



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111983536 A

(43) 申请公布日 2020.11.24

(21) 申请号 202010717926.8

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2015.09.04

G01R 33/381 (2006.01)

(30) 优先权数据

G01R 33/38 (2006.01)

62/046,814 2014.09.05 US

G01R 33/28 (2006.01)

62/110,049 2015.01.30 US

G01R 33/34 (2006.01)

62/111,320 2015.02.03 US

G01R 33/36 (2006.01)

62/174,666 2015.06.12 US

G01R 33/383 (2006.01)

G01R 33/385 (2006.01)

(62) 分案原申请数据

G01R 33/3875 (2006.01)

201580055003.8 2015.09.04

G01R 33/44 (2006.01)

(71) 申请人 海珀菲纳研究股份有限公司

G01R 33/48 (2006.01)

地址 美国康涅狄格州

G01R 33/54 (2006.01)

G01R 33/56 (2006.01)

(72) 发明人 乔纳森·M·罗思伯格

G01R 33/565 (2006.01)

杰里米·克里斯托弗·乔丹

G01R 33/58 (2006.01)

迈克尔·斯蒂芬·普尔

H01F 7/02 (2006.01)

劳拉·萨科利克 托德·雷亚里克

H01F 7/06 (2006.01)

格雷戈里·L·哈尔瓦特

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 唐京桥 董娟

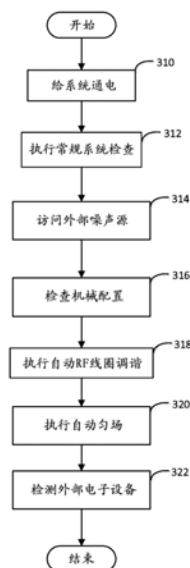
权利要求书2页 说明书22页 附图8页

(54) 发明名称

低场磁共振成像系统的自动配置

(57) 摘要

在一些方面中,提供一种操作磁共振成像系统的方法,该磁共振成像系统包括B₀磁体以及被配置成在操作期间从B₀磁体传递走热量的至少一个热管理部件。该方法包括向B₀磁体提供操作电力,监测B₀磁体的温度以确定B₀磁体的当前温度,以及响应于至少一个事件的发生以低于操作能力操作至少一个热管理部件。



1. 一种低场磁共振成像系统,包括:
至少一个 B_0 磁性元件,其被配置成产生 B_0 磁场;
至少一个通信接口,其被配置为与一个或多个移动计算设备进行通信;以及
至少一个处理器,其可通信地耦接至所述至少一个通信接口,
所述至少一个处理器被编程为:
与位于与所述低场磁共振成像系统相同的房间内的至少一个移动计算设备交换信息,
其中,所述移动计算设备包括平板电脑、智能手机和/或可穿戴设备;
接收来自所述移动计算设备的指令以执行至少一个图像获取处理;以及
响应于从所述至少一个移动计算设备接收到指令,开始获取至少一个磁共振图像。
2. 根据权利要求1所述的低场磁共振成像系统,其中,所述至少一个 B_0 磁性元件被配置成产生场强等于或小于约0.2T且大于或等于约0.1T的 B_0 磁场。
3. 根据权利要求1所述的低场磁共振成像系统,其中,所述至少一个 B_0 磁性元件被配置成产生场强等于或小于约0.1T且大于或等于约50mT的 B_0 磁场。
4. 根据权利要求1所述的低场磁共振成像系统,其中,所述至少一个 B_0 磁性元件被配置成产生场强等于或小于约50mT且大于或等于约20mT的 B_0 磁场。
5. 根据权利要求1所述的低场磁共振成像系统,其中,所述至少一个移动计算设备在被定位成靠近所述低场磁共振成像系统时交换信息。
6. 根据权利要求1所述的低场磁共振成像系统,其中,所述至少一个处理器被配置成向所述至少一个移动计算设备提供关于所述低场磁共振成像系统的类型和/或能力的信息。
7. 根据权利要求1所述的低场磁共振成像系统,其中,所述至少一个处理器被配置成向所述至少一个移动计算设备提供关于所述低场磁共振成像系统的状态。
8. 根据权利要求1所述的低场磁共振成像系统,其中,所述至少一个处理器被配置成向所述至少一个移动计算设备提供所述低场磁共振成像系统准备好操作的指示。
9. 根据权利要求1所述的低场磁共振成像系统,其中,所述至少一个处理器被配置成向至少一个移动计算设备提供关于操作所述低场磁共振成像系统的至少一个障碍的信息。
10. 根据权利要求1所述的低场磁共振成像系统,其中,所述至少一个移动计算设备包括允许用户操作所述低场磁共振成像系统的接口,并且其中,经由所述至少一个移动计算设备上的接口来操作所述低场磁共振成像系统,以获取至少一个图像。
11. 根据权利要求10所述的低场磁共振成像系统,其中,所述接口包括触摸板显示器。
12. 根据权利要求11所述的低场磁共振成像系统,其中,所述触摸板显示器提供允许操作员操作所述低场磁共振成像系统的接口。
13. 根据权利要求12所述的低场磁共振成像系统,其中,所述触摸板显示器提供允许所述操作员选择成像应用、成像协议和/或图像类型的接口,并且其中,控制台根据所述操作员的选择来自动生成目标脉冲序列。
14. 根据权利要求13所述的低场磁共振成像系统,其中,在所述触摸板显示器上显示所述至少一个图像。
15. 根据权利要求1所述的低场磁共振成像系统,其中,所述低场磁共振成像系统被配置为在未屏蔽房间中进行操作。
16. 根据权利要求1所述的低场磁共振成像系统,还包括电力连接,所述电力连接被配

置成连接到标准的墙上插座。

17. 根据权利要求1所述的低场磁共振成像系统,还包括轮子,以允许将所述低场磁共振成像系统移动到所需位置。

18. 一种便携式磁共振成像MRI装置,包括:

至少一个第一磁性元件,其被配置成产生 B_0 磁场;

至少一个第二磁性元件,其被配置成根据目标脉冲序列进行操作;

控制台,其被配置成提供所述目标脉冲序列,以操作所述至少一个第二磁性元件;以及

至少一个接口,其包括在便携式MRI装置上的触摸板显示器,所述触摸板显示器允许操作员在与所述便携式MRI装置相同的房间内并且在所述便携式MRI装置处操作便携式MRI设备,以获取至少一个磁共振图像。

19. 根据权利要求18所述的便携式磁共振成像装置,其中,所述触摸板显示器提供允许所述操作员选择成像应用、成像协议和/或图像类型的接口,并且其中,所述控制台根据所述操作员的选择来自动生成所述目标脉冲序列。

20. 根据权利要求18所述的便携式磁共振成像装置,还包括允许所述便携式磁共振成像装置与一个或更多个外部计算装置进行通信的至少一个通信接口。

21. 根据权利要求18所述的便携式磁共振成像装置,其中,所述便携式磁共振成像装置被配置为在未屏蔽房间中进行操作。

22. 根据权利要求18所述的便携式磁共振成像装置,还包括电力连接,所述电力连接被配置成连接到标准的墙上插座。

23. 根据权利要求18所述的便携式磁共振成像装置,还包括轮子,以允许将所述便携式磁共振成像装置移动到所需位置。

24. 根据权利要求18所述的便携式磁共振成像装置,其中,所述至少一个第一磁性元件被配置成产生场强等于或小于约0.1T且大于或等于约50mT的 B_0 磁场。

低场磁共振成像系统的自动配置

[0001] 本申请为于2017年4月10日提交、申请号为201580055003.8、发明名称为“低场磁共振成像系统的自动配置”的中国专利申请的分案申请。所述母案申请的国际申请日为2015年9月4日，国际申请号为 PCT/US2015/048484。

背景技术

[0002] 磁共振成像(MRI)为很多应用提供重要的成像模态,并且广泛用于临床和研究环境中以产生人体内部的图像。作为一般性,MRI基于检测磁共振(MR)信号,其是响应于由所施加的电磁场导致的状态变化而由原子发射的电磁波。例如,核磁共振(NMR)技术包括:在被成像的对象中的原子(例如,人体组织中的原子)的核自旋的重新排列或弛豫时,检测从激发的原子的核发射的MR信号。所检测到的MR信号可以被处理以产生图像,这在医学应用的环境中允许对身体内的内部结构和/或生物过程进行调查以用于诊断、治疗和/或研究目的。

[0003] MRI由于在没有其他模态的安全性考虑(例如,不需要使对象暴露于电离辐射例如x射线或将放射性物质引入身体)下产生具有相对高分辨率和对比度的非侵入性图像的能力而为生物成像提供了吸引人的成像模态。另外,MRI特别好地适合于提供软组织对比,其可以用于对其他成像模态不能令人满意地成像的对象物体进行成像。此外,MR技术能够捕获关于其他模态不能获取的结构和/或生物过程的信息。然而,MRI存在很多缺点,对于给定的成像应用,这可能涉及设备的相对高的成本、有限的可用性和/或难以获得对临床MRI扫描仪的访问和/或图像采集过程的长度。

[0004] 临床MRI的趋势是增加MRI扫描仪的场强度,以改善扫描时间、图像分辨率和图像对比度中的一个或更多个,这反而继续增加成本。绝大多数安装的MRI扫描仪在1.5或3特斯拉(T)下工作,这指的是主磁场 B_0 的场强。临床MRI扫描仪的粗略成本估计为大约每特斯拉一百万美元,其不考虑操作这样的MRI扫描仪所涉及的实质性操作成本、服务成本和维护成本。

[0005] 另外,常规的高场MRI系统通常需要大的超导磁体和相关联的电子器件以生成对象(例如,患者)在其中成像的强均匀静磁场(B_0)。这样的系统的尺寸是相当大的,其中,典型的MRI装备包括用于磁体、电子器件、热管理系统和控制台区域的多个房间。MRI系统的尺寸和费用通常使它们的使用限于诸如医院和学术研究中心的设施,这些设施具有足够的空间和资源来购买和维护它们。高场MRI系统的高成本和大量空间需求导致MRI扫描仪的可用性有限。因此,如下面进一步详细讨论的,常常存在以下临床情况:MRI扫描将是有益的,但是由于上述一个或更多个限制而不实际或不可行。

发明内容

[0006] 低场MRI给出了有吸引力的成像解决方案,对于高场MRI提供了相对低成本、高可用性的替代方案。发明人已经认识到,低场MRI的特性有助于实现能够部署在各种环境和设施中的基本上更小和/或更灵活的装置,并且还允许开发便携式或可运载式低场MRI系

统。由于这样的系统可以在不同的时间在不同的环境中操作和/或由于这样的系统可以在通常不受控制的环境中操作(例如,低场MRI系统可以在高场MRI系统通常在其中操作的专门屏蔽的房间外部操作),有利的是,提供MRI系统的一个或更多个部件的“现场”和/或动态校准,以针对系统所位于的环境来调整或优化系统。根据一些实施方式,如下面将进一步详细论述的,提供自动化技术,以基于系统的环境和/或操作条件来修改或调整MRI系统的一个或更多个方面。根据一些实施方式,提供了有利于容易使用低场MRI系统的自动化技术,从而使得具有更广范围的训练和/或专业知识的用户/操作者(包括未进行专业培训或一点也不具有专业知识的用户/操作者)能够使用。

[0007] 一些实施方式包括一种操作磁共振成像系统的方法,该磁共振成像系统包括 B_0 磁体以及被配置成在操作期间从 B_0 磁体传递走热量的至少一个热管理部件,该方法包括:向 B_0 磁体提供操作电力;监测 B_0 磁体的温度以确定 B_0 磁体的当前温度;以及响应于至少一个事件的发生以低于操作能力操作至少一个热管理部件。

[0008] 一些实施方式包括一种磁共振成像系统,该磁共振成像系统包括: B_0 磁体,其被配置成提供 B_0 场的至少一部分;至少一个热管理部件,其被配置成在操作期间从 B_0 磁体传递走热量;以及至少一个处理器,其被编程为监测 B_0 磁体的温度以确定 B_0 磁体的当前温度并且响应于至少一个事件的发生以低于操作能力操作至少一个热管理部件。

[0009] 一些实施方式包括一种动态调整由磁共振成像系统产生的 B_0 场的方法,该方法包括:检测由 B_0 磁体产生的贡献于 B_0 场的第一磁场;以及基于所检测到的第一磁场选择性地操作至少一个匀场线圈(shim coil),以产生第二磁场来调整由磁共振成像系统产生的 B_0 场。

[0010] 一些实施方式包括一种磁共振成像系统,其包括:被配置成提供贡献于 B_0 场的第一磁场的 B_0 磁体;多个匀场线圈;至少一个传感器,其被布置成当 B_0 磁体操作时检测第一磁场;以及至少一个控制器,其被配置成基于由至少一个传感器检测到的第一磁场选择性地操作多个匀场线圈中的至少一个,以产生第二磁场来调整由磁共振成像系统产生的 B_0 场。

[0011] 一些实施方式包括一种对磁共振成像系统附近的对象物体进行消磁的方法,该磁共振成像系统包括被配置成至少部分地提供 B_0 场的 B_0 磁体,该方法包括:以第一极性操作 B_0 磁体;以及以与所述第一极性相反的第二极性周期性地操作 B_0 磁体。

[0012] 一些实施方式包括一种被配置成对附近的对象物体进行消磁的磁共振成像系统,该磁共振成像系统包括: B_0 磁体,其被配置成至少部分地提供 B_0 场;以及控制器,其被配置成:以第一极性操作 B_0 磁体;以及以与第一极性相反的第二极性周期性地操作 B_0 磁体。

[0013] 一些实施方式包括一种动态配置在任意环境中使用的磁共振成像系统的方法,该方法包括:识别对执行磁共振成像的至少一个障碍;以及至少部分地基于所识别的至少一个障碍自动执行至少一个补救动作。

[0014] 一些实施方式包括一种配置磁共振成像系统的方法,该磁共振成像系统具有能够与不同类型的射频线圈可操作地耦接的部件,该方法包括:检测射频线圈是否可操作地耦接至磁共振成像系统的部件;响应于确定射频线圈可操作地耦接至磁共振成像系统,确定关于射频线圈的信息;以及至少部分地基于关于射频线圈的信息自动执行至少一个动作以配置磁共振成像系统与射频线圈一起操作。

[0015] 一些实施方式包括一种磁共振成像系统,其包括: B_0 磁体,其被配置成提供 B_0 场的

至少一部分;能够与不同类型的射频线圈可操作地耦接的部件;以及至少一个控制器,其被配置成:检测射频线圈是否可操作地耦接至磁共振成像系统的部件;响应于确定射频线圈可操作地耦接至磁共振成像系统,确定关于射频线圈的信息;以及至少部分地基于关于射频线圈的信息自动执行至少一个动作以配置磁共振成像系统与射频线圈一起操作。

[0016] 一些实施方式包括一种操作低场磁共振成像系统的方法,该低场磁共振成像系统包括允许磁共振成像系统与一个或多个外部计算设备进行通信的至少一个通信接口,该方法包括:通过低场磁共振成像系统的至少一个处理器发起与至少一个外部计算设备的连接;以及使用至少一个处理器与至少一个外部计算设备交换信息。

[0017] 一些实施方式包括一种低场磁共振成像系统,其包括:至少一个磁性部件,其被配置成在低场下操作;至少一个通信接口,其允许低场磁共振成像系统与一个或多个外部计算机设备进行通信;以及至少一个处理器,其被配置成发起与至少一个外部计算设备的连接并且使用至少一个处理器与至少一个外部计算设备交换信息。

[0018] 一些实施方式包括一种辅助磁共振成像系统的自动设置的方法,该方法包括:检测与磁共振成像系统连接的射频线圈的类型和/或患者支架的位置;以及至少部分地基于所检测到的射频线圈的类型和/或患者支架的位置自动执行至少一个设置过程。

附图说明

[0019] 将参照下面的附图描述所公开的技术的各个方面和实施方式。应当理解,附图不一定按比例来绘制。

[0020] 图1是可以根据本文所描述的技术自动被配置的低场MRI系统的示意图;

[0021] 图2A和图2B是根据一些实施方式的便携式低场MRI系统的图示;

[0022] 图2C和图2D是根据一些实施方式的可运输式低场MRI系统的图示;

[0023] 图3是根据一些实施方式的用于自动配置低场MRI系统的过程的流程图;

[0024] 图4是根据一些实施方式的用于给低场MRI系统通电的过程的流程图;以及

[0025] 图5是在其中可以执行本文所描述的一些技术的联网环境的示意图。

具体实施方式

[0026] MRI扫描仪市场绝大多数由高场系统主导,并且专门用于医学或临床MRI应用。如上所述,医学成像的一般趋势是产生具有越来越大的场强的MRI扫描仪,其中绝大多数临床MRI扫描仪在1.5T或3T下操作,而在研究环境中使用7T和9T的较高场强。如本文所使用的,“高场”通常指目前在临床环境中使用的MRI系统,更具体地,指以1.5T或以上的主磁场(即, B_0 场)操作的MRI系统,然而在0.5T和1.5T之间操作的临床系统通常也被认为是“高场”。相比之下,“低场”通常指以小于或等于约0.2T的 B_0 场操作的MRI系统。与低场系统相比,高场MRI系统的吸引力包括提高的分辨率和/或减少的扫描时间,从而促进对于用于临床和医学MRI应用的越来越高的场强的推动。

[0027] 发明人已经开发了用于生产改进质量的便携式和/或低成本低场MRI系统的技术,其可以改善MRI技术在各种环境中的大规模部署性,包括但不限于安装在医院和研究设施处。例如,除了医院和研究设施之外,低场MRI系统可以作为永久性或非永久性装置被部署在办公室、诊所、医院内的多个部门(例如,急诊室、手术室、放射科等)内,或者被部署

为能够被运输到期望位置的可移动/便携式/可运载式系统。

[0028] 发明人已经认识到,这种低场MRI系统的广泛部署在确保MRI系统在系统操作的任何环境中适当地执行的方面提出了挑战。对于特定环境和/或应用手动配置低场MRI系统的参数很麻烦,并且通常需要低场MRI系统的普通用户可能不具备的技术专业知识。另外,对于系统的操作而言重要的环境的属性不能由人类操作者确定或以其他方式获得。

[0029] 因此,一些实施方式涉及用于至少部分地基于低场MRI系统的环境和/或操作条件来自动配置低场MRI系统的技术。如下面将更详细地论述的,用于自动配置的技术可以响应于检测到环境和/或操作条件中的一个或更多个变化在给系统通电时或者在任何其他合适的时间执行。一些方面涉及用于低场MRI系统的自动设置过程,在该自动设置过程中至少部分地基于低场MRI系统在其中操作的环境和/或操作条件自动配置系统的(一个或更多个)部件。一些方面涉及鉴于环境和/或操作条件的改变而动态配置MRI系统。一些方面或涉及用于基于系统的操作模式(例如,低功率模式、加热、空闲等)来调整系统的操作的自动技术。

[0030] 此外,如上所述,增加MRI系统的场强产生越来越昂贵和复杂的MRI扫描仪,因此限制了可用性并防止它们用作通用的和/或通常可用的成像解决方案。高场MRI的相对高成本、复杂度和尺寸主要将它们的使用限制于专用设施。此外,常规的高场MRI系统通常由已经在系统上进行广泛训练的技术人员操作以能够产生期望的图像。存在训练有素的技术人员来操作高场MRI系统的要求进一步导致限制高场MRI的可用性以及高场MRI不能用作广泛可用和/或通用的成像解决方案。

[0031] 发明人已经认识到,易于使用会是使得低场MRI系统能够在各种情形和环境中广泛可用,被部署和/或使用的实质性贡献因素。为此,发明人已经开发了有助于简单且直观地使用低场MRI系统的自动、半自动和/或辅助设置技术。因此,可以充分减少操作这种低场MRI系统所需的训练量,增加了在其中可以采用低场MRI系统来执行期望的成像应用的情况。

[0032] 以下是关于用于低场磁共振应用(包括低场MRI)的方法和设备的各种概念的更多细节描述以及其实施方式。应当理解,本文所描述的各个方面可以以多种方式中的任何方式来实现。仅出于说明的目的,本文提供了特定实现的示例。另外,以下实施方式中所描述的各个方面可以单独使用或以任何组合使用,而限于本文明确描述的组。虽然本文描述的一些技术被设计成至少部分地解决与低场和/或便携式MRI相关联的挑战,但是这些技术不限于这一方面,并且可以应用于高场MRI系统,因为这些方面不限于与任何特定类型的MRI系统一起使用。

[0033] 图1是低场MRI系统100的示例性部件的框图。在图1的说明性示例中,低场MRI系统100包括工作站104、控制器106、脉冲序列储存库108、电力管理系统110和磁性部件120。应当理解,系统100是说明性的,并且除了图1中所示的部件之外或替代图1中所示的部件,低场MRI系统还可以具有一个或更多个任何合适类型的其他部件。

[0034] 如图1所示,磁性部件120包括磁体122、匀场线圈124、RF发射/接收线圈126和梯度线圈128。磁体122可以用于产生主磁场 B_0 。磁体122可以是能够产生场强低的主磁场(即,强度为0.2特斯拉或更小的磁场)的任何合适类型的磁体。匀场线圈124可以用于贡献(一个或更多个)磁场以改善由磁体122产生的 B_0 场的均匀性。梯度线圈128可以被布置成

提供梯度场,以及例如可以被布置成在磁场中沿三个基本上正交的方向 (X、Y、Z) 产生梯度。

[0035] RF发射/接收线圈126包括可以用于产生RF脉冲以感应振荡磁场 B_1 的一个或多个发射线圈。(一个或多个)发射线圈可以被配置成产生可用于执行低场MR成像的任何合适类型的RF脉冲。在一些实施方式中,如下面将更详细地论述的,可以至少部分地基于环境条件来选择可用于执行低场MR成像的合适类型的RF脉冲。

[0036] 磁性部件120中的每一个可以以任何合适的方式来构造。例如,在一些实施方式中,可以使用在以下申请中描述的技术来制造磁性部件120 中的一个或多个:2015年9月4日提交的题目为“Low Field Magnetic Resonance Imaging Methods and Apparatus”的以代理人案号 00354.70000US01共同提交的美国申请,其全部内容通过引用被合并到本文中。

[0037] 电力管理系统110包括向低场MRI系统100的一个或多个部件提供操作电力的电子器件。例如,如下面将更详细地论述的,电力管理系统 110可以包括一个或多个电源、梯度功率放大器、发射线圈放大器和/ 或提供合适的操作电力以接通和操作低场MRI系统100的部件所需要的任何其他合适的电力电子器件。

[0038] 如图1所示,电力管理系统110包括电源112、(一个或多个)放大器114、发射/接收开关116和热管理部件118。电源112包括向低场 MRI系统100的磁性部件120提供操作电力的电子器件。例如,电源112 可以包括向一个或多个 B_0 线圈(例如, B_0 磁体122)提供操作电力以产生低场MRI系统的主磁场的电子器件。在一些实施方式中,电源112 是单极连续波(CW)电源,然而,可以使用任何合适的电源。发射/接收 开关116可以用于选择是RF发射线圈还是RF接收线圈正在操作。

[0039] (一个或多个)放大器114可以包括对由一个或多个RF接收线圈(例如,线圈124)检测到的MR信号进行放大的一个或多个RF接收(Rx)前置放大器、被配置成向一个或多个RF发射线圈(例如,线圈126)提供电力的一个或多个RF发射(Tx)放大器、被配置成向一个或多个梯度线圈(例如,梯度线圈128)提供电力的一个或多个梯度功率放大器、被配置成向一个或多个匀场线圈(例如,匀场线圈124)提供电力的匀场放大器。

[0040] 热管理部件118为低场MRI系统100的部件提供冷却,并且可以被配置成通过促进从这些部件传递走由低场MRI系统100的一个或多个部件产生的热能来进行冷却。热管理部件118可以包括但不限于执行基于水或基于空气的冷却的部件,该部件可以与产生热量的MRI部件(包括但不限于 B_0 线圈、梯度线圈、匀场线圈和/或发射/接收线圈)一起被集成或被布置成靠近这些MRI部件。热管理部件118可以包括任何合适的热传递介质(包括但不限于空气和水),以从低场MRI系统100的部件传递走热量。热管理部件可以例如是在以下申请中描述的热管理部件和/或技术中的任一种:在2015年9月4日提交的题目为“Thermal Management Methods and Apparatus”的以代理人案号00354.70004US01共同提交的美国申请,其全部内容通过引用被合并到本文中。

[0041] 如图1所示,低场MRI系统100包括具有向电力管理系统110发送指令和从电力管理系统110接收信息的控制电子器件的控制器106(在本文中也称为“控制台”)。控制器106可以被配置成实现一个或多个脉冲序列,所述一个或多个脉冲序列用于确定被发送至电力管理系统110来以期望的序列操作磁性部件120中的一个或多个的指令。控制器

106 可以被实现为硬件、软件或硬件和软件的任何合适的组合,因为本文所提供的公开内容的方面在这个方面不受限制。

[0042] 在一些实施方式中,控制器106可以被配置成通过从脉冲序列储存库 108获得关于脉冲序列的信息来实现脉冲序列,脉冲序列储存库108存储 关于一个或多个脉冲序列中的每一个脉冲序列的信息。由脉冲序列储存 库108存储的关于特定脉冲序列的信息可以是使得控制器106能够实现特 定脉冲序列的任何合适的信息。例如,存储在脉冲序列储存库108中的关 于脉冲序列的信息可以包括用于根据脉冲序列来操作磁性部件120的一个 或多个参数(例如,用于操作RF发射/接收线圈126的参数、用于操 作梯度线圈的参数128等)、用于根据脉冲序列操作电力管理系统110的 一个或多个参数、包括当由控制器106 执行时使控制器106控制系统 100根据脉冲序列进行操作的指令的一个或多个程序、和/ 或任何其他合 适的信息。存储在脉冲序列储存库108中的信息可以被存储在一个或多个非暂态存储介质上。

[0043] 如图1所示,控制器106还与被编程为处理所接收到的MR数据的 计算设备104进行交互。例如,计算设备104可以使用任何合适的(一个 或多个)图像重建过程对所接收到的MR数据进行处理以生成一个或 更多个MR图像。控制器106可以向计算设备104提供关于 一个或多个脉冲序列的信息,以便于计算设备对MR数据进行处理。例如,控制 器106可以向计算设备104提供关于一个或多个脉冲序列的信息,并且 计算设备可以至少部分地 基于所提供的信息来执行图像重建过程。

[0044] 计算设备104可以是配置成处理所获取的MR数据并生成正被成 像的对象的一个或多个图像的任何电子设备。在一些实施方式中,计算 设备104可以是诸如台式计算机、服务器、机架安装的计算机的固定电子 设备或者可以被配置成处理MR数据并生成正被 成像的对象的一个或多个图像的任何其他合适的固定电子设备。可替代地,计算设备 104可以 是诸如智能电话、个人数字助理、膝上型计算机、平板计算机的便携式设 备或可 以被配置成处理MR数据并生成正被成像的一个或多个图像的任何其他便携式设备。在 一些实施方式中,计算设备104可以包括多个任 何合适类型的计算设备,因为本文所提供的 方面在这个方面不受限制。用 户102可以与计算设备104进行交互以控制低场MR系统100 的各个方 面(例如,对系统100编程以根据特定的脉冲序列进行操作,调整系统 100的一个 或多个参数等)和/或由低场MR系统100获得的视图图像。

[0045] 图2A和图2B示出了根据一些实施方式的便携式或可运载式低场 MRI系统200。系统200可以包括上面结合图1所描述的部件中的一个或 更多个。例如,系统200可以包括磁 性部件和功率部件以及可能的其他部 件(例如,热管理、控制台等),这些部件一起被布置 在单个通常可运输 和可变形的结构上。系统200可以被设计成具有至少两种构造:适于运 输 和存储的构造以及适于操作的构造。图2A示出了当被固定以供运输和/ 或存储时的系 统200,而图2B示出了被变换以供操作时的系统200。系 统200包括部分290A,如图2B中所示 的箭头所指示的,其可以滑动到 部分290B中,而当将系统从其运输构造变形成其操作构造 时从部分290B 中拉出。部分290A可以容纳电力电子器件110、控制台106(其可以包 括接口 设备例如图2A和图2B中所示的触摸板显示器)和热管理118。部 分290A还可以根据需要包 括用于操作系统200的其他部件。

[0046] 部分290B包括低场MRI系统200的磁性部件120,包括在其上以任 意组合集成一个

或更多个磁性部件(例如,磁体112、匀场线圈124、RF 发射/接收线圈126、梯度线圈128)的层压板210A和210B。当变形成适于操作系统以执行MRI的构造(如图2B所示)时,部分290A和290B 的支撑表面提供要被成像的对象可以躺在其上的表面。可以提供可滑动表面265以便于将对象滑动到位,使得对象的一部分在提供相应的低场MRI 磁体的层压板的视场内。系统200提供低场MRI系统的便携式紧凑构造,其便于在常规不可用的情形下(例如,在急诊室中)进行MRI成像。

[0047] 图2C和图2D示出了根据一些实施方式的另一通常可运输式低场 MRI系统。图2C示出根据一些实施方式的利用双平面混合磁体的可折叠式低场MRI系统280的示例。在图2C中,可折叠式系统处于便于在不使用时运输系统或存储系统的折叠构造。可折叠式系统280包括:可滑动床体284,其被配置成支撑人类患者并允许患者沿箭头2281的方向在壳体286A和286B之间滑进和滑出成像区域。壳体286A和286B容纳可折叠式系统280的磁性部件以产生用于执行MRI的磁场。根据一些实施方式,可以仅使用层压技术、仅使用传统技术或使用两者的组合(例如,使用混合技术)来生产、制造和布置磁性部件。

[0048] 图2D示出了展开的且在被插入到壳体286A和286B之间以被成像之前患者位于可滑动床体284上的可折叠系统280。根据一些实施方式,壳体286A和286B中的每一个容纳与热管理部件耦接的混合磁体,以从磁性部件吸走热量。具体地,在成像区域的相对侧上的壳体286A和286B 中的每一个在其中包括 B_0 线圈205a和205b、层压板210(层压板210的210b以面朝上的布置在壳体286B内可见)和设置在 B_0 线圈之间的热管理部件230。容纳在286A和286B中的磁性部件可以基本上相同以形成对称的双平面混合磁体,或者容纳在286A和286B中的磁性部件可以不同以形成不对称的双平面混合磁体,因为这些方面不受限制用于与混合磁体的任何特定设计或构造一起使用。

[0049] 根据本文所描述的技术,低场MRI系统(例如,系统100、200和/或280)的一个或更多个部件被自动配置以确保系统在操作期间将执行或正在正确地执行。如上所述,这种MRI系统可以在以下各种环境中进行操作:所述环境需要待调整的系统的一个或更多个参数以确保给定环境中的令人满意的操作。也如上所述,低场MRI系统的部件的手动配置很麻烦,并且需要MRI系统的很多用户可能不具有的专业知识。在很多情况下,系统需要调整或适应的环境和/或操作条件对于人类操作者是不可确定的(例如,射频噪声或其他电磁干扰(EMI)、无意的短路或断路、未对准的部件等),使得即使对于专家而言,系统的适当调整也是不可能的。因此,一些实施方式被配置成响应于特定事件的发生(例如,给低场MRI系统通电、从睡眠模式或低功率模式唤醒、改变环境条件的检测等)而自动执行一组配置和/或设置操作。

[0050] 图3示出了根据一些实施方式的可以响应于事件的发生而被执行的自动配置过程。应当理解,虽然图3示出了可以被执行的多个配置或设置操作,但是这些操作中的任一操作或组合可以被执行,因为这些方面在这个方面不受限制。另外,虽然图3所示的示例性配置操作被示为连续执行,但是应当理解,可以部分或完全并行地执行一个或更多个配置操作,并且对执行哪些特定配置操作和/或何时执行特定配置操作没有限制。

[0051] 在动作310中,给低场MRI系统通电。图4示出了根据一些实施方式的可以在动作310中执行的通电过程。应当理解,虽然图4示出了可以执行的多个通电操作,但是这些操作中的任一操作或组合可以被执行,因为这些方面在这个方面不受限制。另外,虽然图4所

示的示例性配置操作 被示为连续执行,但是应当理解,可以部分或完全并行地执行一个或更多 个配置操作,并且对执行哪些特定配置操作和/或何时执行特定配置操作 没有限制。

[0052] 在动作410中,将低场MRI系统连接至电源。例如,低场MRI系 统可以连接至标准的墙上插座,连接至外部电源例如发电机,或者连接至 任何其他合适类型的电源,用于向低场MRI系统的部件提供操作电力。在动作412中,验证紧急断电是可操作的。患者安全是设计医疗设备时首 要考虑因素。因此,根据本文所描述的技术使用的一些低场MRI系统包 括可以在担心患者安全的情况下(例如,磁体过热)手动或自动触发的紧 急断电。因此,为了确保安全操作,该系统可以检查以确认任何和所有电 力切断(或其他安全机制)被启用和/或可操作。

[0053] 在动作414中,通过例如用户按压控制台上的电力开关、按钮或其他 机制给控制台104通电。响应于被通电,控制台可以在运行(launch)用 于控制低场MRI系统的一个或更 多个操作的控制应用之前执行多个启动 处理。在执行任何启动处理之后或期间,在控制台 上运行被配置成控制低 场MRI系统的一个或更多个操作的控制应用(动作416)。如下面将 更详 细地论述的,控制应用可以在给控制台通电时或者响应于与控制台或外部 电子设备 (其被配置成与控制台进行交互)的用户交互而自动运行。响应 于运行控制应用,该应用可 以指示控制台执行一个或更多个操作,包括但 不限于指示电源112接通系统DC电力。

[0054] 在控制应用的运行之后或期间,可以启用和/或配置低场MRI系统的 其他部件。例如,在动作418中,控制应用可以指示电源112通过将磁体 加热到其中所得到的 B_0 场适于成 像例如以执行低场MRI的温度来给磁体 122通电。在一些实现中,加热磁体的过程可能需要 相当长的时间(例如,30分钟)以提供适合于成像的稳定 B_0 场。为了减少加热磁体122所需 的时间量,一些实施方式执行一个或更多个“预加热”操作。例如,在低场 MRI系统的操作 期间从低场MRI系统的磁性部件120传递走热量的热管 理部件118中的一个或更多个可以 被调低或关断,以使得磁体加热比热管 理部件正常操作时更快。在一些实现中,热管理部 件118包括空气或水冷 却系统(例如,风扇和/或泵),以提供低场MRI系统的磁性部件的冷 却。在磁体的预加热期间,风扇和/或泵可以被关断或调低(例如,通过降低 冷却能力或强 度)以加速磁体加热过程。以低于操作能力操作一个或更多 个热管理部件在本文中是指有 意地调整一个或更多个热管理部件,包括通 过根本不操作一个或更多个热管理部件,使得 移除热量的能力与其正常操 作相比降低了。

[0055] 在修改热管理部件118的操作的实施方式中,应当密切监视磁体的温 度,以确保 磁体不会过热的和/或确定何时接通热管理部件或增加热管理部 件的能力/强度。可以以任 何合适的方式确定磁体的温度,包括但不限于 使用温度传感器,至少部分地基于所测量的 磁体的电压来确定磁体的温度 等。根据一些实施方式,给热管理的自动控制提供温度感测 (例如,经由 传感器和/或电压测量),以加速加热并在磁体接近热平衡或适当的 B_0 场 稳定 时执行冷却和/或增加冷却强度。

[0056] 一些实施方式包括当系统空闲(例如,不用于成像)时使用的低功率 模式以保持 磁体温热。例如,在低功率模式下,可以向磁体提供较小的电 流,同时仍然使得磁体112能 够保持在成像可接受的温度下。低功率模式 可以以使得磁体能够保持在期望温度的任何 合适的方式来实现。例如,上 述用于减少磁体的加热时间的一种或更多种技术(例如,关断 或调低一个 或更多个热管理部件)也可以用于将低场MRI系统置于低功率模式。因 此,在

不使用时,磁体可以用较少的电力保持温热,使得当需要时,磁体 准备就绪而不需要加热时段。在一些实施方式中,可以在低场MRI系统 100已经持续特定时间量未操作时自动发起低功率模式下的操作和/或可 以经由开关、按钮或由系统提供的其他接口机制手动发起低功率模式。

[0057] 可替代地,可以响应于确定低场MRI系统100在其中正在操作的环境的环境温度高于特定温度来使用低功率模式。例如,如果低场MRI系 统被部署在高温环境(例如,沙漠)中,则由于磁体过热的可能性,磁体 可能不能在正常操作模式下操作。然而,在这种情况下,MRI系统100 仍然能够通过以比在具有较低温度的环境中使用的电流较少的电流驱动磁体而以低功率模式操作。因此,这种低功率模式使得能够在通常不适于 MRI系统操作的挑战性环境中使用低场MRI系统。

[0058] 在一些实施方式中,可以通过在加热过程期间确定和补偿低场MRI 参数的波动来减少在成像之前进行磁体加热所需要的时间,以在波动已经 稳定之前实现成像。例如, B_0 磁体的拉莫尔频率通常随着磁体加热并变 得稳定而波动。一些实施方式表征拉莫尔频率如何跟踪磁体的电压(或温 度),并且补偿频率的变化以允许在磁体达到其正常操作温度之前进行成 像。 B_0 场的均匀性是已知在磁体的加热期间波动的另一参数。因此,一 些实施方式表征 B_0 场均匀性如何跟踪磁体的电压(或温度),并且补偿场 均匀性的变化(例如,使用一个或更多个匀场线圈)以使得在场均匀性达 到正常操作水平之前能够成像。还可以对在磁体112的加热期间波动的其 他低场MRI参数进行跟踪和补偿,以在磁体达到热平衡和/或场稳定性之 前提供用低场MRI系统进行成像,假设这些参数的波动可以通过测量磁 体的电压(或温度)或低场MRI系统的一些其他参数来表征。

[0059] 返回到图4的过程,在动作420中,启用梯度线圈。发明人已经认识 到,在一些实施方式中,启用梯度线圈的过程可以被延迟,直到在准备好 进行成像之前不久,以降低低场MRI系统的功耗。在低场MRI系统可操 作之后,可以执行动作422以监测磁体的一个或更多 个属性,以确保磁体 保持在适于操作的状态。如果检测到磁体的一个或更多个属性已经以 影响 获得令人满意的图像的能力的方式漂移或以其他方式改变,则可以执行一 个或多个补救动作。

[0060] 返回到图3的过程,在动作312中,执行一个或更多个常规系统检查 以确保低场MRI系统100的正确操作。例如,常规系统检查可以包括检 查磁体112是短路还是断路。磁体112的短路会由于多种原因中的任何原 因而出现。例如,在正常操作使用期间和/或由于在不同环境中操作导致 的低场MRI系统的各种部件的热收缩和膨胀(热循环)会导致磁体112 或其一部分的短路或者MRI系统的各种其他电路、线圈等中的任一个的 短路。例如,热循环会另外导致隔离的导电材料与系统的短路电路(例如, 线圈中的绕组)接触。例如,在一些情况下,作为热管理系统118的部件 被包括的冷却板的导电(例如,铝)表面会接触正在被冷却的一个或更多 个线圈的导电材料,以引起线圈短路。一些实施方式对系统(例如,磁体 112)进行测试以确定是否存在短路,并且如果存在短路,则可以向用户 提供系统不可操作 并且需要维修的警报。短路可以通过监测由于给一个或 更多个部件供电而导致的电流-电压(IV)曲线以评估IV曲线是否如预期 的那样响应或通过使用任何其他合适的技术来检测。

[0061] 根据一些实施方式,系统检测断路。例如,许多因素会导致磁体112 (或任何其他

系统电路) 断路, 从而不允许电流流动。断路可以由热循环 和/或在系统的使用期间例如通过使电连接分离或通过使部件变松动(例如, 用于连接低场MRI系统100的部件的螺栓或螺钉移位) 导致。例如, 磁体的热循环会促使磁体组件中的螺栓/螺钉松动, 这会导致磁体断路。一些实施方式测试磁体112以确定其是否断路(例如, 通过观察施加电压 是否吸取电流), 以及如果断路, 则可以向用户提供磁体不可操作并且需 要维修的警报。

[0062] 根据一些实施方式可以执行的其他常规系统检查包括确定电源112 的稳定性。发明人已经认识到, 在一些实现中, 电源112可能在稳定性的 边缘附近操作, 并且该范围之外的小偏差会导致电源变得不稳定和振荡。电源112还会由于其他原因而振荡, 包括但不限于电源内部的电路故障。电源的稳定性可以以任何合适的方式来确定, 包括但不限于测量从电源汲 取的电流, 以确保正在汲取的电流符合预期。

[0063] 发明人已经认识到, 用于为低场MRI系统100供电的电源的质量会 根据低场MRI系统被部署在其中的环境而变化。例如, 在现场操作的低 场MRI系统可以由例如发电机供电, 这会存在当使用医院中的标准电源 插座为低场MRI系统供电时不存在的电源挑战。作为另一示例, 电源质 量可以随着同一局部电网上的其他设备的操作而变化。作为又一示例, 部署在移动环境例如救护车中的低场MRI系统会需要经由电池和转换器来 供电。为了解决这些问题, 一些实施方式执行常规系统检查来以任何合适 的方式评估电源的特性, 以确定电源是否具有足够的质量来操作系统。

[0064] 作为另一个示例, 低场MRI系统可以被部署在电力连接装置(power hook-up) 的质量和/或标准可能未知的非标准环境中。为了解决这个问题, 一些实施方式包括在信任电源为系统供电之前检查电源插座的接线以确 定插座是否正确接线, 以避免电源损坏系统的部件。检查电源插座的接线 可以包括但不限于测量来自电源插座的电压, 测量由电源插座提供的电流 中的噪声电平, 和/或确定电源插座是否正确接线(例如, 火线(live)、零线(neutral) 和地线(ground) 都处于适当的值)。发明人已经认识到, 由一些电源(例如, 发电机或功率逆变器) 产生的电力会有噪声。如果确 定电源插座没有正确接线或具有不可接受的噪声电平, 则可以通知系统的 用户, 并且可以在给低场MRI系统通电之前查找替代电源。

[0065] 发明人已经认识到, 外部电磁噪声源会影响低场MRI系统在可以部 署该系统的各种环境中适当地操作的能力。返回到图3的过程, 在动作 314中, 对外部噪声源进行评估以确定是否可以通过修改低场MRI系统 的一个或更多个操作参数来适当地应对(一个或更多 个) 所检测到的噪声 源, 是否可以使用噪声补偿技术来补偿噪声源, 或者在存在一个或更 多个 所检测到的噪声源的情况下低场MRI系统是否将不能适当地操作, 在这 种情况下, 低场MRI系统应当警告操作者应当将系统移动到受噪声影响 较小的另一位置。

[0066] 根据一些实施方式, 可以检测和/或监测环境条件(包括但不限于外 部温度漂移和/或系统温度漂移), 以及可以修改由低场MRI系统使用进 行成像的一个或更多个脉冲序列的载波频率(拉莫尔频率), 以补偿环境 条件的变化。除了脉冲序列参数之外, 可以另外地或替代地调整或修改低 场MRI系统的多个方面以补偿环境条件的变化。例如, 还可以至少部分 地基于所检测到的环境条件来确定梯度电流或匀场电流。

[0067] 根据一些实施方式使用的一些低场MRI系统可以包括被配置成检测 并且至少部分地补偿外部噪声源的噪声消除系统。例如, 可以通过提供辅 助接收通道以检测环境射频干扰(RFI) 来执行噪声消除。例如, 一个或 更多个接收线圈可以位于B₀场的视场附近而不

是外部,以对RFI进行采样,而不检测由正被成像的对象发射的MR信号。可以从被定位成检测所发射的MR信号的一个或多个接收线圈接收的信号中减去由一个或多个辅助接收线圈采样的RFI。这样的布置具有动态处理和抑制RFI的能力,以便于提供通常可运输式和/或可载运式低场MRI系统,其有可能取决于低场MRI系统在其中操作的环境而经受不同的和/或变化的RFI水平。在以下申请中描述了可以与低场MRI系统一起使用的合适的噪声消除技术的一些示例:2015年9月4日提交的题目为“Noise Suppression Methods and Apparatus”的以代理人案号00354.70001US01共同提交的美国申请,其全部内容通过引用被合并到本文中。

[0068] 一些实施方式可以使用多通道接收线圈阵列来检测和补偿噪声源,所述多通道接收线圈阵列被配置成检测所接收的信号的空间位置是位于阵列内部还是位于阵列外部。被确定为来自阵列外部的信号可以被认为是噪声,并且可以从被确定为来自阵列内部的信号中减去。根据一些实施方式的噪声消除技术包括采用多通道接收线圈阵列和用于执行噪声消除的一个或多个辅助线圈两者。

[0069] 作为另一示例,噪声消除系统可以检测是否存在产生将影响低场MRI系统的操作的电磁噪声的附近设备,这将使得低场MRI系统的操作者能够确定是否可以在操作之前拔下或移除该噪声设备和/或可以使用各种噪声消除技术中的任一种来补偿由所检测到的噪声设备引入的噪声。外部噪声可能来自几种不同类型的源,这些源干扰低场MRI系统产生可接受质量的图像的能力。例如,低场MRI系统可以检测特定频带中的噪声,并且将低场MRI系统配置成在不同的频率范围内操作以避免干扰。作为另一示例,低场MRI系统可以检测到足够多的噪声,使得系统不能避免和/或充分抑制噪声。例如,如果低场MRI系统被部署在AM广播站附近,则可以确定噪声消除系统不能够消除广播噪声,并且可以通知低场MRI系统的用户应当将该系统移动到远离AM广播站的另一位置,以确保低场MRI系统的正确操作。

[0070] 发明人已经认识到,能够促使降低低场MRI系统的性能的外部信号可以包括通常不被认为是传统噪声源的信号。例如,在正被配置的给定低场MRI系统附近操作的其他低场MRI系统也可以产生会干扰和负面地影响低场MRI系统的性能的信号。根据一些实施方式,低场MRI系统被配置成检测足够接近于干扰操作的其他系统,并且可以与任何这样的系统进行通信以避免彼此相互干扰。例如,多个低场MRI系统可以被配置成使用网络协议(例如,蓝牙、WiFi等)进行彼此通信,以及可以通过使用联网协议尝试自动连接至范围内的其他低场MRI系统来识别在正被配置的低场MRI系统附近操作的其他低场MRI系统。

[0071] 高场MRI系统被部署在专门屏蔽的房间中以防止电磁干扰影响MRI系统的操作。因此,高场MRI系统也与外部通信隔离。此外,由于高强度,电子设备通常不能在与MRI系统的B₀磁体相同的房间中操作。另一方面,低场MRI系统可以被配置成通常便携的并且在除了专门屏蔽的房间之外的位置操作。因此,低场MRI系统可以以高场MRI系统不能的方式通信上耦接至其他设备,包括其他低场MRI系统,从而实现多个益处,将在下面进一步详细论述其中的一些益处。

[0072] 图5示出了一个或多个低场MRI系统可以在其中操作的联网环境500。例如,多个低场MRI系统可以被部署在诊所或医院的不同房间中,或者可以被部署在远距离定位的不同设施中。系统可以被配置成经由网络进行通信以识别其他系统的存在,并且自动配置

一个或多个低场MRI系统的操作条件具有检测能力以减少系统之间的干扰。如图所示,联网环境500包括第一低场MRI系统510、第二低场MRI系统520和第三低场MRI系统530。低场MRI系统中的每一个被配置有检测能力以经由网络或使用任何其他合适的机制(例如,经由设备到设备通信、检测到另一低场MRI系统为噪声源等)发现其他低场MRI系统的存在。

[0073] 在一些实施方式中,低场MRI系统可以被配置成通过与其他正操作的低场MRI系统直接通信来自动检测另一正在操作的低场MRI系统的存在。例如,低场MRI系统可以被配置成使用短距离无线协议(例如,蓝牙、WiFi、Zigbee)彼此进行通信,并且在启动时,低场MRI系统可以尝试使用短距离无线协议发现是否存在任何其他低场MRI系统正在附近操作。

[0074] 在一些实施方式中,低场MRI系统可以被配置成使用间接技术(即,通过不直接与另一低场MRI系统通信)例如通过与被配置成跟踪连接至网络的系统的位置的中央计算机、服务器(例如,服务器585)或中间设备通信来自动检测另一正在操作的低场MRI系统的存在。可以使用任何合适的间接技术。例如,在一些实施方式中,在操作期间,在启动时和/或在启动之后的某个时间,低场MRI系统可以经由网络540将一个或多个消息发送至数据库550以将其自身注册在数据库中。低场MRI系统在数据库550中的注册可以包括提供用于存储在数据库中的任何合适的信息,包括但不限于低场MRI系统的标识符、系统的操作频率(例如,拉莫尔频率)、系统的位置以及系统是活跃的还是处于待机模式的指示。

[0075] 当低场MRI系统首次启动时,当低场MRI系统改变其操作状态(例如,从活动模式转变成待机模式)时,当系统改变一个或多个参数(例如,操作频率)时等,可以更新存储在数据库550中的信息。在启动时和/或在启动之后的某个时间,低场MRI系统可以向与数据库相关联的计算机(例如,服务器585)发送查询,以确定另外的低场MRI系统是否正在附近操作并且获得关于任何所检测到的低场MRI系统的信息。查询可以包括使得能够搜索数据库550的任何合适的信息,包括但不限于发出查询的低场MRI系统的标识符和低场MRI系统的位置。低场MRI系统可以随后直接或经由计算机与其他附近系统协商,以建立操作参数,使得系统互不干扰。

[0076] 在其他实施方式中,可以通过测量MR数据来完成检测其他附近低场MRI系统的存在。例如,可以对响应于RF脉冲所检测到的信号进行分析,以识别信号中的噪声的存在,其表征附近低场MRI系统的存在。这样的实施方式不要求多个低场MRI系统之间的联网(直接或间接)通信。然而,检测过程需要数据采集和数据分析,这会延迟识别附近系统。

[0077] 发明人已经认识到,在其中多个低场MRI系统很靠近地正在操作的实现中,这些系统可以被配置成减少系统之间的干扰或减少任何其他噪声源(例如,AM无线电台)对低场MRI系统的性能的影响。例如,可以调整第一低场MRI系统的B₀场以将该系统的拉莫尔频率移离附近正操作的第二低场MRI系统的拉莫尔频率或移离在其中检测到噪声的任何其他频率范围。可以通过在多个低场MRI系统之间直接协商或通过负责解决系统之间的冲突的中央服务器通信来建立要使用的适当的操作频率和/或场强(或任何其他合适的配置参数)。例如,与数据库550相关联的计算机可以负责将操作配置参数分配给位于附近的低场MRI系统。

[0078] 发明人已经认识到,多个低场MRI系统也可以受益于使用一个或多个网络通过共享信息彼此连接,所述信息包括但不限于脉冲序列、波形表、脉冲定时调度或任何其他

合适的信息。在一些实施方式中,可以通过系统的时间分割操作来管理多个低场MRI系统之间的潜在冲突,以减少系统之间的干扰影响。例如,可以在至少两个低场MRI系统之间建立时间共享布置,以交替地或以其他方式协调脉冲序列,使得适当地交错发射和/或接收周期以减少系统之间的干扰。

[0079] 如所示,联网环境还可以包括一个或更多个图片存档和通信系统(PACS)560,并且低场MRI系统可以被配置成自动检测并连接至PACS 560,以使得能够存储用低场MRI系统捕获的图像,获得由PACS 560存储的一个或更多个图像(或来自一个或更多个图像的信息),或者以其他方式利用其中所存储的信息。联网环境还可以包括能够协调连接至网络的低场MRI系统的活动和/或这些系统之间的活动的服务器585。服务器585还可以用于向低场MRI系统提供数据例如磁共振指纹识别数据,以便利用MR指纹来实现MRI。服务器585还可以在其他方面操作为信息资源。

[0080] 返回到图3中所示的过程,在动作316中,检查低场MRI系统的机械配置。例如,低场MRI系统的机械部件中的一个或更多个可以包括微动开关、传感器或用于确定一个或更多个机械部件是否在正确的位置的任何其他合适的设备。可以采用措施以确保它们正确接合的低场MRI系统的机械部件的示例包括但不限于一个或更多个RF线圈(例如,头部线圈)、在成像期间其上放置患者的床体或桌子、以及当实现为便携式系统时用于低场MRI系统的断开设备。

[0081] 根据一些实施方式,图2中所示的示例性系统可以包括以下部件:该部件使得不同类型的发射/接收线圈能够被咬合到适当位置例如到被配置成对解剖结构的不同部分成像的发射/接收线圈。以这种方式,针对解剖结构的特定部分构造的头部线圈、胸部线圈、臂线圈、腿部线圈或任何其他线圈可以被咬合到系统中以执行相应的成像操作。与可互换线圈连接(例如,卡入到位)的接口可以包括用于检测线圈何时被正确附接的机构,并且该信息可以被传送给系统的操作者。可替代地或另外地,发射/接收线圈可以被配置有能够检测线圈何时被正确定位并耦接至系统(例如,卡入到位)的任何合适类型的传感器。根据一些实施方式,如下面进一步详细论述的,各种发射/接收线圈可以包括存储关于线圈的信息(包括例如线圈类型、操作要求、视场、通道数目中的任何一个或组合)和/或可以对系统有用的任何其他信息的存储装置和/或微控制器。发射/接收线圈可以被配置成当正确附接至系统时自动向系统提供信息(例如,广播信息),和/或发射/接收线圈可以被配置成响应于来自系统的查询提供任何所请求的信息。可以检查任何其他部件以确保正确地进行所有相关的机械连接,因为这些方面在这个方面不受限制。

[0082] 根据一些实施方式,系统可以基于连接至系统的发射/接收线圈的类型自动选择扫描协议。例如,如果检测到头部线圈被连接,则系统可以自动选择合适的头部成像协议。该系统可以提供可用的头部成像协议的列表,然后将其呈现给用户以供选择。可替代地,如果系统具有另外的信息(例如,从与患者相关联的RFID标签获得的信息,将在下面进一步详细论述)或来自患者调度系统的信息,则系统可以选择特定头部成像协议并设置系统执行相应的成像过程(例如,检查中风的成像过程)。类似地,当呈现多个协议并且用户从选项中选择时,系统可以设置系统以执行相应的成像过程。作为示例,系统可以获得(例如,加载或创建)(一个或更多个)适当的脉冲序列,选择适当的对比度类型,选择适当的视场,准备采集一个或更多个侦察图像等。应当理解,无论检测到什么类型的发射/接收线

圈,系统都可以呈现可用的协议和/或准备和设置系统以执行所选择的或自动识别的扫描协议。

[0083] 根据一些实施方式,系统可以基于系统的一个或多个部件的位置自动选择扫描协议。例如,系统可以检测患者支架(例如,床体、桌子或椅子)的位置,并自动选择合适的成像协议或呈现适合于患者支架的当前位置的可用成像协议的列表,和/或设置系统以执行适当的成像过程。应当理解,可以基于检测系统的其他部件的位置和/或配置来执行自动选择(一个或多个)适当的成像协议和/或执行其他自动设置活动,因为这些方面在这个方面不受限制。

[0084] 在动作318中,可以执行RF线圈的自动调谐。一些实施方式可以包括用于自动检测所连接的RF线圈的类型的功能,并且可以至少部分地基于检测到的所连接的RF线圈的特定类型的信息来执行RF线圈的自动调谐。其他实现可以不包括用于自动检测所连接的RF线圈的类型的功能,并且可以至少部分地基于关于当前连接的线圈的类型的手动输入的信息来执行RF线圈的自动调谐。

[0085] 可以以任何合适的方式实现对所连接的RF线圈的类型的自动检测。例如,所连接的RF线圈的类型可以至少部分地基于线圈的连接中的接线。作为另一示例,可以包括使用线圈的配置信息编程的可编程存储装置(例如,EPR0M)作为线圈的一部分,并且当连接线圈时或在连接线圈之后的某个其他时间,配置信息可以被下载至低场MRI系统。配置信息可以包括识别RF线圈的信息和任何其他合适的信息,以便于RF线圈的配置和/或校准。例如,如上所述,关于线圈的视场(F0V)的信息、线圈的频率范围、线圈的功率缩放、线圈的校准数据或任何其他合适的信息可以被存储在存储装置上,并且当被传送至低场MRI系统时,可以用于自动调谐RF线圈。作为又一示例,所连接的RF线圈可以包括将RF线圈识别为特定类型的RFID标签,并且可以由低场MRI系统至少部分地基于RFID标签识别线圈的类型。RFID标签可以存储和提供关于相应线圈的其他信息,例如,前面所描述的任何信息。应当理解,能够存储可主动地或被动地访问的信息的任何类型的设备可以被使用,因为这些方面在这个方面不受限制。

[0086] 可以至少部分地基于在配置过程期间收集的数据执行自动RF线圈配置的各个方面。例如,一些实施方式可以被配置成在成像之前通过执行测试定位器脉冲序列并分析MR响应来自动检测患者的视场和/或位置。为了加速配置过程,在一些实施方式中,如上所述,可以在磁体完全被加热之前执行这种定位器脉冲序列。然后,可以在磁体正在加热时对患者和/或低场MRI系统的部件进行适当的调整。然而,可以在磁体被加热之后施加这种脉冲序列,因为这种技术不限于用于任何特定的时间点。

[0087] 根据一些实施方式,通过获取低分辨率图像以找到对象的空间范围来确定视场和/或中心位置。可替代地,可以通过获取通过对象的信号投影来获得空间范围。可以基于检测对象位于视场内的何处来对系统进行调整,或者如果对象在视场之外达到不能被调整或补偿的程度,则可以提供警告消息。可以使用视场和/或中心位置来获得一个或多个快速侦察图像。该侦察图像可以以多种方式使用以便于成像过程。例如,用户可以通过在扫描图像的期望部分上拖动框或者以其他方式注释侦察图像以指示执行图像采集的期望区域来选择扫描体积。可替代地,用户可以放大或缩小(例如,使用缩放工具、使用触摸屏上的手势等)来选择执行较高或全分辨率扫描的扫描体积。根据一些实施方式,可以显

示侦察图像,其中一个或多个接收线圈的位置被叠加在图像上。该信息可以用于确定患者是否位于视场内以令人满意地对解剖结构的目标部分进行成像。

[0088] 根据一些实施方式,可以使用其他技术,例如使用一个或多个光学摄像机来确定空间范围。从一个或多个光学摄像机获得的信息可以用于评估患者位于何处以及患者是否以适于成像的方式被安置。

[0089] 返回到图3的过程,在动作320中,执行自动匀场。如上所述,与本文所描述的技术一起使用的一些低场MRI系统包括一个或多个匀场线圈,其可以被通电以调整 B_0 场来解决该场中的不均匀性。在包括匀场线圈的一些实施方式中,可以以类似的方式通过选择性地激活匀场线圈以改善 B_0 场的均匀性来执行 B_0 场的校准。根据一些实施方式,使用一个或多个传感器来确定系统特性(例如,磁场的均匀性、系统的稳定性)和/或环境噪声的特性,并且来自传感器的信息可以用于通过调整磁体的操作参数(包括但不限于调整 B_0 磁体、选择一个或多个匀场线圈来操作和/或选择一个或多个匀场线圈的操作参数)对磁场进行调谐。

[0090] 在一些实施方式中,仅在磁体已经完全加热之后才执行自动匀场。在其他实施方式中,在加热过程期间执行自动匀场,以根据需要在磁体完全加热之前获取图像。可以使用预定序列或响应于 B_0 场的测量来执行自动匀场,因为本发明的方面在这个方面不受限制。另外,当低场MRI系统在使用中时,可以在启动时和/或以任何其他合适的间隔执行自动匀场。通过在操作期间周期性地或连续地使用自动匀场动态调整 B_0 场会便于在具有变化的特性、噪声电平的环境中和/或在磁体温度波动的情形下,或者在操作期间或者由于磁体未达到热平衡而获取质量较高的图像。

[0091] 根据一些实施方式,低场MRI系统可以包括:场传感器,其被布置成结合由低场MRI系统产生的磁场和/或环境中的磁场来获得局部磁场测量结果。这些磁场测量结果可以用于动态调整低场MRI系统的各种属性、特性和/或参数,以提高系统的性能。例如,空间分布的场传感器的网络可以被布置在空间中的已知位置处,以使得能够实时表征由低场MRI系统产生的磁场。传感器网络能够测量低场MRI系统的局部磁场以提供便于对系统进行任何数目的调整或修改的信息,将在下面进一步详细描述其中的一些示例。可以使用能够测量感兴趣的磁场的任何类型的传感器。由于与使用磁场测量结果有关的概念不限于提供传感器的类型、数目或方法,所以这样的传感器可以被集成在一个或多个层压板内,或者可以单独来提供。

[0092] 根据一些实施方式,由传感器网络提供的测量结果提供便于建立适当的匀场以提供具有期望的强度和均匀性的 B_0 场的信息。如上所述,任何期望数目的具有任何几何形状和布置的匀场线圈可以单独地或与其他磁性部件组合地集成在层压板中,使得匀场线圈的不同组合可以被选择性地操作和/或以期望的功率水平操作。因此,当低场MRI系统在特定环境中操作时,来自场传感器网络的测量结果可以用于表征由例如 B_0 磁体和/或梯度线圈产生的磁场,以确定应当选择匀场线圈的什么组合进行操作和/或以什么功率水平操作所选择的匀场线圈以影响磁场,使得低场MRI系统以期望的强度和均匀性产生 B_0 场。这种能力便于通常便携式系统、可运输式系统和/或可载运式系统的部署,因为可以针对使用该系统的给定位置进行 B_0 场校准。

[0093] 根据一些实施方式,来自场传感器网络的测量结果可以用于在系统的操作期间

执行动态匀场。例如,传感器网络可以测量在操作期间由低场 MRI 系统产生的磁场以提供以下信息,该信息可以用于动态调整(例如,连同操作该系统实时地、近似实时地或以其他方式)一个或更多个匀场线圈和/或操作不同组合的匀场线圈(例如,通过操作一个或更多个另外的匀场线圈或停止一个或更多个匀场线圈的操作),使得由低场MRI系统产生的磁场具有或更接近于具有期望的或预期的特性(例如,以期望的或更接近于期望的场强和均匀性产生所得到的 B_0 场)。来自场传感器网络的测量结果也可以用于通知操作者磁场质量(例如, B_0 场、梯度场等)不能满足期望的标准或度量。例如,如果正产生的 B_0 场不能满足关于场强和/或均匀性的某些要求,则应当警告操作者。

[0094] 根据一些实施方式,来自传感器网络的测量结果可以用于指导和/或校正从操作低场MRI扫描器获得的MR数据的重建和/或处理。具体地,由传感器网络获得的实际空间-时间磁场模式可以用作当根据所获取的MR数据重建图像时的知识。因此,即使在存在以其他方式对于获取数据和/或产生图像不令人满意的场不均匀性的情况下,也可以重建合适的图像。因此,使用场传感器数据来辅助图像重建的技术有助于在一些情形中获得改进的图像,并且使得能够在场强和/或均匀性退化的环境和/或情形中执行低场MRI。

[0095] 根据一些实施方式,场传感器网络可以用于测量和量化系统性能(例如,涡电流、系统延迟、定时等)和/或可以用于便于基于所测量的局部磁场等进行梯度波形设计。应当理解,从场传感器网络获得的测量结果可以以任何其他方式来使用,以便于执行低场MRI,因为这些方面在这个方面不受限制。在通常便携式系统、可运输式系统或可运载式系统中,部署MRI系统的环境可能通常是未知的、未屏蔽的并且通常不受控制。因此,表征由给定特定环境(磁性和其他)中的低场MRI系统产生的磁场的的能力促进在宽范围的环境和情形中部署这样的系统的能力,允许系统对于给定环境被优化。

[0096] 根据一些实施方式,如上所述,除了场传感器网络之外或者替代场传感器网络,还可以使用由低场MRI系统进行的一个或更多个测量结果。将由低场MRI系统进行的基于MR的测量结果的使用替换为由场传感器网络进行的测量结果可以简化低场MRI系统的设计,并且使得能够以降低成本生产低场MRI系统。

[0097] 在一些实施方式中,在确定系统准备好对患者进行成像之前,低场MRI系统可以向集中位置(例如,与数据库550相关联的一个或更多个联网连接的计算机)发送诊断信息。以这种方式,低场MRI系统可以连接至云,以在成像之前或在设置、配置和/或操作期间的任何时间交换信息。可以在集中位置处分析所发送的诊断信息,并且如果确定低场MRI系统正常工作,则可以将消息发送返回至系统以通知用户系统准备好成像。然而,如果响应于分析所传送的信息而检测到问题,则指示系统可能具有操作问题的信息可以被发送返回至系统。返回至低场MRI系统的信息可以采取任何形式,包括但不限于简单的准备好/未准备好指示,以及如果发现问题则所检测到的问题的详细分析。在一些实施方式中,被发送返回至低场MRI系统的信息仅指示低场MRI系统需要维修。

[0098] 根据一些实施方式,所提供的诊断信息可以包括安装在低场MRI系统上的软件的当前版本。根据该信息,可以作出MRI系统正使用软件的最新版本进行操作的确定。如果确定安装在低场MRI系统上的软件的当前版本不是最新的,则被发送返回至MRI系统的信息可以包括软件应当被更新的指示。在一些实施方式中,可以基于软件更新的重要性来限制操作低场MRI系统的能力。根据一些实施方式,可以从云连接的计算机下载软件的最新版

本,以在检测到系统未使用软件的最新版本和/或以其他方式使用旧的和/或过时的软件操作时动态地更新系统。

[0099] 一些实施方式可以被配置成通过启用控制台调整使用MRI序列生成具有期望质量和分辨率的图像的方式来提供MRI系统的动态配置。常规的MRI控制台通常通过用户使用预编程的MRI脉冲序列来进行操作,然后预编程的MRI脉冲序列用于获取MR数据,该MR数据被处理以重建一个或更多个图像。然后,医生可以解释所得到的一个或更多个图像。发明人已经认识到并意识到,使用预编程的MRI脉冲序列来操作MRI系统在产生期望质量的图像时可能不是有效的。因此,在一些实施方式中,用户可以指定要获取的图像的类型,并且控制台可以负责决定初始成像参数,可选地在扫描进行时更新参数以基于分析所接收到的MR数据来提供期望类型的图像。基于计算反馈动态调整成像参数有助于“按钮”MRI系统的开发,其中用户可以选择期望的图像或应用,并且MRI系统可以决定用于获取期望的图像的一组成像参数,其可以基于在获取期间获得的MR数据而被动态地优化。

[0100] 返回图3的过程,在动作322中,可以检测外部电子设备(例如,图5所示的外部电子设备585)。发明人已经认识到,低场MRI系统的使用允许患者、医疗从业者和其他人具有和使用靠近MRI系统的电子设备460,而没有出现当这样的设备位于靠近高场MRI系统时会出现的安全问题。一种这样的外部电子设备是可以在低场环境中安全使用的可穿戴电子设备(例如,智能手表、传感器、监视器等)。可穿戴电子设备可以存储和/或检测能够便于使用低场MRI系统采集图像的患者数据。因此,一些实施方式自动检测这样的电子设备的存在并将患者数据(例如,心率、呼吸频率、身高、体重、年龄、患者标识符等)下载到低场MRI系统以供在采集成像数据时使用。例如,患者数据可以用于选通或修改一个或更多个数据采集参数(例如,脉冲序列),以基于特定个体的患者特定数据来定制数据采集过程。

[0101] 患者数据还可以用于从一组可能的脉冲序列或操作参数中选择低场MRI系统的适当的脉冲序列或其他操作参数。可替代地,患者数据可以用于任何其他目的,以改善由低场MRI系统进行的成像。例如,从可穿戴电子设备接收的心率数据和/或呼吸速率数据可以用于减轻和/或校正由患者运动引起的运动伪影。另外,诸如心率或呼吸速率的生理数据可以用于为成像过程提供同步信息。可以使用任何合适的无线发现技术以任何合适的方式来检测可穿戴电子设备,无线发现技术的示例是已知的。

[0102] 可穿戴设备可以包括RFID标签,该RFID标签包括患者数据例如人口统计信息、关于患者的健康信息(例如,患者是否具有起搏器、植入物等)、关于患者的成像协议的信息等。该信息可以由系统使用以自动准备和/或设置系统以根据适当的协议执行成像。例如,系统可以执行一个或更多个检查以确保系统被适当地配置(例如,正确的发射/接收线圈被连接至系统,床体位于适当的位置等)用于期望的成像过程,可以选择适当的脉冲序列,自动配置系统的一个或更多个参数,准备获取一个或更多个侦察图像和/或自动执行任何其他合适的过程以准备根据期望的协议获取(一个或更多个)图像。从RFID标签获得的信息可以包括任何其他信息,包括但不限于造影剂类型、造影剂量等,所获取的图像的目的(例如,PACS、云、远程放射科医师、集中式服务器等)和/或有助于成像过程的任何其他信息。

[0103] 应当理解,上述信息中的任何一个可以由系统使用其他技术诸如扫描条形码或医院标签,或者在患者的移动设备(例如智能电话或可穿戴设备)上获得可用的信息来获

得,因为自动获得关于患者和/或期望的成像过程的信息不限于使用任何特定技术。例如,患者的移动设备(例如,智能电话、可穿戴设备等)可以包括健康信息、诊断信息或其他信息,其可以被访问和利用以获得可以通知自动设置成像协议和/或成像过程的方面的信息。

[0104] 发明人还认识到,一些外部电子设备(例如,移动计算设备)可以用于控制低场MRI系统的各种操作方面。例如,一些实施方式允许诸如智能电话或平板计算机的外部电子设备控制低场MRI系统的操作,而不是要求保健专业人员从专用控制台控制低场MRI系统。电子设备可以用控制指令(例如,使用控制应用)来编程,所述控制指令当在低场MRI系统的范围内时使得电子设备的用户能够控制系统的至少一些操作。因此,根据本文所描述的一些技术使用的一些低场MRI系统可以被配置成自动检测可以用于远程控制低场MRI系统的至少一些操作的外部电子设备的存在。另外,安装在外部电子设备上的一个或多个应用还可以包括使保健专业人员能够使用该设备访问和查看存储在PACS 560上的一个或多个图像的指令。

[0105] 如上所述,可以使用任何数目的本地设备或远程设备(包括用户的移动设备、远程放射科医师本地的计算机、系统处的本地计算机和/或集成计算机等)来控制成像过程。发明人已经认识到,无论使用什么设备,可以实现用户接口功能以便于检查过程。例如,在检查过程期间,可以经由一个或多个侦察图像或经由一个或多个较高分辨率图像来选择感兴趣的区域,并且可以自动执行附加扫描以获取与所选择的感兴趣区域相对应的附加图像。根据一些实施方式,为了帮助本地用户和/或远程放射科医师,可以显示先前获得的对象的图像和/或可以显示预期或健康的解剖结构/组织的参考图像。先前获得的图像可以用作比较以识别异常区域,监测患者的变化(例如,以确定治疗的功效),或者以其他方式提供诊断辅助。参考图像可以用于辅助识别异常解剖结构、异常组织和/或识别与参考图像表征的期望偏离的任何其他条件。

[0106] 发明人还理解的是,可以执行对所获得的图像的自动分析以检测各种事件、发生或条件。例如,可以检测一个或多个区域中的差的图像质量,并获得适当的脉冲序列以获取另外的图像数据来填充间隙,增加信噪比,和/或以其他方式获得更高质量的图像数据和/或改善所选择的区域中的图像质量。作为另一示例,可以对所获取的图像进行分析以检测何时在所获取的图像中没有充分捕获目标解剖结构,并且警告用户可能需要执行另外的成像。

[0107] 已经在初始系统启动期间配置低场MRI系统的上下文中首要描述了图3的上述配置操作。然而,应当理解,可以另外地或可替代地在低场MRI系统的操作期间自动执行配置操作中的一个或多个。作为示例,可以在系统操作期间使用温度传感器或者通过如上所述测量磁体的电压来监测磁体的温度。还可以在操作期间监测磁体电压/温度,以评估热管理系统的部件(例如,泵、风扇等)是否正常工作。另外,可以在低场MRI系统的操作期间直接监测热管理系统的的一个或多个部件,以确保低场MRI系统的部件如所期望地被适当地冷却。

[0108] 为了降低低场MRI系统在操作期间的功耗,在系统的控制台上执行的控制应用可以监视用户活动。当在特定时间量(例如,30分钟、1小时)内没有检测到用户活动时,低场MRI系统可以自动进入低功率模式,以减少部件上的功耗和/或操作负担(其会缩短设备的

有效寿命)。根据一些实施方式,低场MRI系统可以具有表示用户不活动的多种低功率模式,并且低场MRI系统可以在不同的低功率模式之间转变,而不是在没有检测到用户活动时完全关闭。例如,低场MRI系统可以被配置成具有三种低功率模式,每种低功率模式对应于将磁体保持在期望的功率和温度的不同状态。在短时间段(例如,30分钟)内检测到用户不活动时,磁体可以自动进入“轻”低功率模式,在该“轻”低功率模式下略微减小提供给磁体的电流以降低功耗。如果在较长时间段(例如,1小时)内检测到用户不活动,则磁体可以自动转变成“中”低功率模式,在该“中”低功率模式下进一步减小提供给磁体的电流以消耗更少的电力。如果在甚至更长时间段(例如,4小时)内检测到用户不活动,则磁体可以自动转变成“深”低功率模式,在该“深”低功率模式下甚至进一步减小提供给磁体的电流以消耗更少的电力资源。

[0109] 当磁体在不同的低功率模式下冷却时,可以相应地调节热管理系统的部件(例如,风扇、泵)。尽管上面描述了三种不同的低功率模式,但是应当理解,可以替代地使用任何合适数目的低功率模式(包括零或一个低功率模式)。此外,上面给出的时间段仅仅是示例性的,并且任何时间段可以用作触发转变成低功率模式的基础。此外,由于自动转变成低功率模式不限于任何特定类型的触发,因此可以监视系统的其他方面和/或使用其他事件来触发转变成低功率模式。

[0110] 根据一些实施方式,用户可以与控制应用交互以将磁体置于低功率模式,而不依赖于自动化过程(例如,对用户不活动的检测)。响应于用户活动的检测,例如经由控制台上的控制应用(例如,用户在控制台上忙于用户接口控制),经由与低场MRI系统通信的外部电子设备或以任何其他合适的方式接收控制指令,可以发起低场MRI系统从低功率模式恢复成正常操作。

[0111] 发明人已经认识到,如果 B_0 场的极性保持恒定,则低场MRI系统附近的环境中的对象可以随着时间被磁化,并且环境中的对象的磁化会引起 B_0 场中的失真(例如,偏移),从而导致较差的图像质量。对环境对象进行消磁可以包括执行消磁过程,在消磁过程中对象的磁化被减少。一些实施方式涉及减少磁化源而不是处理其效应。例如,一些低场MRI系统可以被配置成偶尔(例如,每天一次)切换 B_0 场的极性,以防止周围环境中的对象的磁化。在周期性地切换 B_0 场的极性的实施方式中,上述自动匀场处理可以考虑 B_0 场的电流极性以进行精确的匀场。

[0112] 根据一些实施方式,铁磁部件用于增加 B_0 磁体的场强,而不需要额外的电力或使用减少的电力量产生相同的 B_0 场。这种铁磁部件会由于操作低场MRI系统而变得被磁化,并且可以相对快速地被磁化,从而以不希望的方式(即,不同于预期)干扰 B_0 场。因此,上述消磁技术(例如,切换 B_0 磁体的极性)可以用于防止铁磁部件的磁化不利地影响 B_0 场,从而不利地影响低场MRI系统的操作。如上所述,低场MRI有助于MRI系统的设计和开发,这在高场MRI、例如具有相对低成本、减小的占地面积和/或通常便携式或可运输式MRI系统的情况下通常是不可行的。

[0113] 由此描述了本公开内容中阐述的技术的若干方面和实施方式,应当理解,本领域技术人员将容易想到各种改变、修改和改进。这样的改变、修改和改进旨在处于本文描述的技术的精神和范围内。例如,本领域普通技术人员将容易地想到用于执行功能以及/或者获得结果和/或本文描述的一个或多个优点的各种其他装置和/或结构,并且每个这

样的变型和/或修改被认为在本文描述的实施方案的范围内。本领域技术人员将认识到或使用仅常规实验能够确定本文描述的具体实施方案的许多等同方案。因此，应当理解，前述实施方式仅以示例的方式给出，并且在所附权利要求及其等同方案的范围内，本发明实施方式可以以不同于具体描述的方式实施。此外，如果这样的特征、系统、制品、材料、装备和/或方法不相互矛盾，则本文描述的两种或更多种特征、系统、制品、材料、装备和/或方法的任意组合被包括在本公开内容的范围内。

[0114] 可以以许多方式中的任一种来实现上述实施方式。本公开内容的涉及过程或方法的执行的一个或多个方面和实施方式可以利用以下程序指令，所述程序指令可由装置（例如，计算机、处理器或其他设备）执行，以执行或控制过程或方法的执行。在这方面，各种发明构思可以体现为编码有一个或多个程序的计算机可读存储介质（或多个计算机可读存储介质）（例如，计算机存储器、一个或多个软盘、紧致盘、光盘、磁带、快闪存储器、现场可编程门阵列或其他半导体装置中的电路配置或其他有形计算机存储介质），所述一个或多个程序当在一个或多个计算机或其他处理器上执行时执行实现上述各种实施方式中的一个或多个实施方式的方法。计算机可读介质或媒介可以是可运输的，使得存储在其上的一个或多个程序可以加载到一个或多个不同的计算机或其他处理器上，以实现上述方面中的各种方面。在一些实施方式中，计算机可读介质可以是非暂态介质。

[0115] 本文中在一般意义上使用术语“程序”或“软件”，以指代如上所述的可以用于对计算机或其他处理器进行编程以实现各种方面的任何类型的计算机代码或计算机可执行指令集。另外，应当理解，根据一个方面，在被执行时执行本公开内容的方法的一个或多个计算机程序不需要驻留在单个计算机或处理器上，而是可以以模块化方式分布在多个不同的计算机或处理器之间以实现本公开内容的各个方面。

[0116] 计算机可执行指令可以呈由一个或多个计算机或其他装置执行的许多形式，例如程序模块。通常，程序模块包括执行特定任务或实现特定抽象数据类型的例程、程序、对象、部件、数据结构等。通常，在各种实施方式中，可以根据需要组合或分布程序模块的功能。

[0117] 此外，数据结构可以以任何合适的形式存储在计算机可读介质中。为了简化说明，数据结构可以被示为具有通过数据结构中的位置相关的字段。同样，可以通过为计算机可读介质中具有传达字段之间的关系的字段的字段分配存储来实现这样的关系。然而，可以使用任何合适的机制（包括通过使用指针、标签或在数据元素之间建立关系的其他机制）来建立数据结构的字段中的信息之间的关系。

[0118] 当在软件中实现时，软件代码可以在任何合适的处理器或处理器集合上执行，无论是设置在单个计算机中还是分布在多个计算机之间。

[0119] 此外，应当理解，作为非限制性示例，计算机可以以多种形式中的任何一种如机架安装式计算机、台式计算机、膝上型计算机或平板计算机来实现。另外，计算机可以嵌入在通常不被认为是计算机但具有适当处理能力的装置中，包括个人数字助理（PDA）、智能电话或任何其他合适的便携式或固定电子装置。

[0120] 此外，计算机可以具有一个或多个输入和输出装置。这些装置尤其可以用于呈现用户界面。可以用于提供用户接口的输出装置的示例包括：用于视觉呈现输出的打印机

或显示屏幕以及用于可听地呈现输出的扬声器或其他声音生成装置。可以用于用户接口的输入装置的示例包括键盘和 定点装置,如鼠标、触摸板和数字化平板电脑。作为另一示例,计算机可以通过语音识别或以其他可听格式接收输入信息。

[0121] 这样的计算机可以通过任何合适形式的一个或多个网络(包括局域网或广域网(如企业网络)以及智能网(IN)或因特网)互连。这样的网络可以基于任何合适的技术,并且可以根据任何合适的协议进行操作,并且可以包括无线网络、有线网络或光纤网络。

[0122] 此外,如所描述的,一些方面可以体现为一个或多个方法。作为方法的一部分执行的动作可以以任何合适的方式排序。因此,可以构造以与 所示的顺序不同的顺序执行动作的实施方式,其可以包括同时执行一些动作,即使在说明性实施方式中示出为顺序动作。

[0123] 如本文定义和使用的定义应当被理解为支配字典定义、通过引用 并入的文献中的定义和/或所定义术语的普通含义。

[0124] 除非清楚地相反指示,本文在说明书和权利要求书中使用的不定冠词“一(a)”和“一个(an)”应当被理解为表示“至少一个(at least one)”。

[0125] 如本文在说明书和权利要求书中使用的短语“和/或(and/or)”应当 被理解是指这样结合的元素中的“任一个或两个(either or both)”,即 在一些情况下结合地存在并且在其他情况下分离地存在的元素。用“和/ 或(and/or)”列出的多个元素应当以相同的方式解释,即,如此结合的元素中的“一个或多个(one or more)”。除了由“和/或(and/or)”子 句具体标识的元素之外,可以可选地存在其他元素,无论与具体标识的那些元素相关还是不相关。因此,作为非限制性示例,当结合开放式语言如“包括(comprising)”使用时,对“A和/或B(Aand/or B)”的引用在一个实施方式中可以指仅A(可选地包括除B之外的元素);在另一个实 施方式中指仅B(可选地包括除A之外的元素);在另一个实施方式中指 A和B(可选地包括其他元素)等。

[0126] 如本文在说明书和权利要求书中所使用的,关于一个或多个元素的 列表的短语“至少一个(at least one)”应当被理解为表示选自元素列表 中的任何一个或多个元素中的至少一个元素,但不一定包括在元素列表 中具体列出的每个和每一个元素中的至少一个,并且不排除元素列表中的 元素的任何组合。该定义还允许元素可以可选地存在,而不是短语“至少 一个(at least one)”所指的元素列表中具体标识的元素,无论与具体标 识的那些元素相关或不相关。因此,作为非限制性示例,“A和B中的至 少一个(at least one of Aand B)”(或等效地,“A或B中的至少一个(at least one of A or B)”或等效地, “A和/或B中的至少一个(at least one of Aand/or B)”)可以在一个实施方式中指:至少 一个、可选地包括多于一个、A、不存在B(并且可选地包括除B之外的元素);在另一个实施方 式中指:至少一个、可选地包括多于一个、B、不存在A(并且可选地包 括除A之外的元素);在又一个实施方式中指:至少一个、可选地包括多 于一个、A以及至少一个、可选地包 括多于一个、B(并且可选地包括其 他元素)等。

[0127] 此外,本文使用的措辞和术语是出于描述的目的,并且不应被认为是 限制性的。本文中使用的“包括(including)”、“包括(comprising)”或“具有(having)”、“含有 (containing)”、“涉及(involving)”及其变型 意味着包括其后列出的项及其等同物以及 另外的项目。

[0128] 在权利要求中以及在上述说明书中,所有过渡短语如“包括 (comprising)”、“包括 (including)”、“携带 (carrying)”、“具有 (having)”、“包含 (containing)”、“涉及 (involving)”、“保持 (holding)”“由…… 组成 (composed of)”等应被理解为开放式的,即意味着包括但不限于。仅过渡性短语“由……组成 (consisting of)”和“基本上由……组成 (consisting essentially of)”分别是封闭或半封闭的过渡短语。

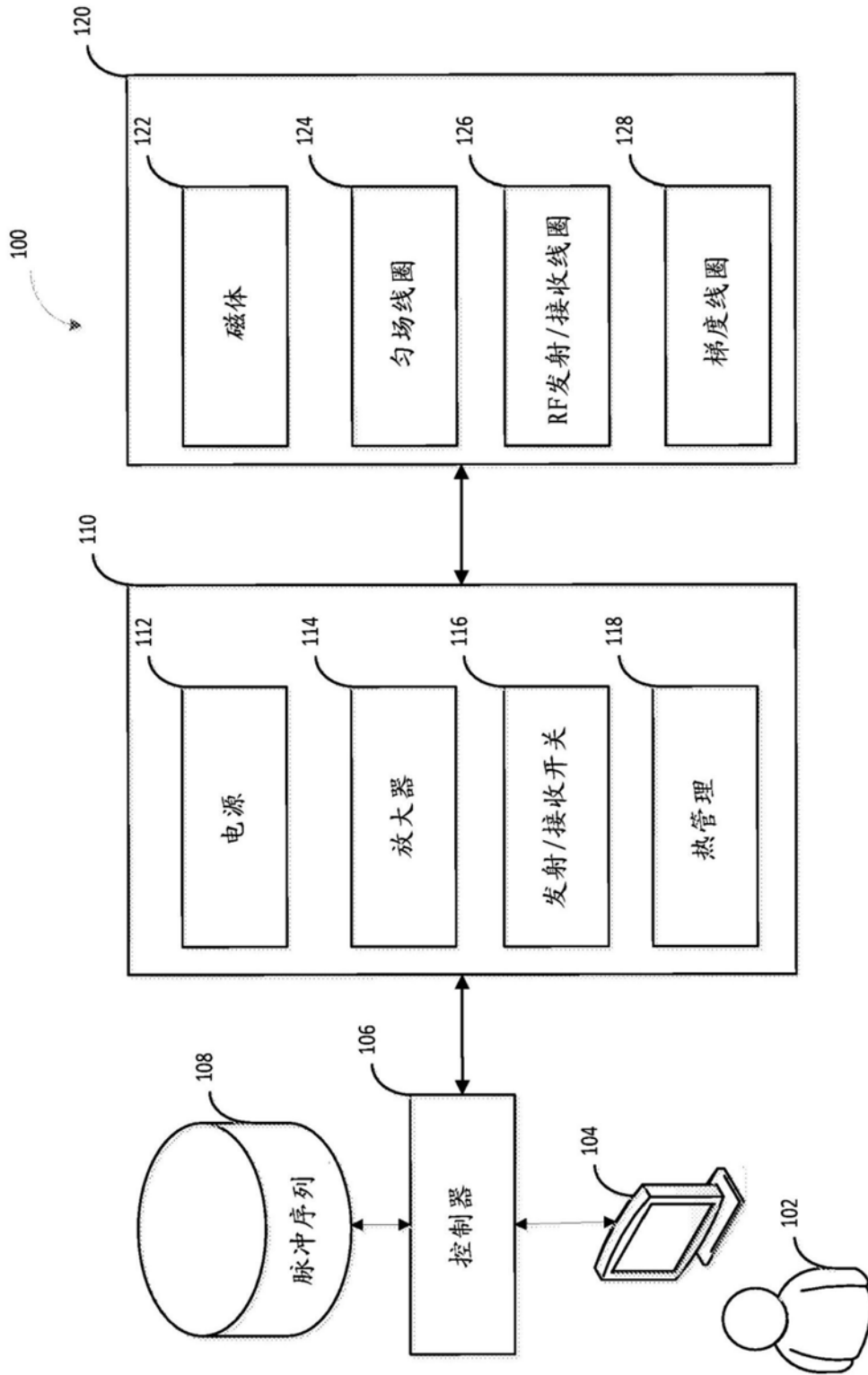


图1

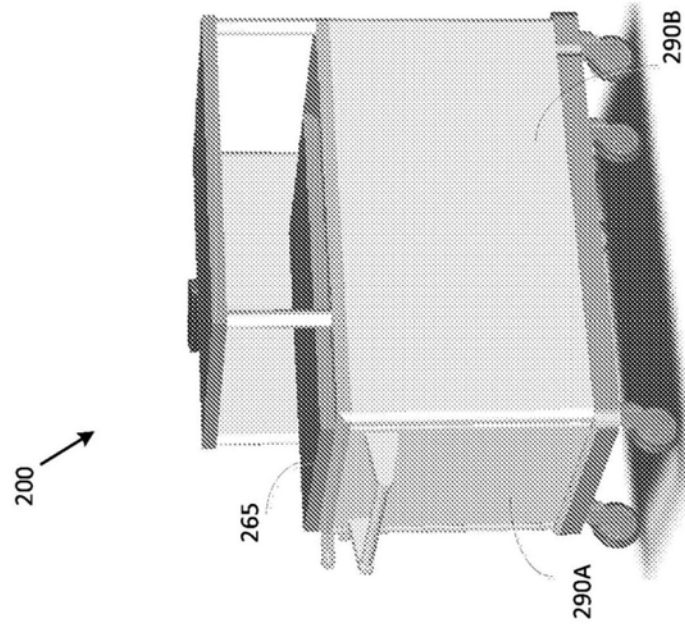


图2A

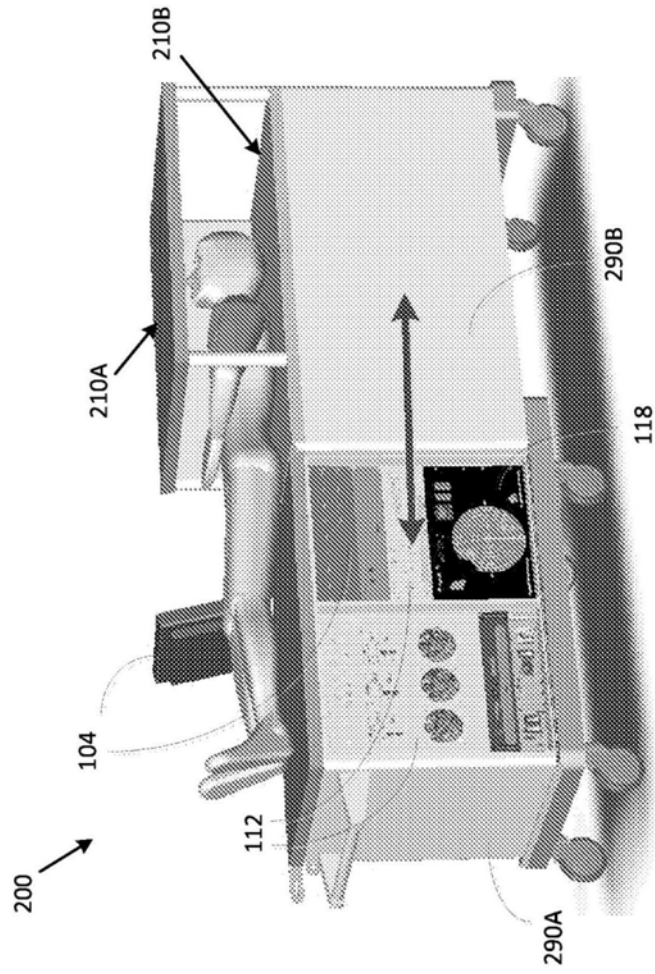


图2B

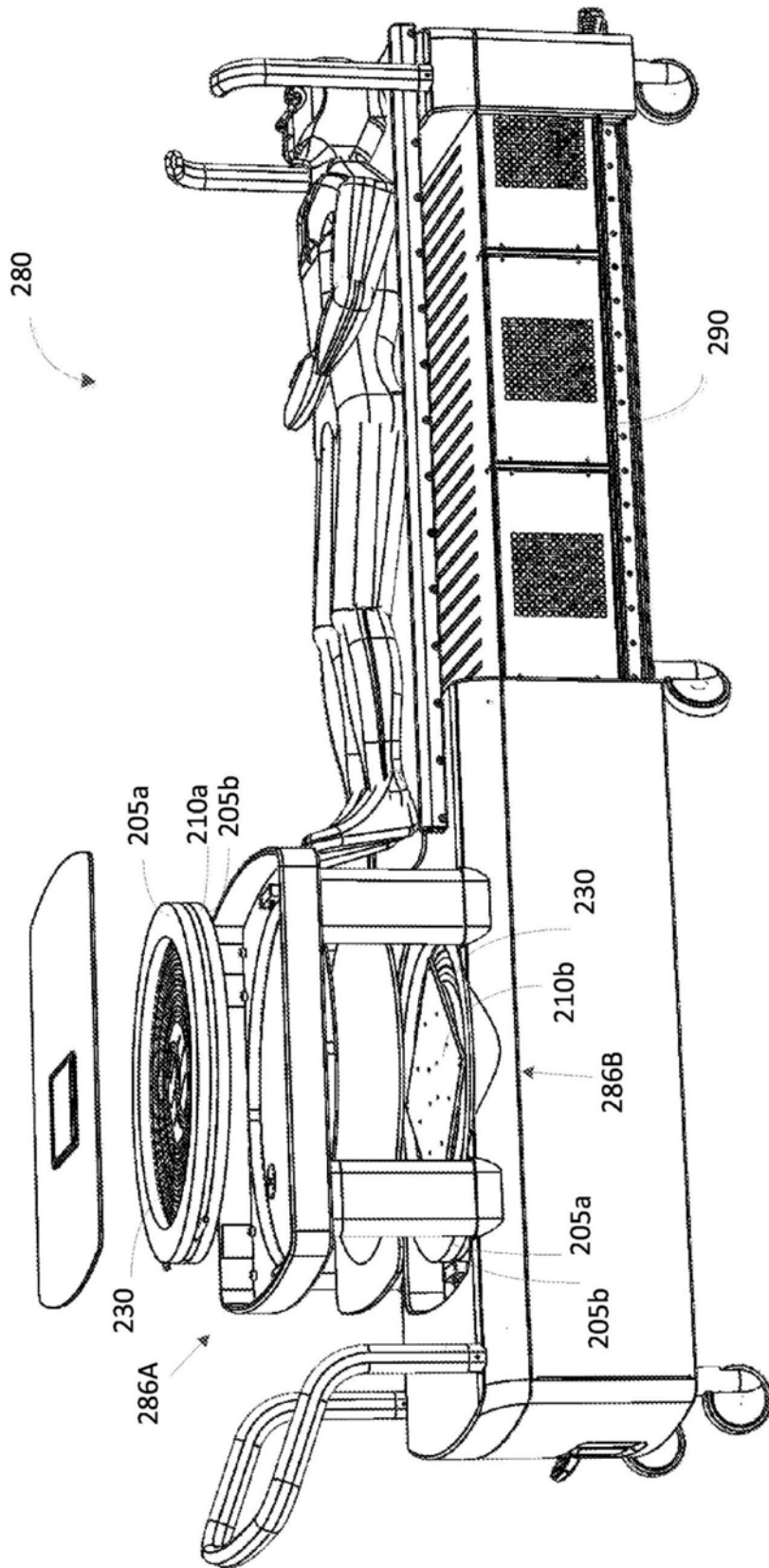


图2D

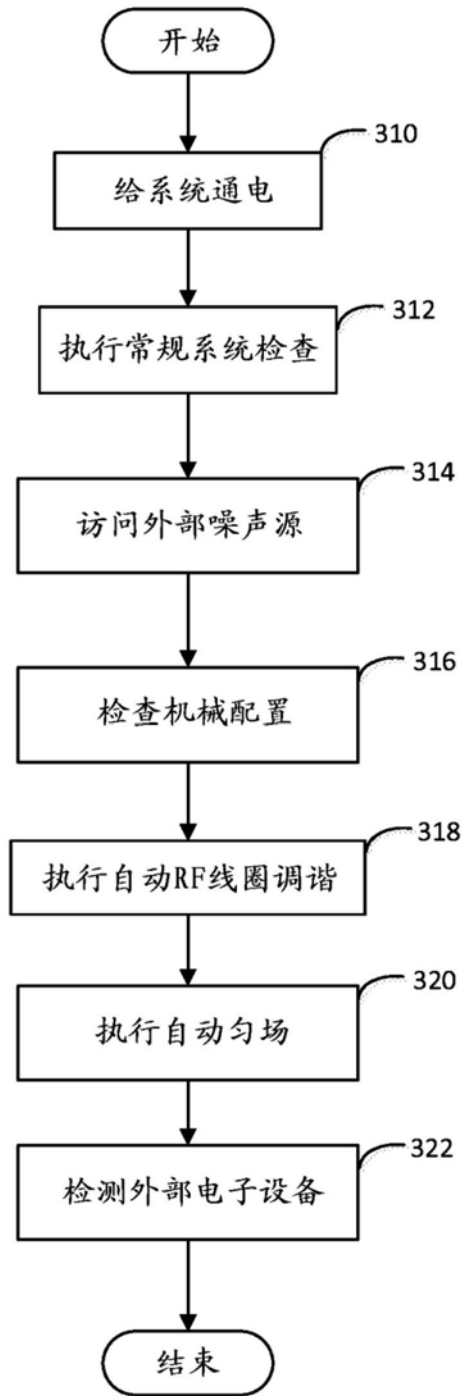


图3

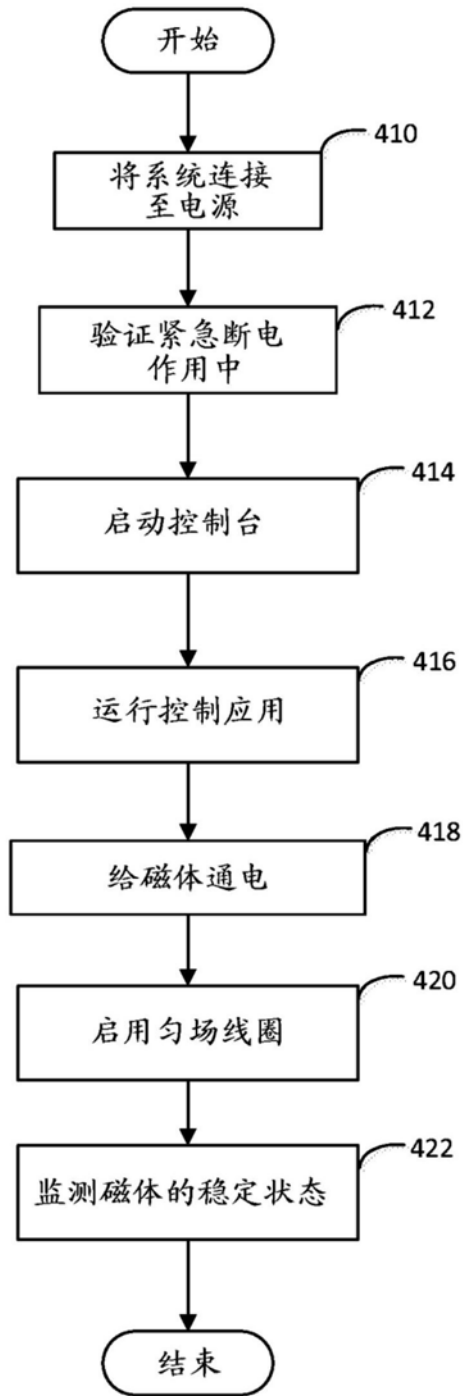


图4

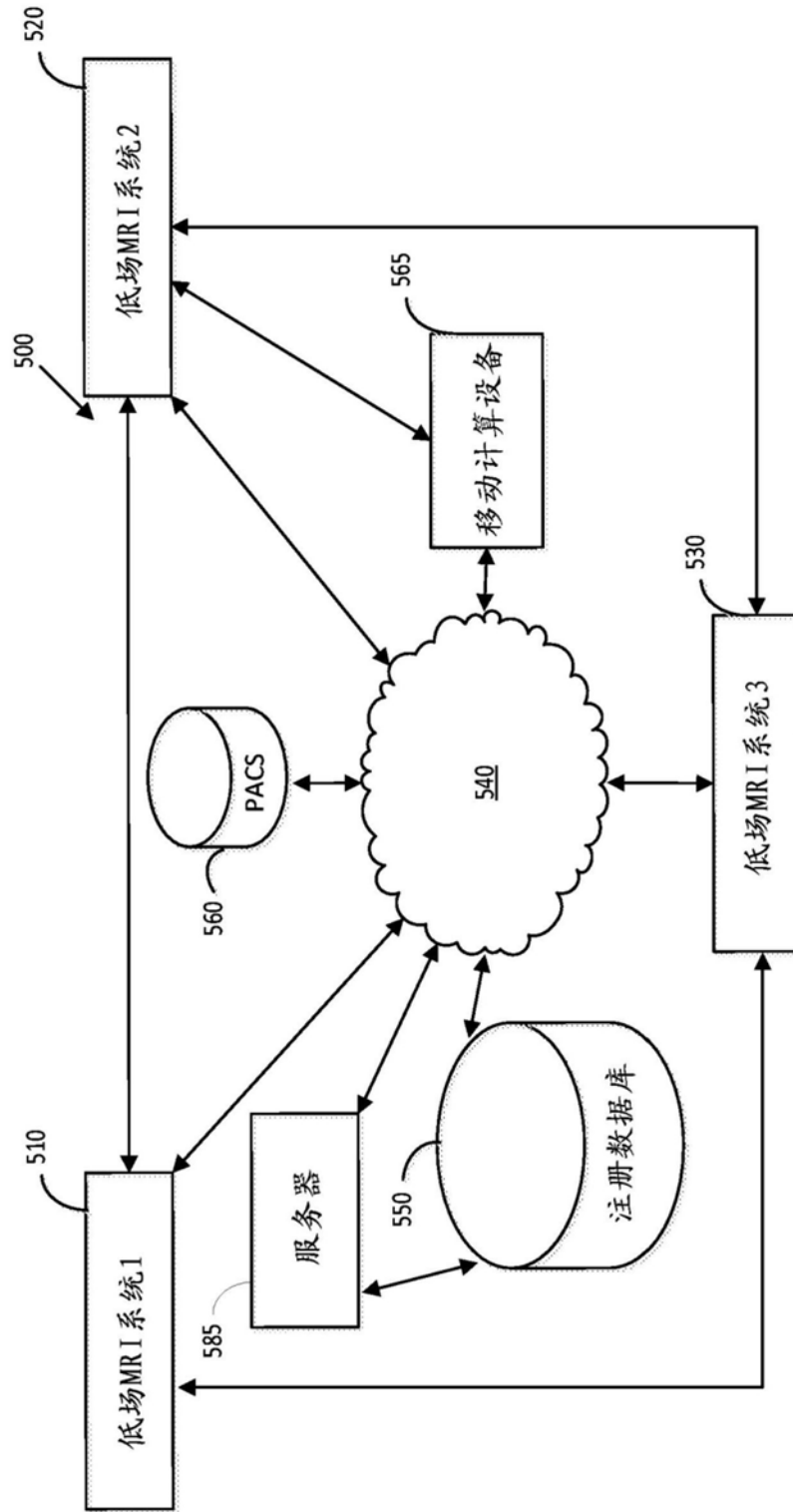


图5