

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102253417 A

(43) 申请公布日 2011. 11. 23

(21) 申请号 201110102962. 4

(22) 申请日 2011. 04. 23

(71) 申请人 汕头市超声仪器研究所有限公司
地址 515041 广东省汕头市金平区金砂路
77 号

(72) 发明人 李德来 林国臻

(74) 专利代理机构 汕头市潮睿专利事务有限公
司 44230
代理人 林天普 丁德轩

(51) Int. Cl.

G01V 3/14 (2006. 01)

G01R 33/20 (2006. 01)

G01R 33/32 (2006. 01)

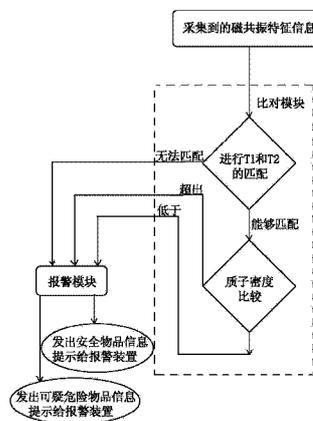
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 5 页

(54) 发明名称

一种基于手持式超低场 MRI 系统的安检方法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于手持式超低场 MRI 系统的安检方法,其特征包括如下步骤:(1)、根据危险物品的种类和体积允许量,预设多组磁共振特征信息阈值;(2)、在被测物品所处空间产生规则的磁场,使被测物品中的原子极化,再对被测物品发出激励信号,使被测物品发出磁共振信号;(3)、采集被测物品发出的磁共振信号,并提取其中的磁共振特征信息;(4)、采集到的被测物品的磁共振特征信息依次与预设的其中一组磁共振特征信息阈值进行比对,并发出提示信息。这种安检方法,解决了以前因传统 MRI 系统体积庞大而无法应用于安检的问题;能够分辨包括液体在内的任何物质的种类及含量;安检快捷方便;采用磁共振技术,无辐射危害。



1. 一种基于手持式超低场 MRI 系统的安检方法,其特征是包括如下步骤:

- (1)、根据危险物品的种类和体积允许量,预设多组磁共振特征信息阈值;
- (2)、在被测物品所处空间产生规则的磁场,使被测物品中的原子极化,再对被测物品发出激励信号,使被测物品发出磁共振信号;
- (3)、采集被测物品发出的磁共振信号,并提取其中的磁共振特征信息;
- (4)、采集到的被测物品的磁共振特征信息依次与预设的其中一组磁共振特征信息阈值进行比对,并发出提示信息。

2. 如权利要求 1 所述的安检方法,其特征是:所述磁共振特征信息包括 T1、T2 和质子密度。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的安检方法,其特征是:所述手持式超低场 MRI 系统包括硬件部分和软件部分;硬件部分包括智能手持设备、激励线圈模块、极化线圈模块、梯度线圈模块、接收线圈模块、SQUID、冷却模块、数据获取模块、主控制模块、电力控制模块、接口模块、报警装置、探头外壳和磁屏蔽罩;接口模块通过局域网与智能手持设备连接;报警装置与智能手持设备连接;磁屏蔽罩设于探头外壳中,磁屏蔽罩的底部设有开口,开口与探头外壳的底部连接;接收线圈模块、SQUID 和冷却模块均设于磁屏蔽罩中,接收线圈模块安装在磁屏蔽罩的开口处,冷却模块与 SQUID 接触;极化线圈模块和梯度线圈模块均设于探头外壳内部,并分布于磁屏蔽罩的外侧;软件部分设于智能手持设备上,软件部分包括比对模块和报警模块。

4. 如权利要求 3 所述的安检方法,其特征是:所述冷却模块包括冷却头、冷却导管和供冷装置,冷却头与 SQUID 接触,冷却头通过冷却导管与供冷装置连接;供冷装置包括外部制冷装置、冷却胶囊安装腔和冷却胶囊;外部制冷装置与冷却导管连接;冷却胶囊包括胶囊接口模块、冷却剂注入口阀门、胶囊腔体和冷却剂输出口阀门,胶囊腔体设有绝热层,冷却剂注入口阀门和冷却剂输出口阀门分设于胶囊腔体两端;冷却剂注入口阀门和冷却剂输出口阀门通过胶囊接口模块与主控制模块连接;冷却胶囊处于冷却胶囊安装腔中,冷却剂输出口阀门与冷却导管连接。

5. 如权利要求 1 或 2 所述的安检方法,其特征是:所述手持式超低场 MRI 系统包括硬件部分和软件部分;硬件部分包括智能手持设备、激励线圈模块、极化线圈模块、梯度线圈模块、接收线圈模块、接收线圈模块检测器、数据获取模块、主控制模块、电力控制模块、接口模块、报警装置、探头外壳和磁屏蔽罩;接口模块通过局域网与智能手持设备连接;报警装置与智能手持设备连接;磁屏蔽罩设于探头外壳中,磁屏蔽罩的底部设有开口,开口与探头外壳的底部连接;接收线圈模块、接收线圈模块检测器均设于磁屏蔽罩中,接收线圈模块安装在磁屏蔽罩的开口处;极化线圈模块和梯度线圈模块均设于探头外壳内部,并分布于磁屏蔽罩的外侧;软件部分设于智能手持设备上,软件部分包括比对模块和报警模块。

6. 如权利要求 3 所述的安检方法,其特征是:所述手持式超低场 MRI 系统的软件部分还包括磁场参数变换模块和图像重建模块。

7. 如权利要求 4 所述的安检方法,其特征是:所述手持式超低场 MRI 系统的软件部分还包括磁场参数变换模块和图像重建模块。

8. 如权利要求 5 所述的安检方法,其特征是:所述手持式超低场 MRI 系统的软件部分还包括磁场参数变换模块和图像重建模块。

9. 如权利要求7所述的安检方法,其特征是:在所述磁场参数变换模块中,将梯度场中的被测物品划分为n个正方体体素,用点 P_n 代表,坐标 $(x, y, z)_n$;接收由SQUID所获得的n个正方体体素经激励后时刻t磁通总量 $B(t)$;根据拉莫公式 $\omega_0 = \gamma \cdot \beta_0$ 求出各点的进动频率 ω_n ;根据傅立叶变换,将 $B(t)$ 和 ω_n 代入公式 $B(t) = \sum_{n=1}^{\infty} (B_n \sin(\omega_n t))$ 中,得到各个点的磁通瞬时值 B_n 。

10. 如权利要求8所述的安检方法,其特征是:在所述磁场参数变换模块中,将梯度场中的被测物品划分为n个正方体体素,用点 P_n 代表,坐标 $(x, y, z)_n$;接收由接收线圈模块检测器所获得的n个正方体体素经激励后时刻t磁通总量 $B(t)$;根据拉莫公式 $\omega_0 = \gamma \cdot \beta_0$ 求出各点的进动频率 ω_n ;根据傅立叶变换,将 $B(t)$ 和 ω_n 代入公式 $B(t) = \sum_{n=1}^{\infty} (B_n \sin(\omega_n t))$ 中,得到各个点的磁通瞬时值 B_n 。

一种基于手持式超低场 MRI 系统的安检方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种安检方法,尤其涉及一种基于手持式超低场 MRI 系统的安检方法。

背景技术

[0002] 目前安检的方法一般都采用 X 射线透视成像技术,通过对被测物品进行成像来确认是否为可疑的危险物品。例如,申请号为 99100298.9 的中国专利披露的高集成化低能量 X 射线阵列传感装置、申请号为 99113199.1 的中国专利披露的多功能工业 X 射线成像系统、申请号为 90103530.0 的中国专利披露的便携式 X 光透视记录仪等,上述这些装置及所采用的安检方法,都是基于 X 射线透视成像技术。通过 X 射线安检的方法,适合密度差别较大的固体物品的检查,对于液体类物品,由于密度差别很小,X 射线无法分辨普通液体和危险液体。通过 X 射线安检的方法还存在辐射危害性上的缺点。

[0003] 在一份申请号为 200410091183.9 的中国专利中,披露了一种脉冲激励电磁谐振安检方法及装置,其根据电磁无损检测理论,提出了一种脉冲激励电磁谐振安检方法及其装置,有别于传统安检方法,是采用瞬态高能冲击激励的激励线圈,在空间建立了一个衰减谐振磁场,用以感知空间磁场激变的检出线圈经过信号处理电路与报警电路连接。这种脉冲激励电磁谐振安检方法无辐射危害,能够实时灵敏的检出铁磁性物品,通过调节报警阈值,以适应不同的安检需求。这种安检方法虽然解决了 X 射线安检方法的辐射危害问题,但是这种脉冲激励电磁谐振安检方法只是适用于铁磁性物品,仍然无法分辨普通液体和危险液体。

[0004] 现有技术中,普通磁共振成像技术,例如超低场 MRI (Magnetic Resonance Imaging, 磁共振成像) 系统,可通过成像等来分辨物质种类,能够分辨不同种类的液体,但由于超低场 MRI 系统的体积太过庞大,主要应用于医疗方面上,而其分辨物质种类功能的实际意义不大,对此没有作进一步的深入研究,更谈不上在安检上推广应用。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是提供一种基于手持式超低场 MRI 系统的安检方法,这种安检方法无辐射危害,能够分辨包括液体在内的各种可疑危险物品,无需成像就能辨认可疑危险物品,安检快捷方便。采用的技术方案如下:

[0006] 一种基于手持式超低场 MRI 系统的安检方法,其特征在于包括如下步骤:

[0007] (1)、根据危险物品的种类和体积允许量,预设多组磁共振特征信息阈值;

[0008] (2)、在被测物品所处空间产生规则的磁场,使被测物品中的原子核极化,再对被测物品发出激励信号,使被测物品发出磁共振信号;

[0009] (3)、采集被测物品发出的磁共振信号,并提取其中的磁共振特征信息;

[0010] (4)、采集到的被测物品的磁共振特征信息依次与预设的其中一组磁共振特征信息阈值进行比对,并发出提示信息。

[0011] 上述体积允许量一般是指安检部门对危险物品的允许量,在手持式超低场 MRI 系统的软件部分中,根据危险物品的种类和体积允许量,设置磁共振特征信息阈值,磁共振特征信息代表物质的特征,因为磁共振特征信息是根据危险物品的种类及体积允许量而设置,所以依据该磁共振特征信息能够分辨出物质的种类及含量,磁共振特征信息阈值可以通过实验得出。在激发被测物品发出磁共振信号及对磁共振信号的采集中,一般是:通过手持式超低场 MRI 系统的极化线圈模块和梯度线圈模块在被测物品所处空间产生规则的磁场,使被测物品中的原子核极化,按规则排列,再通过手持式超低场 MRI 系统的激励线圈模块对被测物品发出激励信号,使被测物品中规则排列的原子产生自旋而发出磁共振信号;然后通过手持式超低场 MRI 系统的接收线圈模块和磁通量探测器(一般为 SQUID 或接收线圈模块检测器)采集被测物品发出的磁共振信号,并提取磁共振信号中的磁共振特征信息。在比对过程中,通过手持式超低场 MRI 系统的比对模块进行匹配,在采集到的被测物品的磁共振特征信息无法匹配于预设的其中一组磁共振特征信息阈值的情况下,则说明被测物品不列入危险物品的种类,激发手持式超低场 MRI 系统的报警模块,使手持式超低场 MRI 系统的报警装置发出安全物品的信息提示;在采集到的被测物品的磁共振特征信息能够匹配于预设的其中一组磁共振特征信息阈值的情况下,进一步比较,当采集到的磁共振特征信息超出预设的磁共振特征信息阈值时,激发手持式超低场 MRI 系统的报警模块,使手持式超低场 MRI 系统的报警装置发出可疑危险物品的信息提示;当采集到的磁共振特征信息低于预设的磁共振特征信息阈值时,激发手持式超低场 MRI 系统的报警模块,使手持式超低场 MRI 系统的报警装置发出安全物品的信息提示。

[0012] 作为本发明的优选方案,其特征是:所述磁共振特征信息包括 T1、T2 和质子密度。按照现有的磁共振技术,T1、T2 和质子密度是物质最具代表性的磁共振特征,其中 T1 和 T2 为弛豫时间,代表物质的种类,而质子密度代表物质的含量,依据这三个磁共振特征能够判断出物质的种类及含量。其中,质子密度由被测物品所在磁场的磁通量强度决定,磁通量强度越大,质子密度越小,通过现有的公式变换,很容易将磁通量强度转换为质子密度。在设置磁共振特征信息阈值时,根据危险物品的物质种类,设置磁共振特征信息阈值的 T1 和 T2;根据其体积允许量,设置磁共振特征信息阈值的质子密度。在手持式超低场 MRI 系统的比对模块中进行比对时,先将采集到的被测物品的磁共振特征信息中的 T1 和 T2 依次与预设的其中一组磁共振特征信息阈值的 T1 和 T2 进行匹配,在能够匹配的情况下,再进一步对其中的质子密度进行比较,在采集到的磁共振特征信息中的质子密度超出预设的共振特征信息阈值中的质子密度时,将被测物品判断为可疑的危险物品。

[0013] 作为本发明进一步的优选方案,其特征是:所述手持式超低场 MRI 系统包括硬件部分和软件部分;硬件部分包括智能手持设备、激励线圈模块、极化线圈模块、梯度线圈模块、接收线圈模块、SQUID、冷却模块、数据获取模块、主控制模块、电力控制模块、接口模块、报警装置、探头外壳和磁屏蔽罩;接口模块通过局域网与智能手持设备连接;报警装置与智能手持设备连接;磁屏蔽罩设于探头外壳中,磁屏蔽罩的底部设有开口,开口与探头外壳的底部连接;接收线圈模块、SQUID 和冷却模块均设于磁屏蔽罩中,接收线圈模块安装在磁屏蔽罩的开口处,冷却模块与 SQUID 接触;极化线圈模块和梯度线圈模块均设于探头外壳内部,并分布于磁屏蔽罩的外侧;软件部分设于智能手持设备上,软件部分包括比对模块和报警模块。更优选所述激励线圈模块设于探头外壳中。因为封装了极化线圈模块、梯度线

圈模块、接收线圈模块、冷却模块和 SQUID 的探测头,其大小跟 B 超探头差不多,可以近距离接近被测物品,所以激励线圈模块设于探头外壳中,并不会影响激励作用,而使得手持化 MRI 系统更加一体化。

[0014] 上述智能手持设备指笔记本电脑、智能手机和平板电脑等,具有强大图像显示、处理能力。

[0015] 上述激励线圈模块、极化线圈模块、梯度线圈模块、接收线圈模块、冷却模块、数据获取模块、主控制模块、电力控制模块和接口模块都是常用的模块,模块的构成及连接都相对固定,都属于现有的技术。其中,极化线圈模块和梯度线圈模块均与电力控制模块电连接,电力控制模块与数据获取模块、主控制模块和 SQUID 都电连接,接收线圈模块与 SQUID 的输入端电连接,SQUID 的输出端与数据获取模块的输入端电连接,数据获取模块的输出端与主控制模块的输入端电连接,主控制模块的输出端与接口模块电连接。

[0016] 激励线圈模块由一个或多个激励线圈构成,用于对被测物品产生激励信号;极化线圈模块由多个极化线圈构成,用于产生极化场,使被测物品内部的原子按规则排列;梯度线圈模块由至少三个梯度线圈构成,用于产生梯度场;主控制模块发出各种信号,协调各模块的工作,电力控制模块根据主控制模块的信号用于为各模块提供电源;接收线圈模块用于接收被测物品的磁共振信号;SQUID 用于获得来自接收线圈模块的磁共振信号,并将磁共振信号转化为电信号;数据获取模块包括依次电连接的预放大器、锁相放大器、后放大器和 A/D 转换器,在锁相放大器处还连接有振荡器,数据获取模块将电信号转换为数字信号;接口模块通过局域网将数字信号传送给智能手持设备。

[0017] 数据获取模块、主控制模块、电力控制模块和接口模块可以设置在探头外壳的外部,并封装在一起。优选将数据获取模块、主控制模块、电力控制模块和接口模块均设置在探头外壳的内部。

[0018] 接口模块可以有有线网络接口,也可以是无线网络接口,在设置为无线网络接口的情况下,在探头外壳内部还应设置一个为无线网络接口供电的电池模块。优选接口模块包括有线网络接口和无线网络接口,既可以通过有线方式与智能手持设备连接,也可以通过无线方式与智能手持设备连接。

[0019] 比对模块将采集到的磁共振特征信息与预设的磁共振特征信息阈值进行匹配和比较。在无法匹配的情况下,激发报警模块,使报警装置发出安全物品的信息提示;在匹配其中一组的情况下,进一步比较,在超出磁共振特征信息阈值时,激发报警模块,使报警装置发出可疑危险物品的信息提示,在低于磁共振特征信息阈值时,激发报警模块,使报警装置发出安全物品的信息提示。

[0020] 报警模块接收比对模块的信号,并使报警装置发出相应的信息提示。

[0021] SQUID(Superconducting Quantum Interference Device,超导量子干涉器)作为目前世界上灵敏度最高的磁通量探测器,体积非常小,适合用于制成手持式超低场 MRI 系统,但目前由于仍需要采用液氦作为制冷剂制冷对 SQUID 进行冷却,其冷却结构比较庞大,无法和 SQUID 封装在一起。本发明的手持式超低场 MRI 系统采用 SQUID 作为磁通量探测器,在激励原理及磁共振信号获取上均与现有技术相同,所不同的是:将极化线圈模块、梯度线圈模块、接收线圈模块、冷却模块和 SQUID 均封装在探头外壳里面,再用磁屏蔽罩将接收线圈模块、冷却模块和 SQUID 罩起来,构成探测头,采用冷却模块为 SQUID 提供超低温的工作

环境,无需采用液氦冷却,实现超低场 MRI 系统在硬件上的手持化。

[0022] 在一种具体方案中,上述冷却模块包括冷却头、冷却导管和供冷装置,冷却头与 SQUID 接触,冷却头通过冷却导管与供冷装置连接。

[0023] 为了达到结构简单的目的,在一种更为具体的方案中:上述供冷装置包括外部制冷装置,外部制冷装置与冷却导管连接。通过现有的外部制冷装置进行制冷,需要封装在探头外壳里面的只是冷却头和部分冷却导管,结构简单。上述外部制冷装置可采用美国 Cryomech 公司的 PT405 或欧洲的 Thales Cryogenics 公司的 UP 系列等,这两款超低温制冷器很适合为 SQUID 提供超低温的工作环境。

[0024] 为了达到使用方便的目的,在一种更为具体的方案中:上述供冷装置包括冷却胶囊安装腔和冷却胶囊;冷却胶囊包括胶囊接口模块、冷却剂注入口阀门、胶囊腔体和冷却剂输出口阀门,胶囊腔体设有绝热层,冷却剂注入口阀门和冷却剂输出口阀门分设于胶囊腔体两端;冷却剂注入口阀门和冷却剂输出口阀门通过胶囊接口模块与主控制模块连接;冷却胶囊处于冷却胶囊安装腔中,冷却剂输出口阀门与冷却导管连接。胶囊接口模块与 MRI 的主控制模块连接,接受主控制模块的指令,使冷却剂注入口阀门和冷却剂输出口阀门关闭或开启。可以通过冷却剂注入口阀门向胶囊腔体中注入液氦、液氮等冷却剂,通过冷却剂输出口阀门释放冷却剂经冷却头为 SQUID 冷却。将冷却胶囊与冷却胶囊安装腔做成插拔式,将充满冷却剂的冷却胶囊插入冷却胶囊安装腔中,由冷却胶囊释放冷却剂为 SQUID 冷却,注入冷却胶囊中的冷却剂维持在能够满一次成像的剂量为准,因此冷却胶囊可以做得非常小,可以全部封装在探头外壳里面,使用方便,更适合 MRI 系统的手持化要求;冷却胶囊在失去冷却作用的情况下,通过外部制冷装置,使冷却胶囊中的冷却剂重新液化,从而使冷却胶囊可以循环使用。

[0025] 为了达到方便使用及循环使用的目的,在一种更为具体的方案中:上述供冷装置包括外部制冷装置、冷却胶囊安装腔和冷却胶囊;外部制冷装置与冷却导管连接;冷却胶囊包括胶囊接口模块、冷却剂注入口阀门、胶囊腔体和冷却剂输出口阀门,胶囊腔体设有绝热层,冷却剂注入口阀门和冷却剂输出口阀门分设于胶囊腔体两端;冷却剂注入口阀门和冷却剂输出口阀门通过胶囊接口模块与主控制模块连接;冷却胶囊处于冷却胶囊安装腔中,冷却剂输出口阀门与冷却导管连接。在没有开启外部制冷装置的情况下,可以将充满冷却剂的冷却胶囊插入冷却胶囊安装腔中,由冷却胶囊释放冷却剂为 SQUID 冷却,注入冷却胶囊中的冷却剂维持在能够满一次成像的剂量为准,因此冷却胶囊可以做得非常小,更适合 MRI 系统的手持化要求;而在不使用冷却胶囊冷却的情况下,可以通过外部制冷装置、冷却导管和冷却头来冷却;在外部制冷装置开启的情况下,可以将使用过的冷却胶囊(已失去冷却作用)插入到冷却胶囊安装腔中,通过外部制冷装置,使冷却胶囊中的冷却剂重新液化,从而使冷却胶囊可以循环使用。

[0026] 作为本发明进一步的另一种优选方案,其特征是:所述手持式超低场 MRI 系统包括硬件部分和软件部分;硬件部分包括智能手持设备、激励线圈模块、极化线圈模块、梯度线圈模块、接收线圈模块、接收线圈模块检测器、数据获取模块、主控制模块、电力控制模块、接口模块、报警装置、探头外壳和磁屏蔽罩;接口模块通过局域网与智能手持设备连接;报警装置与智能手持设备连接;磁屏蔽罩设于探头外壳中,磁屏蔽罩的底部设有开口,开口与探头外壳的底部连接;接收线圈模块、接收线圈模块检测器均设于磁屏蔽罩中,接收线圈

模块安装在磁屏蔽罩的开口处；极化线圈模块和梯度线圈模块均设于探头外壳内部，并分布于磁屏蔽罩的外侧；软件部分设于智能手持设备上，软件部分包括比对模块和报警模块。在本方案中，采用接收线圈模块检测器作为磁通量探测器，收线圈模块检测器由多个线圈组成，其精度相对较低，无需冷却，故不用设置冷却模块，本方案的手持式超低场 MRI 系统适合在精度要求不高的一般安检场合使用，结构简单，成本较低。更优选所述激励线圈模块设于探头外壳中。因为封装了极化线圈模块、梯度线圈模块和接收线圈模块的探测头，其大小跟 B 超探头差不多，可以近距离接近被测物品，所以激励线圈模块设于探头外壳中，并不会影响激励作用，而使得手持化 MRI 系统更加一体化。

[0027] 作为本发明更进一步的优选方案，其特征是：所述手持式超低场 MRI 系统的软件部分还包括磁场参数变换模块和图像重建模块。为了解决将极化线圈模块、梯度线圈模块、接收线圈模块和 SQUID（或接收线圈模块检测器）封装在一起，造成极化场和梯度场不规则，导致无法使用现有的磁共振成像算法重建图像这一问题，本发明的解决方法是：基于封装后极化线圈模块、梯度线圈模块和接收线圈模块的位置固定，所产生的极化场、梯度场便确定这一原理，在软件部分设置磁场参数变换模块，通过磁场参数变换模块将由 SQUID（或接收线圈模块检测器）探测到的不规则磁场参数变换为适合使用现有磁共振成像算法（规则磁场情况下的磁共振成像算法）的磁场参数，图像重建模块采用变换后的磁场参数及现有磁共振成像算法重建图像。一般情况下的安检，通过其磁共振特征信息（T1、T2 和质子密度）进行比对，并及时通过报警装置发出相应的信息提示，无需通过被测物品的图像进行辨认。但在高精度要求的安检场合，对于被测物品比较可疑的情况下，进一步对被测物品进行成像，并通过被测物品的图像确定被测物品究竟属于何种物质，进一步确认被测物品的安全性。

[0028] 为了达到变换简单的目的，作为本发明再更进一步的优选方案，其特征是：在所述磁场参数变换模块中，将梯度场中的被测物品划分为 n 个正方体体素，用点 P_n 代表，坐标 $(x, y, z)_n$ ；接收由 SQUID 所获得的 n 个正方体体素经激励后时刻 t 磁通总量 $B(t)$ ；根据拉莫公式 $\omega_0 = \gamma \cdot \beta_0$ 求出各点的进动频率 ω_n ；根据傅立叶变换，将 $B(t)$ 和 ω_n 代入公式

$$B(t) = \sum_{n=1}^{\infty} (B_n \sin(\omega_n t))$$

中，得到各个点的磁通瞬时值 B_n 。在另一种方案中，上述 SQUID 由接收线圈模块检测器所代替。因为极化线圈模块和梯度线圈模块的位置确定，其产生的磁场空间位置就唯一确定，所以，在傅立叶的变换范围内，将 SQUID（或接收线圈模块检测器）探测到的不规则磁场参数变换为适合使用现有磁共振成像算法的磁场参数。具体变换方法如下：将梯度场中的被测物品划分为 n 个正方体体素，用点 P_n 代表，坐标 $(x, y, z)_n$ ；通过梯度线圈空间排布，使各点外部场强 β 各不相同；经激励后时刻 t 沿测量方向磁通瞬时值为 B_n ，进动频率为 ω_n ，根据拉莫 (Larmor) 公式 $\omega_0 = \gamma \cdot \beta_0$ （其中 ω_0 ：进动频率； γ ：旋磁比； β_0 ：外磁场强度； γ 由物质的特性决定，为固定值； β_0 可以通过磁通计测出），求出各点的进动频率 ω_n ；由 SQUID 所获得的 n 个正方体体素经激励后时刻 t 磁通总量 $B(t)$ ，根据傅立叶变换可得，

$$B(t) = \sum_{n=1}^{\infty} (B_n \sin(\omega_n t))$$

将已计算出 n 个点的 ω_n 代和已测出的 $B(t)$ 入上式，可得到各个点的 B_n ，其唯一对应于 P_n 的坐标 $(x, y, z)_n$ 。只要知道各点进动频率 ω_n ，且 ω_n 和空间坐标 $(x, y, z)_n$ 唯一对应， B_n 反映该点上物质的磁共振特性（如质子密度、T1、T2

等)。不规则磁场和规则磁场获得各点 B_n 的公式相同,区别只在于规则磁场每点的外部场强 β 可根据坐标 $(x, y, z)_n$ 直接通过简单几何比例关系获得,而不规则磁场每点的外部场强 β 通过直接计算比较繁琐,简化的方法可以通过磁通计,在机器安装好后把测量区域内各点的不同的 β , 标定一次保存起来,用于以后多次测量的计算。

[0029] 本发明的安检方法,采用手持式超低场 MRI 系统作为安检的检测装置,根据任何物质的磁共振特征信息都不相同,通过磁共振特征信息能够确认物质的种类及含量这一原理,在手持式超低场 MRI 系统的软件部分中,根据危险物品的种类及体积允许量预设磁共振特征信息阈值,通过激励被测物品,使被测物品产生磁共振信号,再将采集到的被测物品的磁共振特征信息与磁共振特征信息阈值进行比对,如果超出磁共振特征信息阈值,则被测物品中含有超过体积允许量的危险物质,判定为可疑的危险物品,并发出相应的信息提示。这种安检方法,一方面解决了以前因传统 MRI 系统体积庞大而无法应用于安检的问题;另一方面能够分辨任何物质的种类及含量,解决了 X 射线安检方法难以检测出危险液体的问题;还有只要根据磁共振特征信息阈值就可以判断是否为可疑的危险物品,无需通过成像来判断,安检快捷方便,更满足通常情况下,大部分安全的物品快速通过的要求;并且采用磁共振技术,无辐射危害。

附图说明

[0030] 图 1 本发明优选实施方式中手持式超低场 MRI 系统硬件部分的结构示意图

[0031] 图 2 是数据获取模块的结构示意图

[0032] 图 3 是冷却模块的结构示意图

[0033] 图 4 是冷却胶囊的结构示意图

[0034] 图 5 是软件部分中比对模块的流程图

[0035] 图 6 图像重建模块的流程图

[0036] 下面结合附图和本发明的优选实施方式做进一步的说明。

[0037] 这种基于手持式超低场 MRI 系统的安检方法,采用手持式超低场 MRI 系统作为安检的装置。

[0038] 如图 1 所示,上述手持式超低场 MRI 系统包括硬件部分和软件部分;硬件部分包括智能手持设备 1、激励线圈模块 2、极化线圈模块 3、梯度线圈模块 4、接收线圈模块 5、SQUID6、冷却模块 7、数据获取模块 8、主控制模块 9、电力控制模块 10、接口模块 11、报警装置 12、探头外壳 13 和磁屏蔽罩 14;接口模块 11 通过局域网与智能手持设备 1 连接;报警装置 12 与智能手持设备 1 连接;磁屏蔽罩 14 设于探头外壳 13 中,磁屏蔽罩 14 的底部设有开口,开口与探头外壳 13 的底部连接;接收线圈模块 5、SQUID6 和冷却模块 7 均设于磁屏蔽罩 14 中,接收线圈模块 5 安装在磁屏蔽罩 14 的开口处,冷却模块 7 与 SQUID6 接触;激励线圈模块 2、极化线圈模块 3 和梯度线圈模块 4 均设于探头外壳 13 内部,并分布于磁屏蔽罩 14 的外侧;软件部分设于智能手持设备 1 上;软件部分包括比对模块、报警模块、磁场参数变换模块和图像重建模块。

[0039] 激励线圈模块 2、极化线圈模块 3 和梯度线圈模块 4 均与电力控制模块 10 电连接;电力控制模块 10 与数据获取模块 8、主控制模块 9 和 SQUID6 都电连接,接收线圈模块 5 与 SQUID6 的输入端连接, SQUID6 的输出端与数据获取模块 8 的输入端连接,数据获取模块 8

的输出端与主控制模块 9 的输入端连接,主控制模块 9 的输出端与接口模块 11 连接。

[0040] 激励线圈模块 2 由多个激励线圈构成,用于对被测物体产生激励信号;极化线圈模块 3 由多个极化线圈构成,用于产生极化场,使被测物体内部的原子按规则排列;梯度线圈模块 4 由三个梯度线圈构成,用于产生梯度场;主控制模块 9 发出各种信号,协调各模块的工作,电力控制模块 10 根据主控制模块 9 的信号用于为各模块提供电源;接收线圈模块 5 用于接收被测物体的磁共振信号;SQUID6 用于获得来自接收线圈模块 5 的磁共振信号,并将磁共振信号转化为电信号;如图 2 所示,数据获取模块 8 包括依次电连接的预放大器 15、锁相放大器 16、后放大器 17 和 A/D 转换器 18,在锁相放大器 16 处还连接有振荡器 19,数据获取模块 8 将电信号转换为数字信号;接口模块 11 通过局域网将数字信号传送给智能手持设备 1。

[0041] 数据获取模块 8、主控制模块 9、电力控制模块 10 和接口模块 11 均设置在探头外壳 12 的内部。

[0042] 如图 1 所示,接口模块 11 包括有线网络接口 20、无线网络接口 21 和电池模块 22,电池模块 22 为无线网络接口 21 供电。

[0043] 如图 3 和图 4 所示,冷却模块 7 包括冷却头 23、冷却导管 24 和供冷装置,冷却头 23 与 SQUID6 接触,冷却头 23 通过冷却导管 24 与供冷装置连接;供冷装置包括外部制冷装置 25、冷却胶囊安装腔 26 和冷却胶囊 27;外部制冷装置 25 与冷却导管 24 连接;冷却胶囊 27 包括胶囊接口模块 28、冷却剂注入阀门 29、胶囊腔体 30 和冷却剂出口阀门 31,胶囊腔体设有绝热层,冷却剂注入阀门 29 和冷却剂出口阀门 31 分设于胶囊腔体 30 两端;冷却剂注入阀门 29 和冷却剂出口阀门 31 通过胶囊接口模块 28 与主控制模块 9 连接;冷却胶囊 27 处于冷却胶囊安装腔 26 中,冷却剂出口阀门 31 与冷却导管 24 连接。

[0044] 在采用上述手持式超低场 MRI 系统进行安检时,包括如下步骤:

[0045] (1)、根据危险物品的种类和体积允许量,在手持式超低场 MRI 系统的软件部分中预设多组磁共振特征信息阈值;磁共振特征信息包括 T1、T2 和质子密度;

[0046] (2)、通过手持式超低场 MRI 系统的极化线圈模块 3 和梯度线圈模块 4 在被测物品所处空间产生规则的磁场,使被测物品中的原子核极化,按规则排列,再通过手持式超低场 MRI 系统的激励线圈模块 2 对被测物品发出激励信号,使被测物品中规则排列的原子产生自旋而发出磁共振信号;

[0047] (3)、通过手持式超低场 MRI 系统的接收线圈模块 5 和 SQUID6 采集被测物品发出的磁共振信号,并提取磁共振信号中的磁共振特征信息;

[0048] (4)、如图 5 所示,在手持式超低场 MRI 系统的比对模块中进行比对,在采集到的被测物品的磁共振特征信息中的 T1 和 T2 无法匹配于预设的其中一组磁共振特征信息阈值的 T1 和 T2 的情况下,则说明被测物品不列入危险物品的种类,激发手持式超低场 MRI 系统的报警模块,使手持式超低场 MRI 系统的报警装置 12 发出安全物品的信息提示;在采集到的被测物品的磁共振特征信息中的 T1 和 T2 能够匹配于预设的其中一组磁共振特征信息阈值的 T1 和 T2 的情况下,进一步比较,当采集到的磁共振特征信息中的质子密度超出预设的磁共振特征信息阈值的质子密度时,激发手持式超低场 MRI 系统的报警模块,使手持式超低场 MRI 系统的报警装置 12 发出可疑危险物品的信息提示;当采集到的磁共振特征信息的质子密度低于预设的磁共振特征信息阈值的质子密度时,激发手持式超低场 MRI 系统的报警

模块,使手持式超低场 MRI 系统的报警装置 12 发出安全物品的信息提示。

[0049] 上述安检方法中,如果需要对可疑危险物品作进一步确认时,可通过成像来进一步辨认可疑危险物品。在软件部分中,磁场参数变换模块采用傅立叶公式进行变换,将 SQUID6 探测到的不规则磁场参数变换为适合使用现有磁共振成像算法的磁场参数,图像重建模块采用变换后的磁场参数及现有磁共振成像算法重建图像重建被测物体的图像。具体变换方法如下:如图6所示,将梯度场中的被测物体划分为n个正方体体素,用点 P_n 代表,坐标 $(x, y, z)_n$;通过梯度线圈空间排布,使各点外部场强 β 各不相同;经激励后时刻t沿测量方向磁通瞬时值为 B_n ,进动频率为 ω_n ,根据拉莫(Larmor)公式 $\omega_0 = \gamma \cdot \beta_0$ (其中 ω_0 :进动频率; γ :旋磁比; β_0 :外磁场强度; γ 由物质的特性决定,为固定值; β_0 可以通过磁通计测出),求出各点的进动频率 ω_n ;由SQUID所获得的n个正方体体素经激励后时刻t磁通总量 $B(t)$,根据傅立叶变换可得,
$$B(t) = \sum_{n=1}^{\infty} (B_n \sin(\omega_n t))$$
将已计算出n个点的 ω_n 代和已测出的 $B(t)$ 入上式,可得到各个点的 B_n ,其唯一对应于 P_n 的坐标 $(x, y, z)_n$ 。

[0050] 在其它实施方式中,手持式超低场 MRI 系统包括硬件部分和软件部分;硬件部分包括智能手持设备、激励线圈模块、极化线圈模块、梯度线圈模块、接收线圈模块、接收线圈模块检测器、数据获取模块、主控制模块、电力控制模块、接口模块、报警装置、探头外壳和磁屏蔽罩;接口模块通过局域网与智能手持设备连接;报警装置与智能手持设备连接;磁屏蔽罩设于探头外壳中,磁屏蔽罩的底部设有开口,开口与探头外壳的底部连接;接收线圈模块、接收线圈模块检测器均设于磁屏蔽罩中,接收线圈模块安装在磁屏蔽罩的开口处;极化线圈模块和梯度线圈模块均设于探头外壳内部,并分布于磁屏蔽罩的外侧;软件部分设于智能手持设备上;软件部分包括比对模块和报警模块。这种实施方式采用接收线圈模块检测器作为磁通量探测器,精度不高,但无需冷却,适用于精度要求不高的一般安检场合。

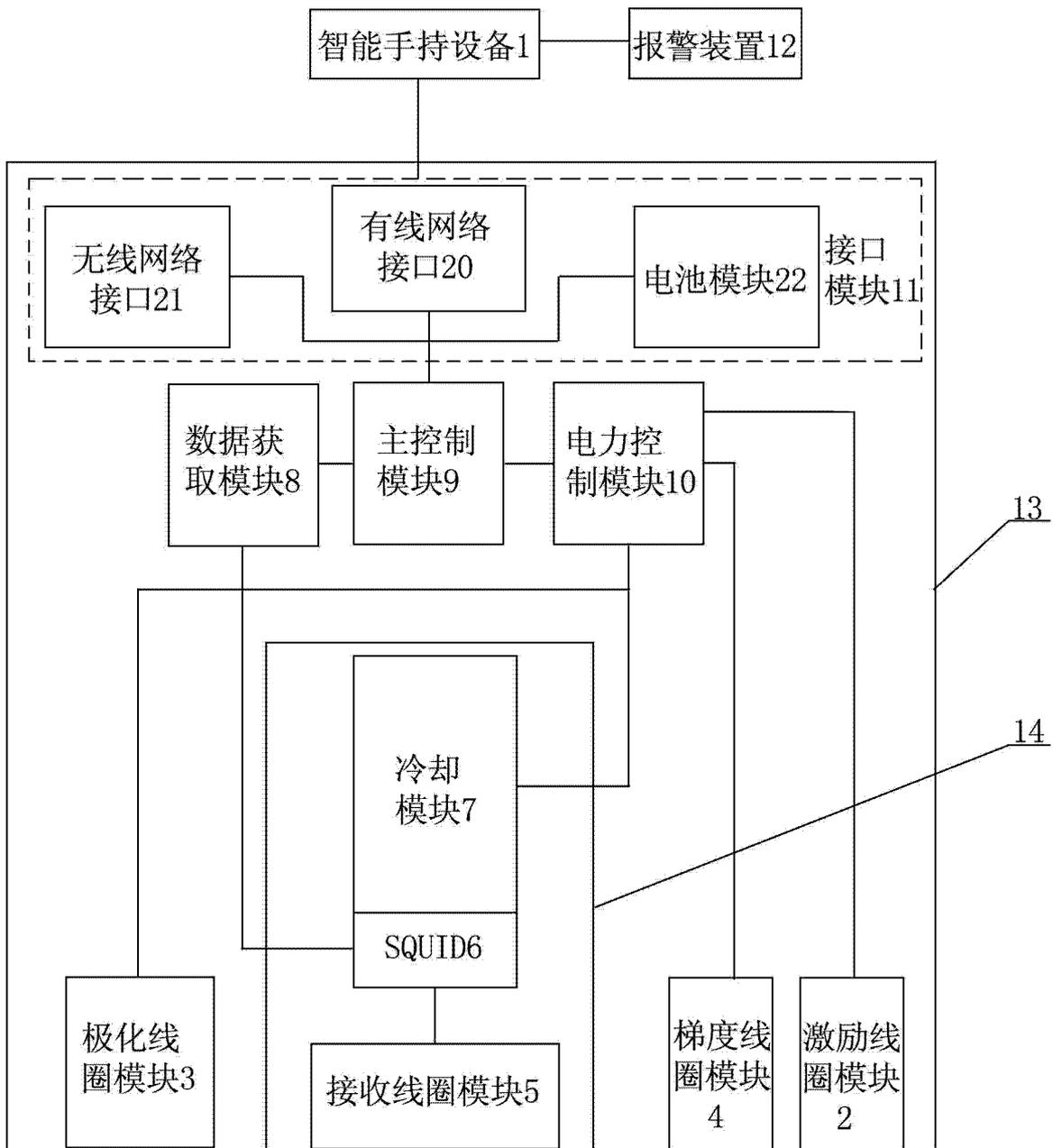


图 1

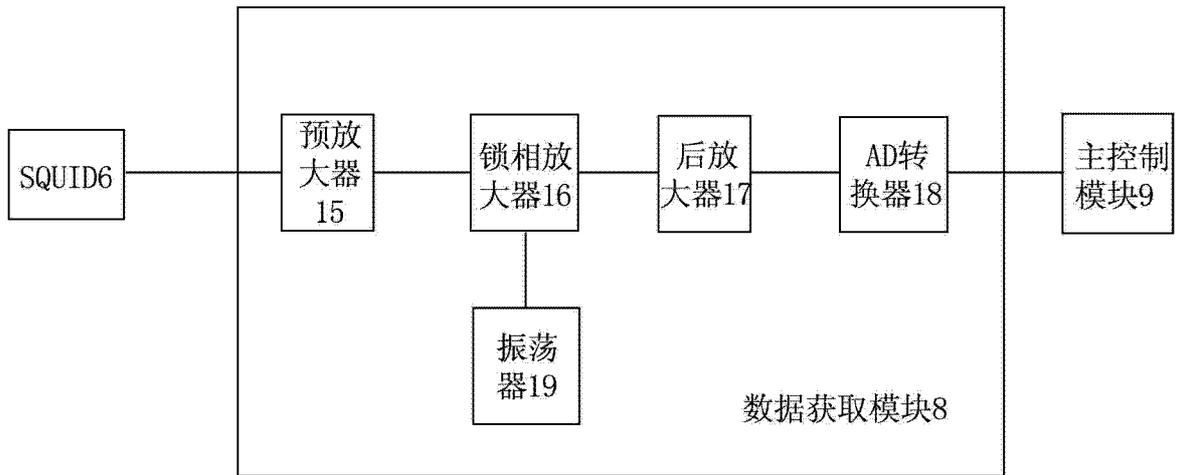


图 2

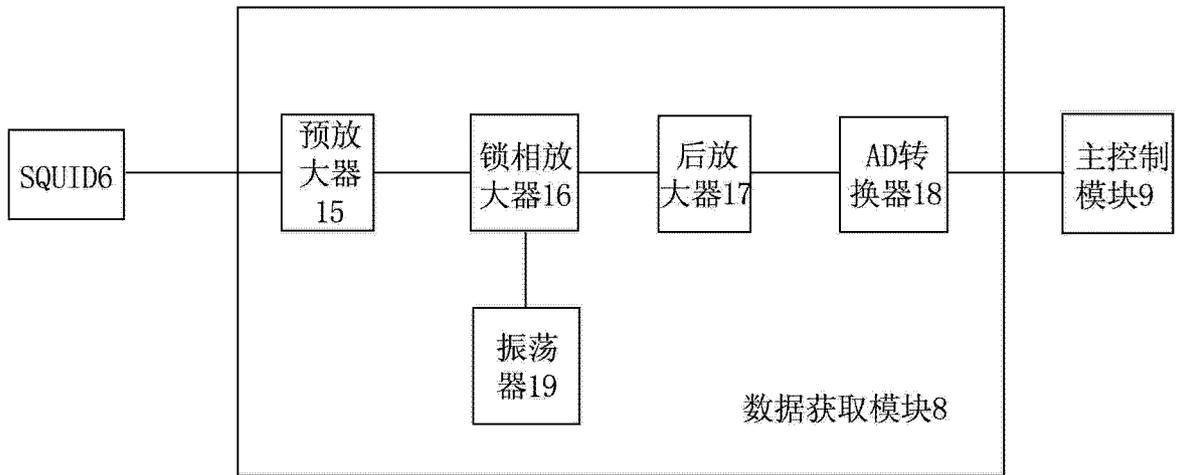


图 3

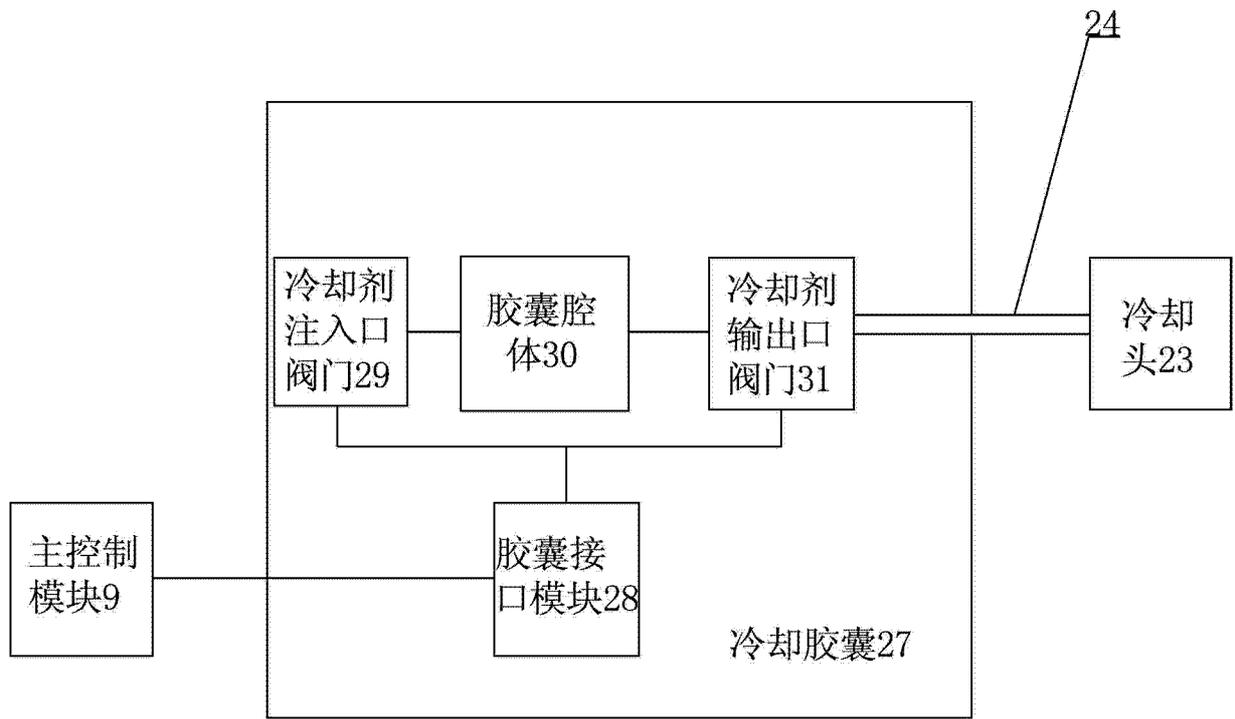


图 4

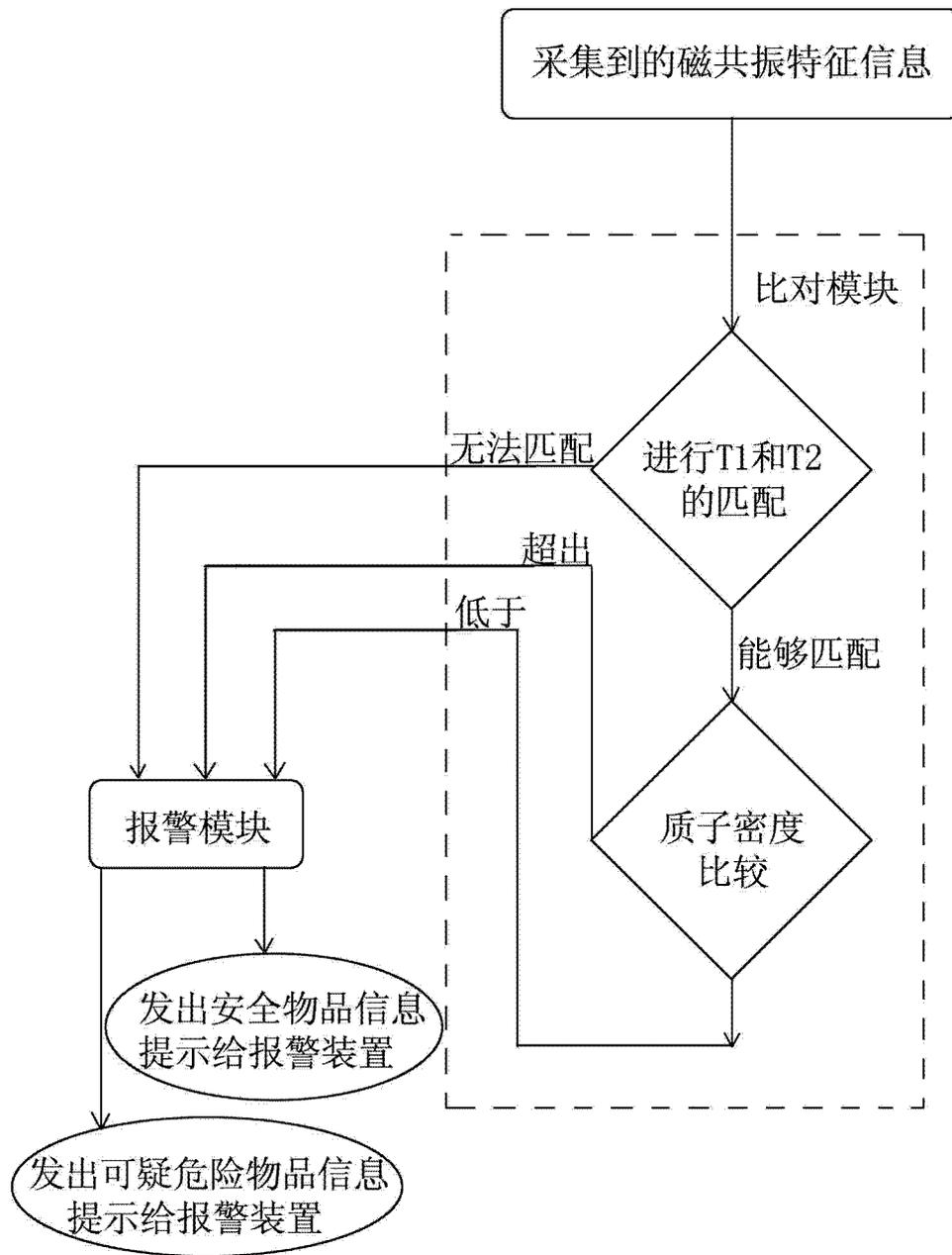


图 5

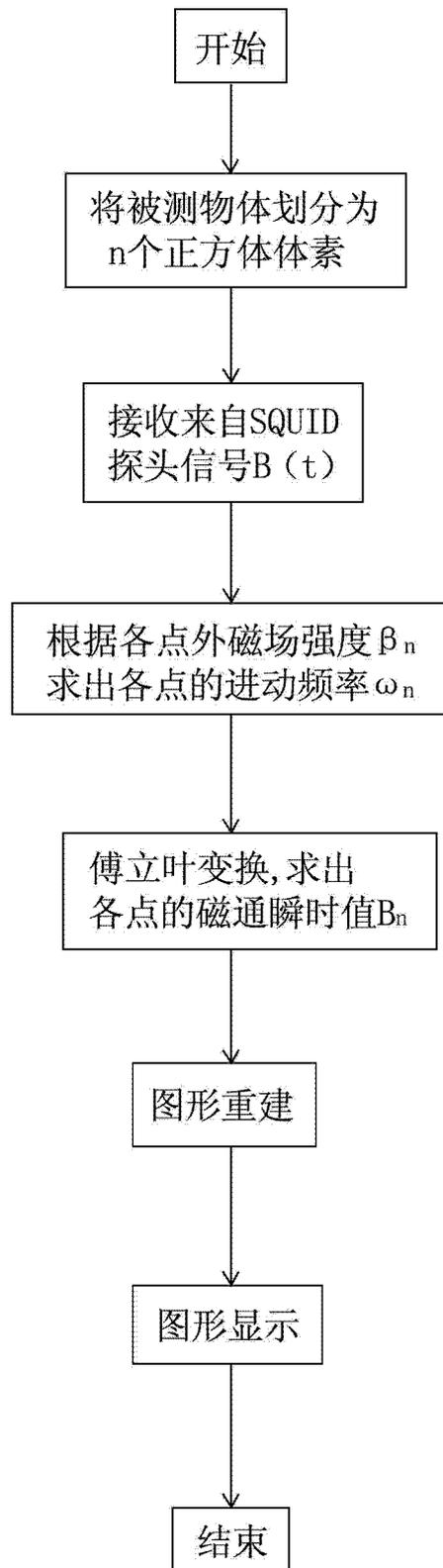


图 6