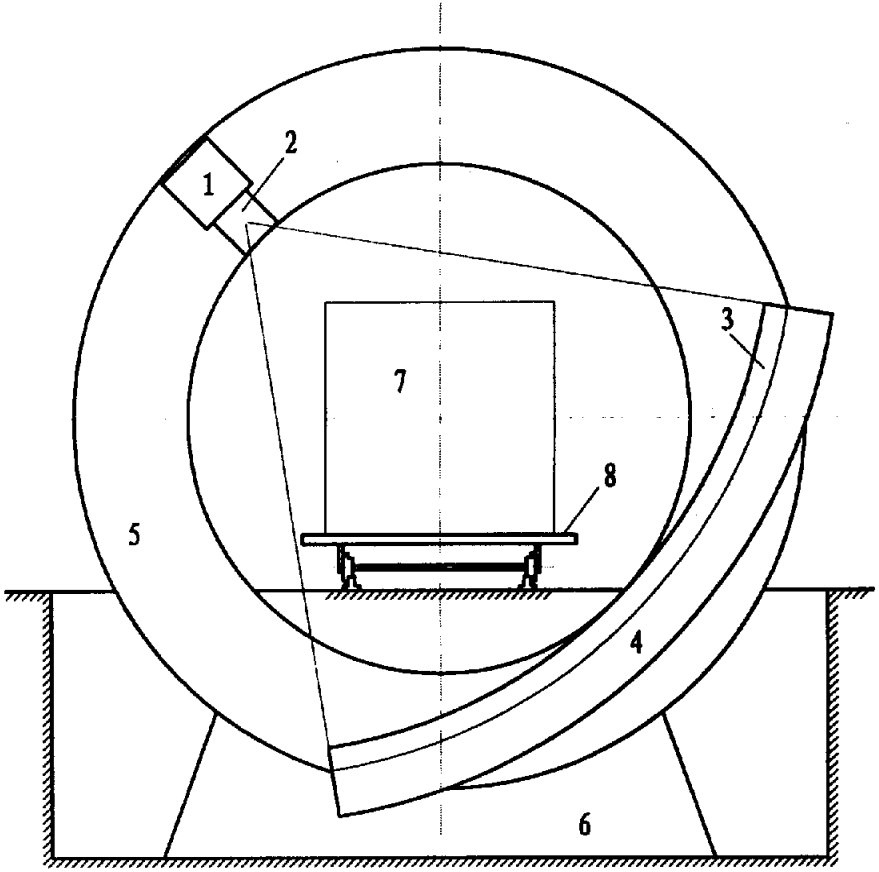


图6