

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2023 年 5 月 25 日 (25.05.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/087465 A1

(51) 国际专利分类号:
G01R 33/385 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/138523

(22) 国际申请日: 2021 年 12 月 15 日 (15.12.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202111357763.8 2021 年 11 月 16 日 (16.11.2021) CN

(71) 申请人: 中国科学院深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: 郑海荣 (ZHENG, Hairong); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 陈巧燕 (CHEN, Qiaoyan); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 李烨 (LI, Ye); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 罗超 (LUO, Chao); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 刘新 (LIU, Xin); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 北京中巡通大知识产权代理有限公司 (BEIJING ZHONG XUN TONG DA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国北京市西城区榆树馆胡同东口 1 层 106, Beijing 100195 (CN)。

(54) Title: SHIMMING METHOD AND APPARATUS, ELECTRONIC DEVICE, AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 一种匀场方法、装置、电子设备及存储介质

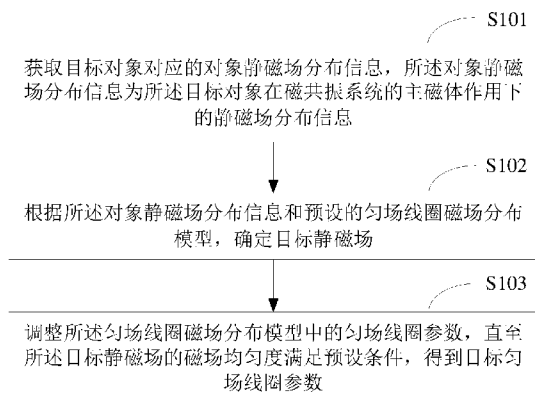


图 1

- S101 Acquire object static magnetic field distribution information corresponding to a target object, the object static magnetic field distribution information being static magnetic field distribution information of the target object under the action of a main magnet of a magnetic resonance system
- S102 Determine a target static magnetic field according to the object static magnetic field distribution information and a preset shim coil magnetic field distribution model
- S103 Adjust a shim coil parameter in the shim coil magnetic field distribution model, until the magnetic field homogeneity of the target static magnetic field meets a preset condition, to obtain a target shim coil parameter

(57) Abstract: A shimming method and apparatus, an electronic device, and a storage medium, applicable to the technical field of electromagnetics. The method comprises: acquiring object static magnetic field distribution information corresponding to a target object, the object static magnetic field distribution information being static magnetic field distribution information of the target object under the action of a main magnet of a magnetic resonance system (S101); determining a target static magnetic field according to the object static magnetic field distribution information and a preset shim coil magnetic field distribution model (S102); and adjusting a shim coil parameter in the shim coil magnetic field distribution model, until the magnetic field homogeneity of the target static magnetic field meets a preset condition, to obtain a target shim coil parameter (S103). According to the method, the target shim coil parameter for achieving the shim effect of the magnetic resonance system can be accurately determined, so that the homogeneity of magnetic field distribution is ensured, thereby improving the magnetic resonance imaging effect.

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种匀场方法、装置、电子设备及存储介质, 适用于电磁技术领域, 所述方法包括: 获取目标对象对应的对象静磁场分布信息, 所述对象静磁场分布信息为所述目标对象在磁共振系统的主磁体作用下的静磁场分布信息(S101); 根据所述对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型, 确定目标静磁场(S102); 调整所述匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数, 直至所述目标静磁场的磁场均匀度满足预设条件, 得到目标匀场线圈参数(S103)。所述方法能够准确地确定实现磁共振系统的匀场效果的目标匀场线圈参数, 保证磁场分布的均匀性, 提高磁共振成像效果。

一种匀场方法、装置、电子设备及存储介质

技术领域

5 本申请属于电磁技术领域，尤其涉及一种匀场方法、装置、电子设备及存储介质。

背景技术

当生物体通过磁共振系统进行图像采集时，由于生物体不同组织之间存在
10 磁化率差异，导致组织的交界处产生局部非均匀磁场，从而导致采集到的图像存在图像伪影的缺陷。通常，可以通过在磁共振系统中增加额外的匀场线圈来降低磁场的非均匀性，从而提高图像的质量。

然而，目前的匀场线圈的性能不够优化，导致在磁共振系统中成像的生物体仍存在磁场分布不均匀的问题。

15

发明内容

有鉴于此，本申请实施例提供了一种匀场方法、装置、电子设备及存储介质，以解决现有技术磁共振系统中成像的生物体磁场分布不均匀的问题。

本申请实施例的第一方面提供了一种匀场方法，包括：

20 获取目标对象对应的对象静磁场分布信息，所述对象静磁场分布信息为所述目标对象在磁共振系统的主磁体作用下的静磁场分布信息；

根据所述对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型，确定目标静磁场；

调整所述匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数，直至所述目标静磁场的
25 磁场均匀度满足预设条件，得到目标匀场线圈参数。

可选地，所述匀场线圈参数包括匀场线圈的通道数、尺寸大小、空间位置、

电流大小、匝数中的任意一项或者多项。

可选地，在所述获取目标对象对应的对象静磁场分布信息之前，还包括：
根据毕奥萨伐尔定律，确定所述匀场线圈磁场分布模型的磁场分布信息。

可选地，所述获取目标对象对应的对象静磁场分布信息，包括：

- 5 获取 n 个目标对象分别对应的对象静磁场分布信息，其中， n 为大于 1 的正整数；

对应地，所述根据所述对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型，确定目标静磁场，包括：

- 10 根据所述 n 个目标对象分别对应的所述对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型，确定目标静磁场。

可选地，所述匀场线圈磁场分布模型包括 m 个通道的匀场线圈单元， m 为大于 1 的正整数；所述根据所述 n 个目标对象分别对应的所述对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型，确定目标静磁场，包括：

利用目标函数 $F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (C_j b_j + B_i)$ ，确定目标静磁场；

- 15 其中， F 为所述目标静磁场的磁场分布信息， C_j 为所述匀场线圈磁场分布模型中第 j 个通道的匀场线圈单元的电流大小， b_j 为所述匀场线圈磁场分布模型中第 j 个通道的匀场线圈单元的磁场分布信息， B_i 为第 i 个所述目标对象的对象静磁场分布信息。

- 20 可选地，所述调整所述匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数，直至所述目标静磁场的磁场均匀度满足预设条件，得到目标匀场线圈参数，包括：

根据粒子群算法和所述目标函数，调整匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数，直至所述目标静磁场的磁场分布的标准差小于预设阈值或者直至所述粒子群算法的迭代次数到达预设次数，得到目标匀场线圈参数。

- 25 可选地，所述根据粒子群算法和所述目标函数，调整匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数，直至所述目标静磁场的磁场分布的标准差小于预设阈值或者直至所述粒子群算法的迭代次数到达预设次数，得到目标匀场线圈参数，

包括：

针对设置了不同通道数的各个匀场线圈磁场分布模型，分别根据粒子群算法和所述目标函数，调整所述匀场线圈磁场分布模型的子匀场线圈参数，直至所述粒子群算法的迭代次数到达预设次数，得到各个所述匀场线圈磁场分布模型
5 型分别对应的子目标匀场线圈参数；

根据各个所述匀场线圈磁场分布模型分别对应的子目标匀场线圈参数和所述目标函数，确定各个所述匀场线圈磁场分布模型分别对应的所述目标静磁场的磁场分布的标准差；

将所述目标静磁场的磁场分布的标准差最小的所述匀场线圈磁场分布模型
10 确定为目标匀场线圈磁场分布模型，并以所述目标匀场线圈磁场分布模型的通道数和子目标匀场线圈参数作为目标匀场线圈参数。

本申请实施例的第二方面提供了一种匀场装置，包括：

对象静磁场分布信息获取单元，用于获取目标对象对应的对象静磁场分布信息，所述对象静磁场分布信息为所述目标对象在磁共振系统的主磁体作用下
15 的静磁场分布信息；

目标静磁场确定单元，用于根据所述对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型，确定目标静磁场；

目标匀场线圈参数确定单元，用于调整所述匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数，直至所述目标静磁场的磁场均匀度满足预设条件，得到目标匀场
20 线圈参数。

本申请实施例的第三方面提供了一种电子设备，包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序，当所述处理器执行所述计算机程序时，使得电子设备实现如所述匀场方法的步骤。

本申请实施例的第四方面提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，当所述计算机程序被处理器执行时，使得电子设备实现如所述匀场方法的步骤。
25

本申请实施例的第五方面提供了一种计算机程序产品，当计算机程序产品在电子设备上运行时，使得电子设备执行上述第一方面中任一项所述的匀场方法。

本申请实施例与现有技术相比存在的有益效果是：本申请实施例中，获取目标对象在磁共振系统的主磁体作用下的静磁场分布信息，即对象静磁场分布信息，根据该对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型，确定目标静磁场；之后，调整该匀场线圈分布模型中的匀场线圈参数，使得该目标静磁场的磁场均匀度满足预设条件，得到目标匀场线圈参数。由于目标静磁场是基于目标对象的对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型而确定的，因此该目标静磁场可以表示磁共振系统处于叠加了匀场线圈且存在目标对象的工作状态时的静磁场；通过调整匀场线圈参数直至目标静磁场的磁场均匀度满足预设条件，能够得到满足匀场效果的目标匀场线圈参数，使得后续该磁共振系统在工作时能够基于该目标匀场线圈参数保证静磁场分布的均匀性，从而提高磁共振成像效果。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。

图 1 是本申请实施例提供的一种匀场方法的实现流程示意图；

图 2 是本申请实施例提供的一种匀场线圈的示意图；

图 3 是本申请实施例提供的一种不同结构的匀场线圈性能仿真匀场结果对比的示意图；

图 4 是本申请实施例提供的一种匀场装置的示意图；

图 5 是本申请实施例提供一种电子设备的示意图。

具体实施方式

以下描述中，为了说明而不是为了限定，提出了诸如特定系统结构、技术之

类的具体细节，以便透彻理解本申请实施例。然而，本领域的技术人员应当清楚，在没有这些具体细节的其它实施例中也可以实现本申请。在其它情况中，省略对众所周知的系统、装置、电路以及方法的详细说明，以免不必要的细节妨碍本申请的描述。

应当理解，当在本说明书和所附权利要求书中使用时，术语“包括”指示所描述特征、整体、步骤、操作、元素和/或组件的存在，但并不排除一个或多个其它特征、整体、步骤、操作、元素、组件和/或其集合的存在或添加。

为了说明本申请所述的技术方案，下面通过具体实施例来进行说明。

在磁共振系统中，通常可以通过增加匀场线圈来降低静磁场的非均匀性，从而提高磁共振系统的磁共振成像效果。然而，在磁共振系统中实际添加的匀场线圈的性能通常不是最优的，导致增加了匀场线圈后的磁共振系统仍存在磁场分布均匀的问题。

为了解决该技术问题，本申请实施例提供了一种匀场方法、装置、电子设备

及存储介质，通过目标对象的对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型，确定可以表示磁共振系统处于叠加了匀场线圈且存在待成像对象的工作状态时的静磁场（即目标静磁场）后，通过调整匀场线圈参数直至目标静磁场的磁场均匀度满足预设条件，能够得到满足匀场效果的目标匀场线圈参数，使得后续该磁共振系统在工作时能够基于该目标匀场线圈参数保证静磁场分布的均匀性，从而提高磁共振成像效果。

在磁共振系统中，匀场线圈通常包括三类：球谐函数匀场线圈、多匀场线圈和局部匀场线圈。其中，球谐函数匀场线圈通常需要增加阶数才能够实现较好的匀场效果。然而，增加球谐函数匀场线圈的阶数可能会带来一些其它的实际问题，例如有效利用空间缩小、线圈效率变差、需要额外考虑匀场线圈的冷却系统、需要增加功率放大器数目等，即球谐函数匀场线圈存在一定的缺陷。而多匀场线圈虽然相对于球谐函数匀场线圈来说，只需要通过多个简单的线圈

回路即可产生较为复杂的高阶磁场，获得较好的匀场能力，然而其通常会导致磁共振成像的信噪比降低，并且会对磁共振系统的射频接收线圈带来一定的影响，因此多匀场线圈也存在一些缺陷。而局部匀场线圈相对于球谐函数匀场线圈和多匀场线圈来说，能够在简单高效地实现磁场匀场的同时降低对射频接收线圈的干扰，即局部匀场线圈通常匀场性能较好。因此，在一个实施例中，磁共振系统中设置的匀场线圈具体为局部匀场线圈，即本申请实施例中的匀场线圈磁场分布模型具体为局部匀场线圈对应的磁场分布模型，匀场线圈参数具体为局部匀场线圈对应的参数。

实施例一：

图 1 示出了本申请实施例提供的一种匀场方法的流程示意图，该匀场方法应用于电子设备，详述如下：

在 S101 中，获取目标对象对应的对象静磁场分布信息，所述对象静磁场分布信息为所述目标对象在磁共振系统的主磁体作用下的静磁场分布信息。

磁共振系统为能够利用核磁共振原理实现磁共振成像的系统。其中，核磁共振成像，是利用射频电磁波对磁场中含有自旋不为零的原子核的物质进行激发，发生核磁共振，然后用感应线圈采集磁共振信号，经过数学方法进行处理建立数字图像的过程。本申请实施例的核磁共振系统可以包括用于提供静磁场的主磁体，用于提供梯度磁场的梯度线圈、用于激励氢原子并接收原子核恢复产生的磁共振信号的射频线圈。

本申请实施例中，目标对象为人体或者其它动物体对应的组织部位。例如人体大脑、老鼠大脑等组织部位。将该目标对象置于磁共振系统的磁共振成像区域中，在磁共振系统的主磁体处于通电工作状态时，获取当前该目标对象在磁共振系统的主磁体作用下磁共振成像区域的静磁场分布信息，得到目标对象对应的对象静磁场分布信息。

在一个实施例中，对象静磁场分布信息可以为通过二维多回波序列，即二维梯度回波（Gradient Recalled Echo, GRE）序列采集得到的 B0 磁场图像，该

B0 磁场图像的每个像素点的值表示磁场中对应位置的磁场强度。在一个实施例中，在目标对象放置于磁共振系统的磁共振成像区域，并设置磁共振系统中脉冲序列对应的回波数目、重复时间、脉冲翻转角度等参数后，对该目标对象进行 B0 磁场图像采集，获取各个回波分别对应的相位图后进行解缠绕，并用最小二乘法对各个相位图同一位置的像素点在回波时间上进行直线拟合，以拟合到的直线的斜率值作为该位置的 B0 磁场值；通过求得的磁共振成像区域中各个位置的 B0 磁场值，确定当前的 B0 磁场图像。示例性地，前述的回波数目可以为 5，脉冲序列的重复时间可以为 25~300 毫秒之间的数值，5 个回波时间可分别设置为 3.68 毫秒、6.12 毫秒、8.56 毫秒、11 毫秒、12.44 毫秒，脉冲翻转角度可以设置为 10 度。在一个实施例中，由于磁共振系统中，磁场强度与共振频率具有固定的对应关系，因此，上述的 B0 磁场值除了通过磁场强度表示外，还可以通过较为容易计算到的共振频率值来表示。示例性地，生物体磁化率差异导致的磁场强度的计算公式为 $\Delta B_0 = \frac{\Delta\phi}{\gamma \cdot \Delta TE}$ (其中， ΔB_0 表示生物体磁化率差异导致的磁场强度， $\Delta\phi$ 表示两个回波的相位差， γ 表示成像原子核的旋磁比， ΔTE 表示两个回波之间的时间差)，共振频率与该磁场强度的对应关系可以通过公式 $\Delta\omega_0 = \gamma \cdot \Delta B_0$ 表示 (其中， $\Delta\omega_0$ 表示核磁共振角频率)，通过这两个公式，可以确定共振频率值计算公式为 $\Delta f = \frac{\Delta\phi}{2\pi \cdot \Delta TE}$ (其中， Δf 表示生物体磁化率差异导致的偏移频率值)。通过该共振频率值计算公式可以计算得到生物体磁化率差异导致的偏移频率值，从而根据该偏移频率值生成生物体磁化率差异导致的 B0 磁场图像。

在 S102 中，根据所述对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型，确定目标静磁场。

本申请实施例中，预设的匀场线圈磁场分布模型为提前设定的参数可调的匀场线圈对应的磁场分布模型。将步骤 S101 获取到的对象静磁场分布信息与该匀场线圈磁场分布模型进行叠加，得到目标静磁场。该目标静磁场可以表示磁

共振系统处于叠加了匀场线圈且存在待成像对象的工作状态时的静磁场。

在 S103 中，调整所述匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数，直至所述目标静磁场的磁场均匀度满足预设条件，得到目标匀场线圈参数。

在确定目标静磁场后，可以按照预设的参数约束条件，对上述匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数进行调整，并在每次调整后计算目标静磁场的磁场均匀度。当调整至目标静磁场的磁场均匀度满足预设条件时，以此时匀场磁场分布模型中的匀场线圈参数作为目标匀场线圈参数。其中，目标静磁场的磁场均匀度满足预设条件，可以为：目标静磁场的磁场分布的标准差（也可以称为标准偏差）小于或者等于预设阈值。在一个实施例中，可以根据目标静磁场的磁场分布信息，对目标静磁场各个位置的磁场强度进行积分后去平均值，得到平均磁场强度；之后根据该每个位置的磁场强度与该平均磁场强度的差值，求得该目标静磁场的磁场分布的标准差。

本申请实施例中，由于目标静磁场是基于目标对象的对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型而确定的，因此该目标静磁场可以表示磁共振系统处于叠加了匀场线圈且存在目标对象的工作状态时的静磁场；通过调整匀场线圈参数直至目标静磁场的磁场均匀度满足预设条件，能够得到满足匀场效果的目标匀场线圈参数，使得后续该磁共振系统在工作时能够基于该目标匀场线圈参数保证静磁场分布的均匀性，从而提高磁共振成像效果。

可选地，所述匀场线圈参数包括匀场线圈的通道数、尺寸大小、空间位置、电流大小、匝数中的任意一项或者多项。

本申请实施例中，匀场线圈磁场分布模型具体为具有多个通道的局部匀场线圈对应的磁场分布模型。该局部匀场线圈中的通道数、线圈尺寸大小、空间位置、电流大小、匝数等，均可以作为匀场线圈磁场分布模型中可调的匀场线圈参数，通过对其中的任意一项或者多项进行调整，能够灵活准确地调整目标静磁场的磁场分布均匀度，得到能够使得目标静磁场最大化地实现磁场均匀的目标匀场线圈参数。

可选地，在所述获取目标对象对应的对象静磁场分布信息之前，还包括：
根据毕奥萨伐尔定律，确定所述匀场线圈磁场分布模型的磁场分布信息。

本申请实施例中，可以在获取目标对象对应的对象静磁场分布信息之前，
先构建磁共振系统中的匀场线圈磁场分布模型。该匀场线圈磁场分布模型中，
5 包括可以调节的通道数、线圈尺寸大小、空间位置、电流大小、匝数等匀场线圈
参数。该匀场线圈磁场分布模型对应的磁场分布信息，可以根据毕奥萨瓦尔
(Biot-Savart Law) 定律得到。具体地，根据毕奥萨伐尔定律进行电磁场计算，
确定能够表示匀场线圈在主磁体的静磁场方向上（通常为 Z 方向）的磁场分布
信息的匀场线圈磁场分布模型。示例性地，该匀场线圈磁场分布模型的磁场分
10 布信息表达式如下：

$$b = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\vec{s}' \times (\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3}$$

其中，b 表示匀场线圈的磁场分布信息，I 为匀场线圈通过的电流， μ_0 为
真空磁导率， $d\vec{s}'$ 为源电流的微小线元素， $\vec{r}$ ， $\vec{r}'$ 分别为场点和源点。在该匀场
线圈磁场分布模型中，通过调整线圈尺寸大小参数能够改变 $d\vec{s}'$ 的大小；通过调
15 整匀场线圈参数中的空间位置能够改变 $\vec{r}$ ， $\vec{r}'$ 的值，通过调整匀场线圈参数中的
源电流和匝数可以改变 I、 $d\vec{s}'$ 的大小，因此在该匀场线圈分布模型中，在调整
匀场线圈参数时，能够自动更新该匀场线圈磁场分布模型的磁场分布信息。

本申请实施例中，通过提前准确地确定匀场线圈分布模型，使得后续能够
快捷地确定目标静磁场，高效准确地基于该目标静磁场实现磁共振系统的匀场
20 性能。

可选地，所述获取目标对象对应的对象静磁场分布信息，包括：

获取 n 个目标对象分别对应的对象静磁场分布信息，其中，n 为大于 1 的
正整数；

对应地，所述根据所述对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模
25 型，确定目标静磁场，包括：

根据所述 n 个目标对象分别对应的所述对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型，确定目标静磁场。

当步骤 S101 中获取的为一个目标对象对应的对象静磁场分布信息时，则最终确定出的目标匀场线圈参数能够在磁共振系统对该目标对象或者与该目标对象的类型一致的对象进行测试时实现较好的磁场均匀度。而对于其它与该目标对象不同类型的对象在进行测试时的磁场均匀度无法较好地保证。因此，本申请实施例在 S101 中，具体可以获取 n 个目标对象分别对应的对象静磁场分布信息。之后，在步骤 S103 中，具体基于 n 个目标对象分别对应的对象静磁场分布信息，确定了包含不同目标对象的静磁场分布信息的目标静磁场，使得后续基于目标静磁场的磁场均匀度调整匀场线圈参数得到的目标匀场线圈参数，能够普遍适用于多种不同类型的对象的磁共振成像，提高磁共振系统匀场的普适性。其中， n 的数值越大，则通过该匀场方法确定的目标匀场线圈参数能够适用于更多对象的磁共振成像。示例性地， n 可以等于 5。

可选地，所述匀场线圈磁场分布模型包括 m 个通道的匀场线圈单元， m 为大于 1 的正整数；所述根据所述 n 个目标对象分别对应的所述对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型，确定目标静磁场，包括：

利用目标函数 $F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (C_j b_j + B_i)$ ，确定目标静磁场；

其中， F 为所述目标静磁场的磁场分布信息， C_j 为所述匀场线圈磁场分布模型中第 j 个通道的匀场线圈单元的电流大小， b_j 为所述匀场线圈磁场分布模型中第 j 个通道的匀场线圈单元的磁场分布信息， B_i 为第 i 个所述目标对象的对象静磁场分布信息。

本申请实施例的匀场线圈磁场分布模型中，匀场线圈包括 m 个通道的匀场线圈单元，其中 m 为大于 1 的正整数。示例性地，如图 2 所示，本申请实施例的匀场线圈可以包括标号为 1-5 的 5 个通道的匀场线圈单元。

对应地，本申请实施例中，可以基于匀场线圈磁场分布模型中 m 个通道的匀场线圈单元的磁场分布信息以及 n 个目标对象的对象静磁场分布信息，确定

目标静磁场的磁场分布信息。具体地，可以利用目标函数确定目标静磁场的磁场分布信息。该目标函数的表达式如下：

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (C_j b_j + B_i)$$

其中，F 表示目标静磁场的磁场分布信息； C_j 为所述匀场线圈磁场分布模型中第 j 个通道的匀场线圈单元的电流大小， C_j 数值大小具体与匀场线圈单元的匝数以及源电流的微小线元素等信息相关； b_j 为所述匀场线圈磁场分布模型中第 j 个通道的匀场线圈单元的磁场分布信息，可以通过在匀场线圈磁场分布模型建模时确定的磁场分布信息表达式确定 b_j 的值； B_i 为第 i 个所述目标对象的对象静磁场分布信息。

通过该目标函数，能够准确地表示目标静磁场的磁场分布情况，使得后续根据该目标函数能够准确地实现匀场线圈参数调节，得到满足预设条件的目标静磁场。

可选地，所述调整所述匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数，直至所述目标静磁场的磁场均匀度满足预设条件，得到目标匀场线圈参数，包括：

根据粒子群算法和所述目标函数，调整匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数，直至所述目标静磁场的磁场分布的标准差小于预设阈值或者直至所述粒子群算法的迭代次数到达预设次数，得到目标匀场线圈参数。

本申请实施例中，具体可以根据匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数的约束范围，确定一定数目的匀场线圈参数值组成粒子群。之后，通过粒子群算法实现以下步骤：

A1：在该粒子群中获取初始的一组匀场线圈参数值，基于该匀场线圈参数值和目标函数，确定目标静磁场的磁场分布的标准差；

A2：若该标准差小于预设阈值或者粒子群算法的迭代次数到达预设次数，则以当前该组匀场线圈参数值作为目标匀场线圈参数的值；否则，根据该标准差确定局部最优匀场线圈参数和全局最优匀场线圈参数；

A3：根据该局部最优匀场线圈参数和全局最优匀场线圈参数，从粒子群中

获取下一组匀场线圈参数值，并基于该匀场线圈参数值和目标函数，确定当前目标静磁场的磁场分布的标准差；之后，返回执行步骤 A2。

本申请实施例中，目标静磁场的磁场分布的标准差小于预设阈值能够直接表示该目标静磁场的磁场分布较为均匀，而粒子群算法的迭代次数到达预设次数也能够表示当前已经在参数范围内查找到较优的能够使得目标静磁场的磁场分布较为均匀的目标匀场线圈参数。通过粒子群算法，能够快速准确地确定满足上述两个条件中的任意一项的目标匀场线圈参数，提高匀场效率。

可选地，所述根据粒子群算法和所述目标函数，调整匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数，直至所述目标静磁场的磁场分布的标准差小于预设阈值或者直至所述粒子群算法的迭代次数到达预设次数，得到目标匀场线圈参数，包括：

针对设置了不同通道数的各个匀场线圈磁场分布模型，分别根据粒子群算法和所述目标函数，调整所述匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数，直至所述粒子群算法的迭代次数到达预设次数，得到各个所述匀场线圈磁场分布模型分别对应的子目标匀场线圈参数；

根据各个所述匀场线圈磁场分布模型分别对应的子目标匀场线圈参数和所述目标函数，确定各个所述匀场线圈磁场分布模型分别对应的所述目标静磁场的磁场分布的标准差；

将所述目标静磁场的磁场分布的标准差最小的所述匀场线圈磁场分布模型确定为目标匀场线圈磁场分布模型，并以所述目标匀场线圈磁场分布模型的通道数和子目标匀场线圈参数参数作为目标匀场线圈参数。

匀场线圈磁场分布模型中，匀场线圈单元的通道数可以在预设范围内调整，例如，该通道数的调整范围可以为 3~6。本申请实施例中，可以通过通道数的设置，确定每个通道数情况下分别对应的各个匀场线圈磁场分布模型。例如，可以确定通道数分别为 3、4、5、6 的 4 个匀场线圈分布模型。之后，在每个对应了固定通道数的匀场线圈磁场分布模型中，分别根据粒子群算法和目标函数

调整匀场线圈磁场分布模型中的除通道数以外的匀场线圈参数，直至粒子群算法的迭代次数到达预设次数时，得到该匀场线圈磁场分布模型的最优匀场线圈参数作为子目标匀场线圈参数。通过该方法，可以确定各个对应固定通道数的匀场线圈磁场分布模型分别对应的子目标匀场线圈参数。

5 示例性地，对于一个固定通道数为 $m1$ 的匀场线圈磁场分布模型，可以该模型中的匀场线圈的尺寸大小 d 、空间位置，电流大小和匝数作为该匀场线圈磁场分布模型中可调节的匀场线圈参数，设计对应的粒子群。具体地，该粒子群中包含 N 组参数， N 的取值范围可以为 20~50，每组参数中，可以包含 $D=4*m1$ 个根据匀场线圈参数约束范围确定的匀场线圈参数值（具体包括 $m1$ 10 个尺寸大小参数值、 $m1$ 个空间位置参数值、 $m1$ 个电流大小参数值、 $m1$ 个匝数参数值）。针对该粒子群，通过以下的步骤实现粒子群算法，得到该匀场线圈磁场分布模型对应的子目标匀场线圈参数：

B1：初始化粒子群，对粒子群中每组参数赋予随机的初始位置和速度。

B2：根据速度更新公式和位置更新公式，更新当前的粒子群；其中速度更新公式为： $V_i^k = w \cdot V_i^{k-1} + c_1 r_1 (pbest_i - X_i^{k-1}) + c_2 r_2 (gbest_i - X_i^{k-1})$

位置更新公式为： $X_i^k = X_i^{k-1} + V_i^k$

在以上公式中， V_i^k 表示第 k 次迭代参数 i 的速度， X_i^k 表示第 k 次迭代参数 i 的位置； $pbest_i$ 表示参数 i 的历史最佳位置， $gbest_i$ 表示参数 i 的全局最佳位置； c_1 ， c_2 表示加速度常数，一般设置为 1.4962， r_1 ， r_2 表示两个随机参数，取值范围 0~1，以增加搜索的随机性， w 表示惯性权重，一般设置为 0.7298，用来调节对求解空间的搜索范围。参数的限制条件可根据实际应用来设置。例如，在一个实施例中，给出了一种用于老鼠大脑成像的 5 通道局部匀场线圈参数限制条件，在优化设计过程中，5 个匀场线圈单元分布在直径为 70 mm（“mm”表示毫米）的圆柱体上，线圈单元匝数为 1，每个线圈单元的电流限制条件为[-2 20 25]A（“A”表示电流单位：安培），5 个线圈单元都为一样的正方形，边长限制条件为[20 50] mm，正方形的在圆柱体上分布的角度限制条件为 $[-\pi \pi]$ ，以

老鼠大脑的中心为中心，正方形中心在 z 轴上的限制条件为 $[-25\ 25]$ mm。

B3: 根据目标函数，计算每组参数代入目标函数之后，求得的目标静磁场的标准差，并根据该标准差确定是否更新历史最佳位置或者全局最佳位置。具体地，局部优化过程中，对每一组参数，将其当前位置的标准差值与其历史最佳位置（pbest）对应的标准差值比较，如果当前位置的标准差值更小，则用当前位置更新历史最佳位置。在全局优化过程中，对每一组参数，将其当前位置的标准差值与其全局最佳位置（gbest）对应的标准差值比较，如果当前位置的标准差值更小，则用当前位置更新全局最佳位置。

B4: 判断当前的迭代次数是否到达预设次数，若是，则以当前的全局最佳位置对应的该组参数作为当前的匀场线圈磁场分布模型对应的子目标匀场线圈参数。若否，则返回执行步骤 B2。

在一个实施例中，通过上述的步骤 B1 至步骤 B4，对 5 通道的局部匀场线圈进行粒子群算法计算，得到的子目标匀场线圈参数包括：5 个匀场线圈单元分别对应的电流为 2A、-1.6256A、0.3702A、-2A、-1.4978A，匀场线圈单元边长为 20 毫米，在圆柱体上分布的角度分别为 1.0471 弧度、1.9625 弧度、-2.9783 弧度、1.5920 弧度、-2.6117 弧度，线圈单元中心在 z 轴上的位置与坐标轴原点的距离分别为：15.5 毫米、25.0 毫米、-16.9 毫米、5.7 毫米、-7.0 毫米。

通过上述的方法，确定不同通道数的各个匀场线圈磁场分布模型后的子目标匀场线圈参数后，对于每个匀场线圈磁场分布模型，将其对应的子目标匀场线圈参数代入目标函数进行计算，确定该匀场线圈分布模型对应的目标静磁场的磁场分布的标准差。

之后，将对应的标准差最小的匀场线圈磁场分布模型确定为磁场分布最均匀的目标匀场线圈磁场分布模型。此时，将该目标匀场线圈分布模型的通道数及其对应的子目标匀场线圈参数组合作为目标匀场线圈参数，从而最大化地实现磁共振系统的匀场效果。

本申请实施例中，通过对不同通道数的匀场线圈磁场分布模型分别求解最

优的子目标匀场线圈参数，之后再进一步根据各个子目标匀场线圈确定的目标静磁场的磁场分布均匀度，确定通道数最优的目标匀场线圈磁场分布模型，从而能够实现匀场线圈的通道数优化，提升匀场效果。

在一个实施例中，可以获取 8 个对象的 B0 磁场图像，并以其中 5 个对象的 B0 磁场图像作为目标对象的对象静磁场分布信息，通过上述的步骤 S101 至步骤 S103 得到目标匀场线圈参数。之后，以剩余的 3 个对象的 B0 磁场图像作为测试组，基于该目标匀场线圈参数测试磁共振系统中的静磁场匀场效果。在一次实验中，通过本申请实施例的方法确定目标匀场线圈参数后，基于该目标匀场线圈参数，以三个老鼠大脑的 B0 磁场图像作为测试组，测试得到磁共振系统中磁场的非均匀性可以减少 25%-37%。

作为示例而非限定，图 3 示出了本申请实施例提供的不同结构的匀场线圈性能仿真匀场结果对比；其中，中 MC8 表示通道数为 8 的多线圈，LC3 表示通道数为 3 的局部匀场线圈，其他的以此类推，Basic set 表示基本设置，d 表示线圈单元的边长，L 为匀场线圈的总长度。由图可以看出，局部匀场线圈能够以较少的通道数实现良好的匀场效果。通过测试，局部匀场线圈对射频线圈的信噪比影响控制在 5%之内，在实现较好的匀场效果的同时，不会对射频线圈造成较大的干扰。

应理解，上述实施例中各步骤的序号的大小并不意味着执行顺序的先后，各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定，而不应对本申请实施例的实施过程构成任何限定。

实施例二：

图 4 示出了本申请实施例提供的一种匀场装置的结构示意图，为了便于说明，仅示出了与本申请实施例相关的部分：

该匀场装置包括：获取单元 41、目标静磁场确定单元 42、目标匀场线圈参数确定单元 43。其中：

获取单元 41，用于获取目标对象对应的对象静磁场分布信息，所述对象静

磁场分布信息为所述目标对象在磁共振系统的主磁体作用下的静磁场分布信息。

目标静磁场确定单元 42，用于根据所述对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型，确定目标静磁场。

目标匀场线圈参数确定单元 43，用于调整所述匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数，直至所述目标静磁场的磁场均匀度满足预设条件，得到目标匀场线圈参数。

可选地，所述匀场线圈参数包括匀场线圈的通道数、尺寸大小、空间位置、电流大小、匝数中的任意一项或者多项。

可选地，所述匀场装置还包括：

模型确定单元，用于根据毕奥萨伐尔定律，确定所述匀场线圈磁场分布模型的磁场分布信息。。

可选地，所述获取单元 41，具体用于获取 n 个目标对象分别对应的对象静磁场分布信息，其中， n 为大于 1 的正整数；

对应地，所述目标静磁场确定单元 42，用于根据所述 n 个目标对象分别对应的所述对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型，确定目标静磁场。

可选地，所述匀场线圈磁场分布模型包括 m 个通道的匀场线圈单元， m 为大于 1 的正整数；所述目标静磁场确定单元 42，具体用于利用目标函数

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (C_j b_j + B_i)$$
，确定目标静磁场；其中， F 为所述目标静磁场的磁场分布信

息， C_j 为所述匀场线圈磁场分布模型中第 j 个通道的匀场线圈单元的电流大小， b_j 为所述匀场线圈磁场分布模型中第 j 个通道的匀场线圈单元的磁场分布信息， B_i 为第 i 个所述目标对象的对象静磁场分布信息。

可选地，所述目标匀场线圈参数确定单元 43，具体用于根据粒子群算法和所述目标函数，调整匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数，直至所述目标静磁场的磁场分布的标准差小于预设阈值或者直至所述粒子群算法的迭代次数到达预设次数，得到目标匀场线圈参数。

可选地，在所述目标匀场线圈参数确定单元 43 中，所述根据粒子群算法和所述目标函数，调整匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数，直至所述目标静磁场的磁场分布的标准差小于预设阈值或者直至所述粒子群算法的迭代次数到达预设次数，得到目标匀场线圈参数，包括：

- 5 针对设置了不同通道数的各个匀场线圈磁场分布模型，分别根据粒子群算法和所述目标函数，调整所述匀场线圈磁场分布模型的子匀场线圈参数，直至所述粒子群算法的迭代次数到达预设次数，得到各个所述匀场线圈磁场分布模型分别对应的子目标匀场线圈参数；

10 根据各个所述匀场线圈磁场分布模型分别对应的子目标匀场线圈参数和所述目标函数，确定各个所述匀场线圈磁场分布模型分别对应的所述目标静磁场的磁场分布的标准差；

将所述目标静磁场的磁场分布的标准差最小的所述匀场线圈磁场分布模型确定为目标匀场线圈磁场分布模型，并以所述目标匀场线圈磁场分布模型的通道数和子目标匀场线圈参数作为目标匀场线圈参数。

- 15 需要说明的是，上述装置/单元之间的信息交互、执行过程等内容，由于与本申请方法实施例基于同一构思，其具体功能及带来的技术效果，具体可参见方法实施例部分，此处不再赘述。

实施例三：

- 20 图 5 是本申请一实施例提供的电子设备的示意图。如图 5 所示，该实施例的电子设备 5 包括：处理器 50、存储器 51 以及存储在所述存储器 51 中并可在所述处理器 50 上运行的计算机程序 52，例如匀场程序。所述处理器 50 执行所述计算机程序 52 时实现上述各个匀场方法实施例中的步骤，例如图 1 所示的步骤 S101 至 S103。或者，所述处理器 50 执行所述计算机程序 52 时实现上述各装置实施例中各模块/单元的功能，例如图 4 所示获取单元 41 至目标匀场线圈参数确定单元 43 的功能。
- 25

示例性的，所述计算机程序 52 可以被分割成一个或多个模块/单元，所述

一个或者多个模块/单元被存储在所述存储器 51 中，并由所述处理器 50 执行，以完成本申请。所述一个或多个模块/单元可以是能够完成特定功能的一系列计算机程序指令段，该指令段用于描述所述计算机程序 52 在所述电子设备 5 中的执行过程。

5 所述电子设备 5 可以是桌上型计算机、笔记本、掌上电脑及云端服务器等计算设备。所述电子设备可包括，但不仅限于，处理器 50、存储器 51。本领域技术人员可以理解，图 5 仅仅是电子设备 5 的示例，并不构成对电子设备 5 的限定，可以包括比图示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者不同的部件，例如所述电子设备还可以包括输入输出设备、网络接入设备、总线等。

10 所称处理器 50 可以是中央处理单元 (Central Processing Unit, CPU)，还可以是其他通用处理器、数字信号处理器 (Digital Signal Processor, DSP)、专用集成电路 (Application Specific Integrated Circuit, ASIC)、现场可编程门阵列 (Field-Programmable Gate Array, FPGA) 或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理
15 器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

所述存储器 51 可以是所述电子设备 5 的内部存储单元，例如电子设备 5 的硬盘或内存。所述存储器 51 也可以是所述电子设备 5 的外部存储设备，例如所述电子设备 5 上配备的插接式硬盘，智能存储卡 (Smart Media Card, SMC)，安全数字 (Secure Digital, SD) 卡，闪存卡 (Flash Card) 等。进一步地，所述
20 存储器 51 还可以既包括所述电子设备 5 的内部存储单元也包括外部存储设备。所述存储器 51 用于存储所述计算机程序以及所述电子设备所需的其他程序和数据。所述存储器 51 还可以用于暂时地存储已经输出或者将要输出的数据。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为了描述的方便和简洁，仅以上述各功能单元、模块的划分进行举例说明，实际应用中，可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能单元、模块完成，即将所述装置的内部结构划分成不同的功能单元或模块，以完成以上描述的全部或者部分功能。实施例中的各功
25

能单元、模块可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中，上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。另外，各功能单元、模块的具体名称也只是为了便于相互区分，并不用于限制本申请的保护范围。上述系统中单元、模块的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

在上述实施例中，对各个实施例的描述都各有侧重，某个实施例中沒有详述或记载的部分，可以参见其它实施例的相关描述。

本领域普通技术人员可以意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

在本申请所提供的实施例中，应该理解到，所揭露的装置/电子设备和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置/电子设备实施例仅仅是示意性的，例如，所述模块或单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通讯连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通讯连接，可以是电性，机械或其它的形式。

所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

另外，在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元

中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。

所述集成的模块/单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，
5 本申请实现上述实施例方法中的全部或部分流程，也可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的计算机程序可存储于一计算机可读存储介质中，该计算机程序在被处理器执行时，可实现上述各个方法实施例的步骤。其中，所述计算机程序包括计算机程序代码，所述计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。所述计算机可读介质可以包括：
10 能够携带所述计算机程序代码的任何实体或装置、记录介质、U 盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器（ROM，Read-Only Memory）、随机存取存储器（RAM，Random Access Memory）、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。需要说明的是，所述计算机可读介质包含的内容可以根据司法管辖区内立法和专利实践的要求进行适当的增减，例如在某些司法辖区，根据立法和专利实践，计算机可读介质不包括电载波信号和电信信号。
15

以上所述实施例仅用以说明本申请的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本申请进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的精神和范围，均应包含在本申请的保护范围之内。
20

权利要求书

1. 一种匀场方法，其特征在于，包括：

获取目标对象对应的对象静磁场分布信息，所述对象静磁场分布信息为所述目标对象在磁共振系统的主磁体作用下的静磁场分布信息；

根据所述对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型，确定目标静磁场；

调整所述匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数，直至所述目标静磁场的磁场均匀度满足预设条件，得到目标匀场线圈参数。

2. 如权利要求 1 所述的匀场方法，其特征在于，所述匀场线圈参数包括匀场线圈的通道数、尺寸大小、空间位置、电流大小、匝数中的任意一项或者多项。

3. 如权利要求 1 所述的匀场方法，其特征在于，在所述获取目标对象对应的对象静磁场分布信息之前，还包括：

根据毕奥萨伐尔定律，确定所述匀场线圈磁场分布模型的磁场分布信息。

4. 如权利要求 1 所述的匀场方法，其特征在于，所述获取目标对象对应的对象静磁场分布信息，包括：

获取 n 个目标对象分别对应的对象静磁场分布信息，其中， n 为大于 1 的正整数；

对应地，所述根据所述对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型，确定目标静磁场，包括：

根据所述 n 个目标对象分别对应的所述对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型，确定目标静磁场。

5. 如权利要求 4 所述的匀场方法，其特征在于，所述匀场线圈磁场分布模型包括 m 个通道的匀场线圈单元， m 为大于 1 的正整数；所述根据所述 n 个目标对象分别对应的所述对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型，

确定目标静磁场，包括：

利用目标函数 $F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (C_j b_j + B_i)$ ，确定目标静磁场；

其中，F 为所述目标静磁场的磁场分布信息， C_j 为所述匀场线圈磁场分布模型中第 j 个通道的匀场线圈单元的电流大小， b_j 为所述匀场线圈磁场分布模型中第 j 个通道的匀场线圈单元的磁场分布信息， B_i 为第 i 个所述目标对象的对
5 象静磁场分布信息。

6. 如权利要求 5 所述的匀场方法，其特征在于，所述调整所述匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数，直至所述目标静磁场的磁场均匀度满足预设条件，得到目标匀场线圈参数，包括：

10 根据粒子群算法和所述目标函数，调整匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数，直至所述目标静磁场的磁场分布的标准差小于预设阈值或者直至所述粒子群算法的迭代次数到达预设次数，得到目标匀场线圈参数。

7. 如权利要求 6 所述的匀场方法，其特征在于，所述根据粒子群算法和所述目标函数，调整匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数，直至所述目标静
15 磁场的磁场分布的标准差小于预设阈值或者直至所述粒子群算法的迭代次数到达预设次数，得到目标匀场线圈参数，包括：

针对设置了不同通道数的各个匀场线圈磁场分布模型，分别根据粒子群算法和所述目标函数，调整所述匀场线圈磁场分布模型的子匀场线圈参数，直至所述粒子群算法的迭代次数到达预设次数，得到各个所述匀场线圈磁场分布模
20 型分别对应的子目标匀场线圈参数；

根据各个所述匀场线圈磁场分布模型分别对应的子目标匀场线圈参数和所述目标函数，确定各个所述匀场线圈磁场分布模型分别对应的所述目标静磁场的磁场分布的标准差；

将所述目标静磁场的磁场分布的标准差最小的所述匀场线圈磁场分布模型
25 确定为目标匀场线圈磁场分布模型，并以所述目标匀场线圈磁场分布模型的通道数和子目标匀场线圈参数作为目标匀场线圈参数。

8. 一种匀场装置，其特征在于，包括：

获取单元，用于获取目标对象对应的对象静磁场分布信息，所述对象静磁场分布信息为所述目标对象在磁共振系统的主磁体作用下的静磁场分布信息；

目标静磁场确定单元，用于根据所述对象静磁场分布信息和预设的匀场线圈磁场分布模型，确定目标静磁场；

目标匀场线圈参数确定单元，用于调整所述匀场线圈磁场分布模型中的匀场线圈参数，直至所述目标静磁场的磁场均匀度满足预设条件，得到目标匀场线圈参数。

9. 一种电子设备，包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序，其特征在于，当所述处理器执行所述计算机程序时，使得电子设备实现如权利要求 1 至 7 任一项所述方法的步骤。

10. 一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，其特征在于，当所述计算机程序被处理器执行时，使得电子设备实现如权利要求 1 至 7 任一项所述方法的步骤。

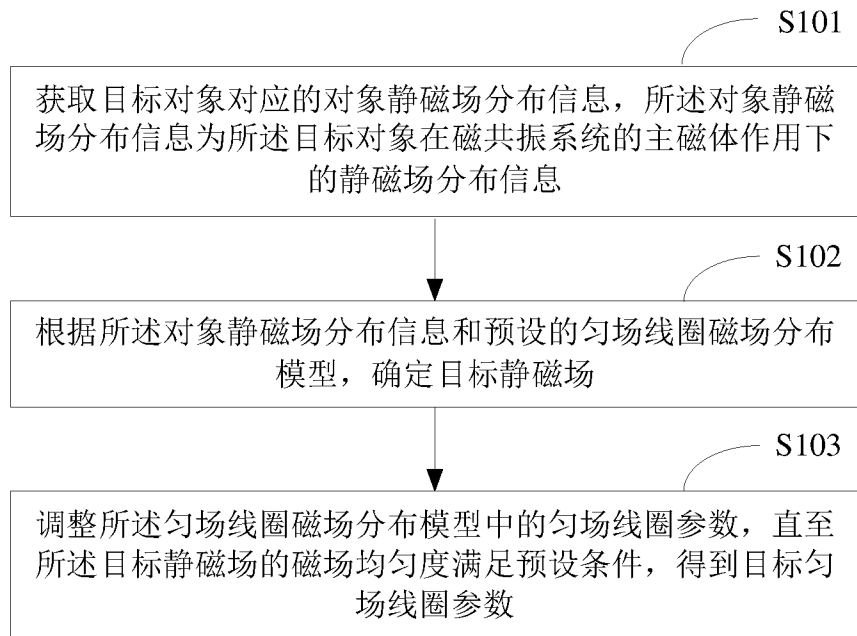


图 1

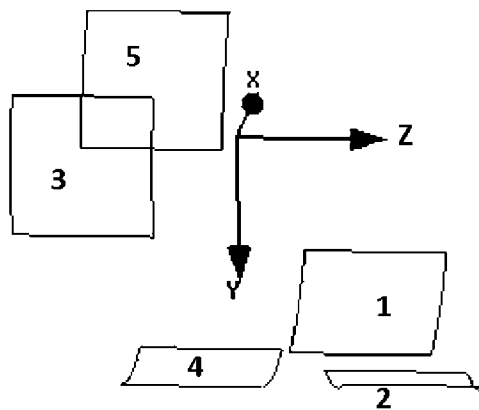


图 2

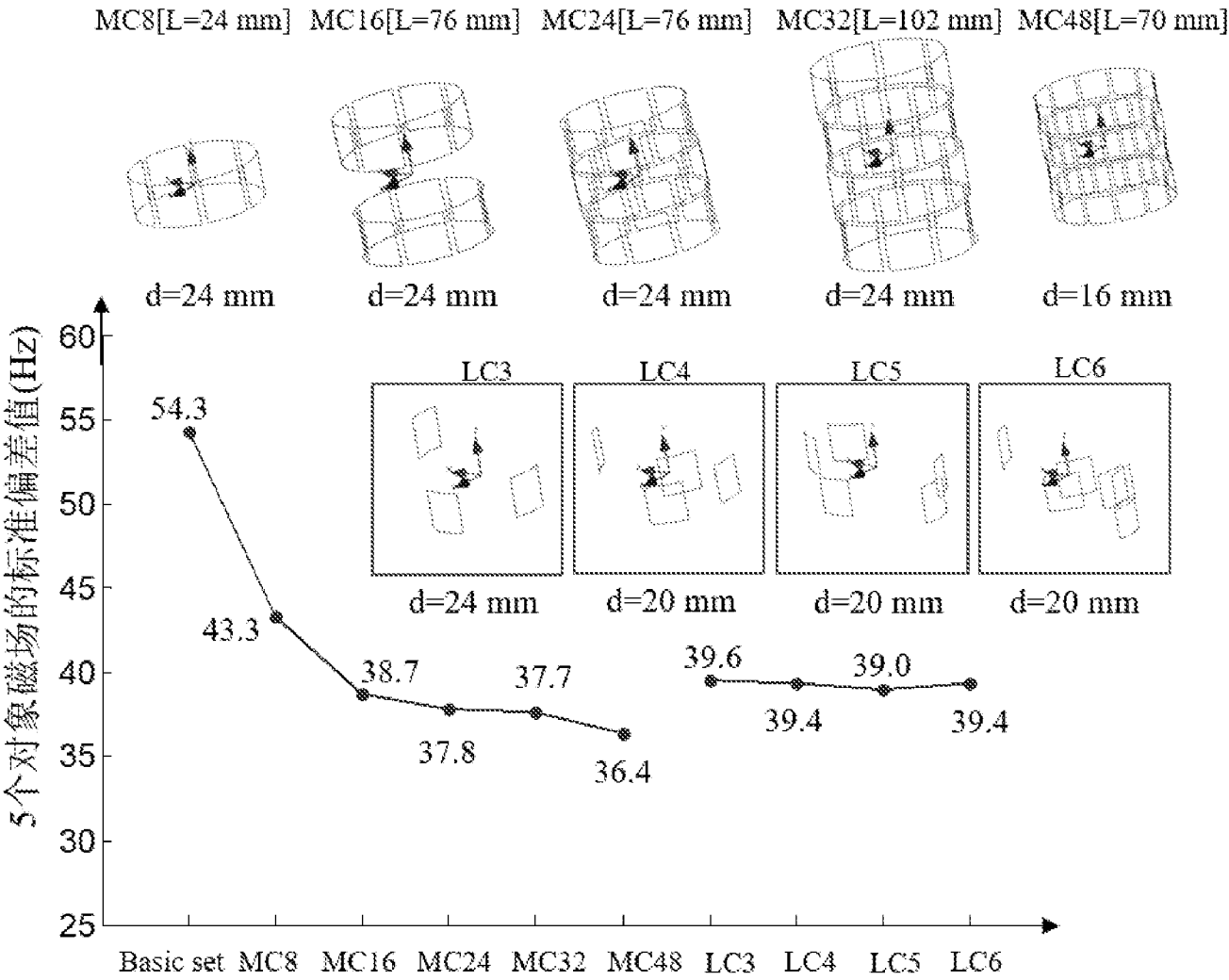


图 3

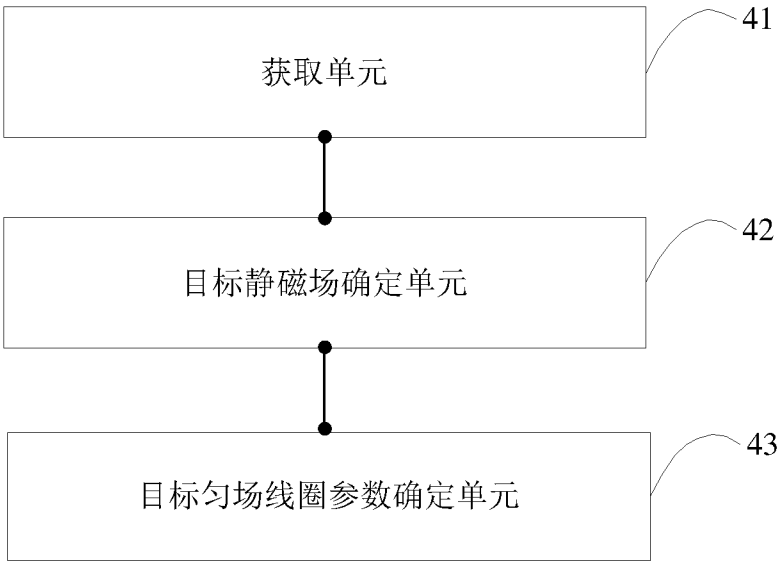


图 4

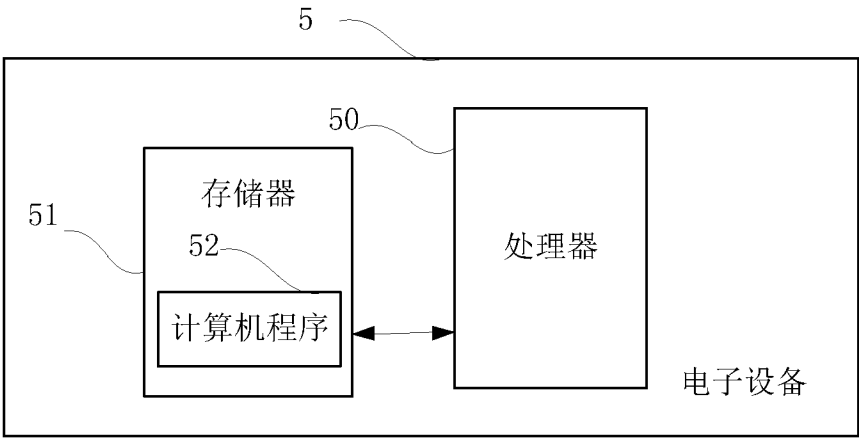


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/138523

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 33/385(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, WPI, CNPAT, CNKI, IEEE, ISI: 匀场, 线圈, 磁场, 目标, 对象, 人, 患者, 躺, 参数, 粒子群, shimming, coil, magnetic, field, object, human, patient, lying, parameter, particle, swarm

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 102879753 A (INSTITUTE OF MODERN PHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 16 January 2013 (2013-01-16) description, paragraphs [0004]-[0006]	1-10
Y	朱小飞 等 (ZHU, Xiaofei et al.). "局部匀场在磁共振全身弥散成像中的应用 (Application of Local Shimming in Whole Body Diffusion Weighted Imaging)" 磁共振成像 (Magnetic Resonance Imaging), Vol. 9, No. 1, 31 December 2018 (2018-12-31), sections 1-3	1-10
A	CN 110632541 A (SHANGHAI SHANGCI ELECTROMECHANICAL TECHNOLOGY CO., LTD.) 31 December 2019 (2019-12-31) entire document	1-10
A	CN 110927642 A (HUNAN MAGTECH MEDICAL TECHNOLOGY CO., LTD.) 27 March 2020 (2020-03-27) entire document	1-10
A	CN 113325351 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 31 August 2021 (2021-08-31) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

01 August 2022

Date of mailing of the international search report

17 August 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/138523

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2015173921 A1 (HITACHI, LTD.) 19 November 2015 (2015-11-19) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/138523

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	102879753	A	16 January 2013	None			
CN	110632541	A	31 December 2019	None			
CN	110927642	A	27 March 2020	WO	2021109847	A1	10 June 2021
CN	113325351	A	31 August 2021	None			
WO	2015173921	A1	19 November 2015	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/138523

A. 主题的分类 G01R 33/385(2006.01) i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																							
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G01R 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) EPDOC, WPI, CNPAT, CNKI, IEEE, ISI: 匀场, 线圈, 磁场, 目标, 对象, 人, 患者, 躺, 参数, 粒子群, shimming, coil, magnetic, field, object, human, patient, lying, parameter, particle, swarm																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>CN 102879753 A (中国科学院近代物理研究所) 2013年1月16日 (2013 - 01 - 16) 说明书第[0004]-[0006]段</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>朱小飞 等, . "局部匀场在磁共振全身弥散成像中的应用," 磁共振成像, , 第9卷, 第1期, 2018年12月31日 (2018 - 12 - 31), 第1-3节</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 110632541 A (上海尚磁机电科技有限公司) 2019年12月31日 (2019 - 12 - 31) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 110927642 A (湖南迈太科医疗科技有限公司) 2020年3月27日 (2020 - 03 - 27) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 113325351 A (华中科技大学) 2021年8月31日 (2021 - 08 - 31) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2015173921 A1 (HITACHI, LTD.) 2015年11月19日 (2015 - 11 - 19) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	Y	CN 102879753 A (中国科学院近代物理研究所) 2013年1月16日 (2013 - 01 - 16) 说明书第[0004]-[0006]段	1-10	Y	朱小飞 等, . "局部匀场在磁共振全身弥散成像中的应用," 磁共振成像, , 第9卷, 第1期, 2018年12月31日 (2018 - 12 - 31), 第1-3节	1-10	A	CN 110632541 A (上海尚磁机电科技有限公司) 2019年12月31日 (2019 - 12 - 31) 全文	1-10	A	CN 110927642 A (湖南迈太科医疗科技有限公司) 2020年3月27日 (2020 - 03 - 27) 全文	1-10	A	CN 113325351 A (华中科技大学) 2021年8月31日 (2021 - 08 - 31) 全文	1-10	A	WO 2015173921 A1 (HITACHI, LTD.) 2015年11月19日 (2015 - 11 - 19) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
Y	CN 102879753 A (中国科学院近代物理研究所) 2013年1月16日 (2013 - 01 - 16) 说明书第[0004]-[0006]段	1-10																					
Y	朱小飞 等, . "局部匀场在磁共振全身弥散成像中的应用," 磁共振成像, , 第9卷, 第1期, 2018年12月31日 (2018 - 12 - 31), 第1-3节	1-10																					
A	CN 110632541 A (上海尚磁机电科技有限公司) 2019年12月31日 (2019 - 12 - 31) 全文	1-10																					
A	CN 110927642 A (湖南迈太科医疗科技有限公司) 2020年3月27日 (2020 - 03 - 27) 全文	1-10																					
A	CN 113325351 A (华中科技大学) 2021年8月31日 (2021 - 08 - 31) 全文	1-10																					
A	WO 2015173921 A1 (HITACHI, LTD.) 2015年11月19日 (2015 - 11 - 19) 全文	1-10																					
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 "T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件																							
国际检索实际完成的日期 2022年8月1日		国际检索报告邮寄日期 2022年8月17日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 马丽莉 电话号码 86-(10)-53961409																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/138523

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	102879753	A	2013年1月16日	无	
CN	110632541	A	2019年12月31日	无	
CN	110927642	A	2020年3月27日	W0	2021109847 A1 2021年6月10日
CN	113325351	A	2021年8月31日	无	
W0	2015173921	A1	2015年11月19日	无	