



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117213472 A

(43) 申请公布日 2023. 12. 12

(21) 申请号 202311180726.3

(22) 申请日 2023.09.12

(71) 申请人 之江实验室

地址 311121 浙江省杭州市余杭区中泰街  
道科创大道之江实验室

(72) 发明人 孙沁璇 施航 任祖杰 缪锐

朱琦 刘洋 袁勇 彭风光

庞心健

(74) 专利代理机构 北京博思佳知识产权代理有  
限公司 11415

专利代理师 邓超

(51) Int. Cl.

G01C 21/08 (2006.01)

G01C 21/20 (2006.01)

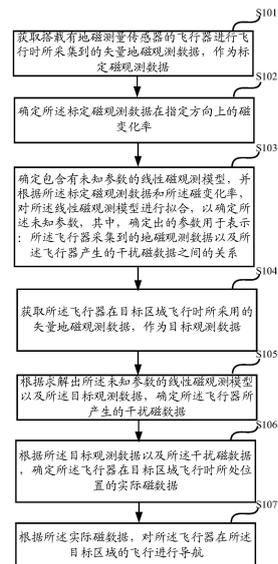
权利要求书2页 说明书11页 附图2页

(54) 发明名称

基于矢量数据的地磁导航方法、装置以及电子设备

(57) 摘要

本说明书公开了一种基于矢量数据的地磁导航方法、装置以及电子设备,可以通过获取到的校准区域内采集到的矢量地磁观测数据,确定出地磁观测数据在指定方向上的磁变化率,进而确定出包含有表示飞行器采集到的地磁观测数据以及飞行器产生的干扰数据之间关系的未知参数的线性磁观测模型并且求解出未知参数,这使得飞行器在目标区域飞行时可以通过采集到的地磁观测数据和求解出未知参数的线性磁观测模型,求解出飞行器产生的干扰磁数据,进而排除掉飞行器采集到的地磁观测数据中的干扰磁数据的影响,得到飞行器所处位置的实际磁数据,以提高导航的精度。



1. 一种基于矢量数据的地磁导航方法,其特征在于,包括:

获取搭载有地磁测量传感器的飞行器进行飞行时所采集到的矢量地磁观测数据,作为标定磁观测数据;

确定所述标定磁观测数据在指定方向上的磁变化率;

确定包含有未知参数的线性磁观测模型,并根据所述标定磁观测数据和所述磁变化率,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数,其中,确定出的参数用于表示:所述飞行器采集到的地磁观测数据以及所述飞行器产生的干扰磁数据之间的关系;

获取所述飞行器在目标区域飞行时所采用的矢量地磁观测数据,作为目标观测数据;

根据求解出所述未知参数的线性磁观测模型以及所述目标观测数据,确定所述飞行器所产生的干扰磁数据;

根据所述目标观测数据以及所述干扰磁数据,确定所述飞行器在目标区域飞行时所处位置的实际磁数据;

根据所述实际磁数据,对所述飞行器在所述目标区域的飞行进行导航。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,根据所述标定磁观测数据和所述磁变化率,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数,具体包括:

根据所述磁变化率以及所述标定磁观测数据在所述指定方向上的分量磁观测数据,确定磁观测矩阵;

根据所述磁观测矩阵以及所述标定磁观测数据,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,获取搭载有地磁测量传感器的飞行器进行飞行时所采集到的矢量地磁观测数据,作为标定磁观测数据,具体包括:

获取搭载有地磁测量传感器的飞行器进行飞行时所采集到的各时间点的矢量地磁观测数据,作为各时间点对应的标定磁观测数据;

确定所述标定磁观测数据在指定方向上的磁变化率,具体包括:

针对每个时间点,确定该时间点的标定磁观测数据在所述指定方向上的磁变化率,作为该时间点对应的磁变化率;

根据所述标定磁观测数据和所述磁变化率,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数,具体包括:

针对每个时间点,根据该时间点对应的磁变化率以及该时间点的标定磁观测数据在所述指定方向上的分量磁观测数据,确定该时间点对应的磁观测矩阵;

根据每个时间点对应的磁观测矩阵以及每个时间点对应的标定磁观测数据,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数。

4. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,根据所述标定磁观测数据和所述磁变化率,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数,具体包括:

通过预设的滤波器对所述标定磁观测数据进行滤波,得到滤波后标定磁观测数据,以及通过所述滤波器,对所述磁变化率进行滤波,得到滤波后磁变化率;

根据所述滤波后标定磁观测数据以及所述滤波后磁变化率,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数。

5. 一种基于矢量数据的地磁导航装置,其特征在于,包括:

获取模块,用于获取搭载有地磁测量传感器的飞行器进行飞行时所采集到的矢量地磁观测数据,作为标定磁观测数据;

确定模块,用于确定所述标定磁观测数据在指定方向上的磁变化率;

计算模块,用于确定包含有未知参数的线性磁观测模型,并根据所述标定磁观测数据和所述磁变化率,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数,其中,确定出的参数用于表示:所述飞行器采集到的地磁观测数据以及所述飞行器产生的干扰磁数据之间的关系;

应用模块,用于获取所述飞行器在目标区域飞行时所采用的矢量地磁观测数据,作为目标观测数据;根据求解出所述未知参数的线性磁观测模型以及所述目标观测数据,确定所述飞行器所产生的干扰磁数据;根据所述目标观测数据以及所述干扰磁数据,确定所述飞行器在目标区域飞行时所处位置的实际磁数据;根据所述实际磁数据,对所述飞行器在所述目标区域的飞行进行导航。

6.如权利要求5所述的装置,其特征在于,所述计算模块具体用于,根据所述磁变化率以及所述标定磁观测数据在所述指定方向上的分量磁观测数据,确定磁观测矩阵;根据所述磁观测矩阵以及所述标定磁观测数据,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数。

7.如权利要求5所述的装置,其特征在于,所述获取模块具体用于,获取搭载有地磁测量传感器的飞行器进行飞行时所采集到的各时间点的矢量地磁观测数据,作为各时间点对应的标定磁观测数据;

所述确定模块具体用于,针对每个时间点,确定该时间点的标定磁观测数据在所述指定方向上的磁变化率,作为该时间点对应的磁变化率;

所述计算模块具体用于,针对每个时间点,根据该时间点对应的磁变化率以及该时间点的标定磁观测数据在所述指定方向上的分量磁观测数据,确定该时间点对应的磁观测矩阵,根据每个时间点对应的磁观测矩阵以及每个时间点对应的标定磁观测数据,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数。

8.如权利要求5所述的装置,其特征在于,所述计算模块具体用于,通过预设的滤波器对所述标定磁观测数据进行滤波,得到滤波后标定磁观测数据,以及通过所述滤波器,对所述磁变化率进行滤波,得到滤波后磁变化率;根据所述滤波后标定磁观测数据以及所述滤波后磁变化率,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数。

9.一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述存储介质存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现上述权利要求1~4任一项所述的方法。

10.一种电子设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述程序时实现上述权利要求1~4任一项所述的方法。

## 基于矢量数据的地磁导航方法、装置以及电子设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及计算机技术领域,尤其涉及基于矢量数据的地磁导航方法、装置以及电子设备。

### 背景技术

[0002] 地磁场由于具有丰富的总强度、矢量强度、磁倾角、磁偏角、强度梯度等特征,所以,可以利用针对地磁场所采集到的数据构建出地磁场数据库,以通过构建出的地磁场数据库为地磁定位导航技术提供定位的依据。具体的,地磁定位导航技术主要是通过将采集到的地磁信息与地磁场数据库进行匹配的手段,确定飞行器所处的地理位置。而利用地磁定位导航技术的飞行器则可以通过使用地磁定位导航技术所确定出的地理位置结合目的地的地理位置,生成相应的导航路线。

[0003] 目前,地磁定位导航技术由于无长期积累误差、不易被干扰,并且在可用性、抗干扰能力、自主性等方面具有极大的优势,其应用也越来越广泛。但是要实现精准导航就要获得导航区域内地磁场的精确测量值。然而目前安装有磁强计的飞行器,不可避免地会受到来自飞行器自身上的各种铁磁性物质所产生的磁场和电子器件所产生的磁场的干扰,而飞行器在这些因素的影响下,通过磁强计所采用的地磁数据也会存在一定程度的干扰信息,从而导致导航精度的降低。

[0004] 因此如何降低飞行器自身上的各种铁磁性物质和电子器件所产生的磁场干扰对最终定位结果的影响,则是一个亟待解决的问题。

### 发明内容

[0005] 本说明书提供一种基于矢量数据的地磁导航方法、装置以及电子设备,以解决现有技术存在的上述问题。

[0006] 本说明书采用下述技术方案:

[0007] 本说明书提供了一种基于矢量数据的地磁导航方法,包括:

[0008] 获取搭载有地磁测量传感器的飞行器进行飞行时所采集到的矢量地磁观测数据,作为标定磁观测数据;

[0009] 确定所述标定磁观测数据在指定方向上的磁变化率;

[0010] 确定包含有未知参数的线性磁观测模型,并根据所述标定磁观测数据和所述磁变化率,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数,其中,确定出的参数用于表示:所述飞行器采集到的地磁观测数据以及所述飞行器产生的干扰磁数据之间的关系;

[0011] 获取所述飞行器在目标区域飞行时所采用的矢量地磁观测数据,作为目标观测数据;

[0012] 根据求解出所述未知参数的线性磁观测模型以及所述目标观测数据,确定所述飞行器所产生的干扰磁数据;

[0013] 根据所述目标观测数据以及所述干扰磁数据,确定所述飞行器在目标区域飞行时

所处位置的实际磁数据；

[0014] 根据所述实际磁数据,对所述飞行器在所述目标区域的飞行进行导航。

[0015] 可选地,根据所述标定磁观测数据和所述磁变化率,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数,具体包括:

[0016] 根据所述磁变化率以及所述标定磁观测数据在所述指定方向上的分量磁观测数据,确定磁观测矩阵;

[0017] 根据所述磁观测矩阵以及所述标定磁观测数据,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数。

[0018] 可选地,获取搭载有地磁测量传感器的飞行器进行飞行时所采集到的矢量地磁观测数据,作为标定磁观测数据,具体包括:

[0019] 获取搭载有地磁测量传感器的飞行器进行飞行时所采集到的各时间点的矢量地磁观测数据,作为各时间点对应的标定磁观测数据;

[0020] 确定所述标定磁观测数据在指定方向上的磁变化率,具体包括:

[0021] 针对每个时间点,确定该时间点的标定磁观测数据在所述指定方向上的磁变化率,作为该时间点对应的磁变化率;

[0022] 根据所述标定磁观测数据和所述磁变化率,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数,具体包括:

[0023] 针对每个时间点,根据该时间点对应的磁变化率以及该时间点的标定磁观测数据在所述指定方向上的分量磁观测数据,确定该时间点对应的磁观测矩阵;

[0024] 根据每个时间点对应的磁观测矩阵以及每个时间点对应的标定磁观测数据,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数。

[0025] 可选地,根据所述标定磁观测数据和所述磁变化率,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数,具体包括:

[0026] 通过预设的滤波器对所述标定磁观测数据进行滤波,得到滤波后标定磁观测数据,以及通过所述滤波器,对所述磁变化率进行滤波,得到滤波后磁变化率;

[0027] 根据所述滤波后标定磁观测数据以及所述滤波后磁变化率,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数。

[0028] 本说明书提供了一种基于矢量数据的地磁导航装置,包括:

[0029] 获取模块,用于获取搭载有地磁测量传感器的飞行器进行飞行时所采集到的矢量地磁观测数据,作为标定磁观测数据;

[0030] 确定模块,用于确定所述标定磁观测数据在指定方向上的磁变化率;

[0031] 计算模块,用于确定包含有未知参数的线性磁观测模型,并根据所述标定磁观测数据和所述磁变化率,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数,其中,确定出的参数用于表示:所述飞行器采集到的地磁观测数据以及所述飞行器产生的干扰磁数据之间的关系;

[0032] 应用模块,用于获取所述飞行器在目标区域飞行时所采用的矢量地磁观测数据,作为目标观测数据;根据求解出所述未知参数的线性磁观测模型以及所述目标观测数据,确定所述飞行器所产生的干扰磁数据;根据所述目标观测数据以及所述干扰磁数据,确定所述飞行器在目标区域飞行时所处位置的实际磁数据;根据所述实际磁数据,对所述飞行

器在所述目标区域的飞行进行导航。

[0033] 可选地,所述计算模块具体用于,根据所述磁变化率以及所述标定磁观测数据在所述指定方向上的分量磁观测数据,确定磁观测矩阵;根据所述磁观测矩阵以及所述标定磁观测数据,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数。

[0034] 可选地,所述获取模块具体用于,获取搭载有地磁测量传感器的飞行器进行飞行时所采集到的各时间点的矢量地磁观测数据,作为各时间点对应的标定磁观测数据;

[0035] 所述确定模块具体用于,针对每个时间点,确定该时间点的标定磁观测数据在所述指定方向上的磁变化率,作为该时间点对应的磁变化率;

[0036] 所述计算模块具体用于,针对每个时间点,根据该时间点对应的磁变化率以及该时间点的标定磁观测数据在所述指定方向上的分量磁观测数据,确定该时间点对应的磁观测矩阵,根据每个时间点对应的磁观测矩阵以及每个时间点对应的标定磁观测数据,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数。

[0037] 可选地,所述计算模块具体用于,通过预设的滤波器对所述标定磁观测数据进行滤波,得到滤波后标定磁观测数据,以及通过所述滤波器,对所述磁变化率进行滤波,得到滤波后磁变化率;根据所述滤波后标定磁观测数据以及所述滤波后磁变化率,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数。

[0038] 本说明书提供了一种计算机可读存储介质,所述存储介质存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现上述基于矢量数据的地磁导航方法。

[0039] 本说明书提供了一种电子设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时实现上述基于矢量数据的地磁导航方法。

[0040] 本说明书采用的上述至少一个技术方案能够达到以下有益效果:

[0041] 在本说明提供的地磁导航方法,首先获取搭载有地磁测量传感器的飞行器进行飞行时所采集到的矢量地磁观测数据,作为标定磁观测数据,确定标定磁观测数据在指定方向上的磁变化率,确定包含有未知参数的线性磁观测模型,并根据标定磁观测数据和所述磁变化率,对线性磁观测模型进行拟合,以确定未知参数,其中,确定出的参数用于表示:飞行器采集到的地磁观测数据以及飞行器产生的干扰磁数据之间的关系,在拟合出参数后,可以获取飞行器在目标区域飞行时所采用的矢量地磁观测数据,作为目标观测数据,根据求解出未知参数的线性磁观测模型以及目标观测数据,确定飞行器所产生的干扰磁数据,进而根据目标观测数据以及干扰磁数据,确定飞行器在目标区域飞行时所处位置的实际磁数据,并根据实际磁数据,对飞行器所在目标区域的飞行进行导航。

[0042] 从上述方法中可以看出,通过获取到的校准区域内采集到的矢量地磁观测数据,确定出矢量地磁观测数据在指定方向上的磁变化率,进而确定出包含有表示飞行器采集到的矢量地磁观测数据以及飞行器产生的干扰数据之间关系的未知参数的线性磁观测模型并且求解出未知参数,这使得飞行器在目标区域飞行时可以通过采集到的矢量地磁观测数据和求解出未知参数的线性磁观测模型,求解出飞行器产生的干扰磁数据,进而排除掉飞行器采集到的地磁观测数据中的干扰磁数据的影响,得到飞行器所处位置的实际磁数据,以提高导航的精度。

## 附图说明

[0043] 此处所说明的附图用来提供对本说明书的进一步理解,构成本说明书的一部分,本说明书的示意性实施例及其说明用于解释本说明书,并不构成对本说明书的不当限定。在附图中:

[0044] 图1为本说明书提供了一种基于矢量数据的地磁导航方法的流程示意图;

[0045] 图2为本说明书提供了一种基于矢量数据的地磁导航装置的示意图;

[0046] 图3为本说明书提供了一种对应于图1的电子设备的示意图。

## 具体实施方式

[0047] 为使本说明书的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本说明书具体实施例及相应的附图对本说明书技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例仅是本说明书一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本说明书中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本说明书保护的范围。

[0048] 以下结合附图,详细说明本说明书各实施例提供的技术方案。

[0049] 图1为本说明书中提供一种基于矢量数据的地磁导航方法的流程示意图,包括以下步骤:

[0050] S101:获取搭载有地磁测量传感器的飞行器进行飞行时所采集到的矢量地磁观测数据,作为标定磁观测数据。

[0051] 随着地磁定位导航技术的不断发展,其应用也越来越广泛,给人们的生活带来了极大的便利。利用地磁定位导航的飞行器可以根据采集到的地磁信息与地磁场数据库进行匹配,确定飞行器所处的地理位置,进而结合输入的目的地地理位置,生成相应的导航路线。

[0052] 然而,目前安装有磁强计用于实现地磁导航的飞行器会受到飞行器自身的各种铁磁性物质所产生的磁场和电子器件所产生的磁场的影响,会降低磁强计采集到的地磁信息的精确度进而降低导航的精度。

[0053] 为此,本说明书提供了一种基于矢量数据的地磁导航方法,通过本说明书提供的地磁导航方法可以求解出飞行器自身产生的干扰磁数据,进而排除掉飞行器采集到的矢量地磁观测数据中的干扰磁数据的影响,得到飞行器所处位置的实际磁数据,以提高导航的精度。

[0054] 在本说明书中,用于实现地磁导航方法的执行主体,可以是指服务器等设置于线上平台的指定设备,也可以是搭载有地磁测量传感器的飞行器,抑或是诸如台式电脑、笔记本电脑等电子设备,为了便于描述,下面仅以服务器是执行主体为例,对本说明书提供的地磁导航方法进行说明。

[0055] 下面将对本说明书提供一种地磁导航方法进行详述,其中,整个方法可以大致分为两个阶段,第一个阶段是标定阶段,第二个阶段是导航阶段。

[0056] 在标定阶段中,服务器获取搭载有地磁测量传感器的飞行器在校准区域进行飞行采集矢量地磁观测数据,并对获取到的矢量地磁观测数据进行处理,确定出包含有未知参数的线性磁观测模型,并对该模型进行拟合,以确定该未知参数。后续,已知未知参数真实值的线性磁观测模型可用于消除飞行器产生的磁干扰影响,以获得飞行器所处位置的实际

磁数据,进而实现飞行器的精确导航,其中,该未知参数用于表示飞行器采集到的地磁观测数据和飞行器产生的干扰磁数据的关系。

[0057] 为此,在本说明书中,飞行器可以先在校准区域中按照预设的飞行方式来采集矢量地磁观测数据,其中,飞行器采集矢量地磁观测数据时所采用的飞行方式可以有多种,例如,以五边飞行为例,飞行器需要在校准区域按照五边形的路线进行校准飞行,并在校准飞行时进行诸如起飞、爬升、转向、平飞、下降及降落等一系列特定机动动作,以收集校准区域内的矢量地磁观测数据,作为标定磁观测数据。

[0058] 需要说明的是,如果只使用飞行器在一个时间点所采用到的矢量地磁观测数据求解线性磁观测模型中的未知参数,则求解出的未知参数的具体数值可能准确性较差。为此,在实际应用中,飞行器需要在校准区域中采集多个时间点的矢量地磁观测数据,以提高求解出的未知参数的准确性,进而求解出更加准确的实际磁数据,降低干扰磁数据带来的影响,提高导航精度。

[0059] S102:确定所述标定磁观测数据在指定方向上的磁变化率。

[0060] 在获取到上述矢量地磁观测数据后,服务器需要对该矢量地磁观测数据做进一步地处理,以确定出能够在一定程度上表征出飞行器产生的干扰对采集到的矢量地磁观测数据产生影响后的变化情况。

[0061] 为此,在本说明书中,服务器可以确定标定磁观测数据在指定方向上的磁变化率。其中,确定磁变化率的目的是:当飞行器采集到的矢量地磁观测数据没有受到飞行器自身产生的干扰磁数据的影响时,矢量地磁观测数据的磁变化率的变化是呈现线性变化的,当飞行器采集到的矢量地磁观测数据受到飞行器自身产生的干扰磁数据的影响时,矢量地磁观测数据的磁变化率的变化是呈现出非线性变化的。所以,根据矢量地磁观测数据的磁变化率实际上为后续过程中确定飞行器自身所产生的干扰磁数据提供了依据,在此基础上,根据矢量地磁观测数据的磁变化率的变化情况,可以确定出飞行器采集到的矢量地磁观测数据和飞行器产生的干扰磁数据之间的关系,便于后续确定出线性磁干扰模型。

[0062] 而确定指定方向的磁变化率的目的是:获取到的标定磁观测数据的磁变化率在指定方向上的变化明显,便于后续求解出表示飞行器采集到的矢量地磁观测数据和飞行器产生的干扰磁数据关系的未知参数,进而确定出线性磁干扰模型。其中,指定方向上的磁变化率表示方式有很多,例如,在本说明书中,可以采用矢量地磁观测数据在余弦方向上的磁变化率,具体实现方式,将在下面进行详细描述。

[0063] 在本说明书中,服务器具体可以确定标定磁观测数据在余弦方向的信息,以及根据得到的余弦方向信息进一步处理得到的标定磁观测数据在余弦方向上的磁变化率。

[0064] 其中,标定磁观测数据的余弦方向信息可以表示为  $\hat{B}_t = [\hat{B}_x \hat{B}_y \hat{B}_z]^T$ ,

$\hat{B}_x$ 、 $\hat{B}_y$ 、 $\hat{B}_z$ 分别表示标定磁观测数据在三个轴的余弦方向上的分量,而标定磁观测数据的余弦方向上的变化率可以表示为  $\dot{\hat{B}}_t = [\dot{\hat{B}}_x \dot{\hat{B}}_y \dot{\hat{B}}_z]^T$ 。

[0065] 以上只是本说明书的一个实施例,指定方向上的磁变化率,并不限定于余弦方向上,还可以是其他方向上的,例如也可以是正弦方向的。

[0066] S103:确定包含有未知参数的线性磁观测模型,并根据所述标定磁观测数据和所

述磁变化率,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数,其中,确定出的参数用于表示:所述飞行器采集到的地磁观测数据以及所述飞行器产生的干扰磁数据之间的关系。

[0067] 在获取到指定方向的磁变化率后,服务器需要根据磁变化率,标定磁观测数据以及标定磁观测数据指定方向上的分量磁观测数据,确定磁观测矩阵,进而根据磁观测矩阵以及标定磁观测数据,对线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数。

[0068] 其中,在本说明书中,磁观测矩阵表示为,  $\Lambda = [\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3] \in \mathbb{R}^{3 \times 18}$ , 其中,  $\alpha_1 = I_{3 \times 3}, I_{3 \times 3}$  是一个  $3 \times 3$  的单位矩阵;

$$[0069] \quad \alpha_2 = \begin{bmatrix} |\vec{B}_t| \hat{B}_x & |\vec{B}_t| \hat{B}_y & |\vec{B}_t| \hat{B}_z & 0 & 0 & 0 \\ 0 & |\vec{B}_t| \hat{B}_x & 0 & |\vec{B}_t| \hat{B}_y & |\vec{B}_t| \hat{B}_z & 0 \\ 0 & 0 & |\vec{B}_t| \hat{B}_x & 0 & |\vec{B}_t| \hat{B}_y & |\vec{B}_t| \hat{B}_z \end{bmatrix};$$

$$[0070] \quad \alpha_3 = \begin{bmatrix} |\vec{B}_t| \dot{\hat{B}}_x & |\vec{B}_t| \dot{\hat{B}}_y & |\vec{B}_t| \dot{\hat{B}}_z & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & |\vec{B}_t| \dot{\hat{B}}_x & |\vec{B}_t| \dot{\hat{B}}_y & |\vec{B}_t| \dot{\hat{B}}_z & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & |\vec{B}_t| \dot{\hat{B}}_x & |\vec{B}_t| \dot{\hat{B}}_y & |\vec{B}_t| \dot{\hat{B}}_z \end{bmatrix};$$

[0071] 其中,  $|\vec{B}_t|$  是地磁场观测数据总场强。

[0072] 在确定出上述磁观测矩阵后,需要根据该磁观测矩阵以及标定磁观测数据,来对线性磁观测模型中包含的未知参数进行求解。

[0073] 其中,这里提到的线性磁观测模型本身可以视为一个用于表示标定磁观测数据与磁观测矩阵之间线性关系的模型,例如,可以通过如下公式进行表示:

$$[0074] \quad b = A\beta$$

[0075] 在该公式中,如果只使用一个时间点的标定磁观测数据,那么A实际上就是该时间点的磁观测矩阵  $\Lambda$ 。而从该公式可以看出,b和A可以通过观测数据得出, $\beta$ 则为未知量,所以, $\beta$ 也就是需要进行求解的未知参数。

[0076] 而如果只采用一个时间点的标定地磁观测数据及其经过处理确定出的磁观测矩阵来求解上述未知参数,则求解出的结果在准确性上也相对较差。

[0077] 为此,在本说明书中,服务器要获取飞行器在各个时间点采集到的矢量地磁观测数据,作为各时间点对应的标定磁观测数据,而针对每个时间点,服务器可以确定该时间点的标定磁观测数据在指定方向上的磁变化率,作为该时间点对应的磁变化率。与此同时,服务器可以针对每个时间点,根据该时间点对应的磁变化率以及该时间点的标定磁观测数据在指定方向上的分量磁观测数据,确定该时间点对应的磁观测矩阵。

[0078] 服务器可以根据获取到的每个时间点对应的磁观测矩阵以及每个时间点对应的标定磁观测数据,对线性磁观测模型进行拟合,以确定未知参数。其中,在采集多个时间点的标定磁观测数据的基础上,上述公式中A可以通过以下公式来表示:

$$[0079] \quad A = \begin{bmatrix} \Lambda_1 \\ \vdots \\ \Lambda_N \end{bmatrix} \in R^{3N \times 18}$$

[0080] 在该公式中,  $\Lambda_1 - \Lambda_N$  即可视为是 1-N 个时间点的磁观测矩阵, 而线性观测模型中

$$\text{的 } b \text{ 可以表示为: } b = \begin{bmatrix} |\vec{B}_{t,1}| \hat{B}_{t,1} \\ \vdots \\ |\vec{B}_{t,N}| \hat{B}_{t,N} \end{bmatrix}。$$

[0081] 在确定出了线性磁观测模型每一项的具体参数之后, 可以求解线性磁观测模型的未知参数。其中, 求解线性磁观测模型未知参数的方法有许多种, 例如, 可以采用最小二乘法进行未知参数的求解, 当然, 在实际应用中, 也可以通过其他的方式来求解, 本说明书对此不做具体的限制。

[0082] 为了获得更加精确的未知参数的数值, 在本说明书中, 可以对上述过程中所使用的数据进行滤波器处理, 具体过程将在下面进行详细描述。

[0083] 在上述步骤确定出每个时间点对应的磁观测矩阵, 各个时间点对应的标定磁观测数据, 以及确定出包含有未知参数的线性磁观测模型之后, 可以通过预设的滤波器对标定磁观测数据进行滤波, 过滤掉标定磁观测数据包含的地球磁场数据, 得到滤波后的标定磁观测数据, 以及通过滤波器, 对磁变化率进行滤波, 过滤掉磁变化率包含的地球磁场数据, 得到滤波后的磁变化率。而后, 服务器可以根据滤波后的标定磁观测数据以及滤波后的磁变化率, 对线性磁观测模型进行拟合, 以确定未知参数。通过滤波器对标定磁观测数据和磁变化率进行滤波处理, 能够保留大部分的干扰磁数据, 所确定的线性磁观测模型精准度更高, 从而求得更加精确的未知参数的数值, 进而可以排除地磁观测数据中大部分的干扰磁数据的影响, 实现更准确的导航。

[0084] 滤波处理后的线性磁观测模型可以通过以下公式表示:  $b_f = A_f \beta$ ;

[0085] 其中,  $b_f = \text{bpf}(b)$ ,  $A_f = \text{bpf}(A)$ ,  $b_f$  即为滤波后的标定磁观测数据, 而  $A_f$  则用于表示滤波后磁变化率。

[0086] S104: 获取所述飞行器在目标区域飞行时所采用的矢量地磁观测数据, 作为目标观测数据。

[0087] 上述步骤 S101 ~ 步骤 S103 主要描述了标定阶段的过程, 在完成上述标定阶段后, 即可确定出包含有具体参数数值的线性磁观测模型, 进而通过这一模型, 来执行导航阶段。下面将对导航阶段进行详细描述。

[0088] 在导航阶段中, 服务器在进行导航前会获取搭载有地磁测量传感器的飞行器在目标区域飞行时采集到的矢量地磁观测数据, 以便后续可以确定出飞行器在目标区域的实际磁数据, 实现精确导航。其中, 这里提到的目标区域, 即为搭载有地磁测量传感器的飞行器在实际飞行时所处的地理区域。

[0089] S105: 根据求解出所述未知参数的线性磁观测模型以及所述目标观测数据, 确定所述飞行器所产生的干扰磁数据。

[0090] 服务器在获得上述飞行器采集到的矢量地磁观测数据之后, 会根据标定阶段确定出的表示飞行器采集到的矢量地磁观测数据和飞行器产生的干扰磁数据关系的参数, 来确

定出飞行器产生的干扰磁数据的大小。

[0091] S106:根据所述目标观测数据以及所述干扰磁数据,确定所述飞行器在目标区域飞行时所处位置的实际磁数据。

[0092] 服务器在获取到飞行器产生的干扰磁数据的大小之后,可以根据采集到的矢量地磁观测数据也就是目标观测数据,求解出飞行器在目标区域飞行时所处位置的实际磁数据。

[0093] 具体的,可以将目标观测数据中去除确定出的干扰磁数据,从而确定出飞行器在目标区域飞行时所处位置的实际磁数据。

[0094] S107:根据所述实际磁数据,对所述飞行器在所述目标区域的飞行进行导航。

[0095] 服务器在获取到飞行器所处位置的实际磁数据之后,可以根据实际磁数据所确定飞行器所处的地理坐标,以及结合通过其他传感器(如雷达、全球定位系统(Global Positioning System,GPS)、北斗导航)等方式所确定出的飞行器所处的地理位置,确定出飞行器所处的实际位置坐标,进而根据飞行器当前所处的实际位置坐标以及飞行器所要飞行至的目的地,生成相应的导航路线,从而实现对飞行器在目标区域中飞行的精确导航。

[0096] 值得说明的是,在本说明书中,导航阶段也可以是飞行器作为执行主体进行导航。在本说明书中,标定阶段,确定线性磁观测模型,求解未知参数的过程中所用到的公式只是本说明书的一种示例形式,在实际应用时,并不一定局限于上述形式。

[0097] 从上述方法中可以看出,通过获取到的校准区域内采集到的矢量地磁观测数据,确定出矢量地磁观测数据在指定方向上的磁变化率,进而确定出包含有表示飞行器采集到的矢量地磁观测数据以及飞行器产生的干扰数据之间关系的未知参数的线性磁观测模型并且求解出未知参数,这使得飞行器在目标区域飞行时可以通过采集到的矢量地磁观测数据和求解出未知参数的线性磁观测模型,求解出飞行器产生的干扰磁数据,进而排除掉飞行器采集到的地磁观测数据中的干扰磁数据的影响,得到飞行器所处位置的实际磁数据,以提高导航的精度。

[0098] 以上为本说明书的一个或多个实施例提供的基于矢量数据的地磁导航方法,基于同样的思路,本说明书还提供了相应的基于矢量数据的地磁导航装置,如图2所示。

[0099] 图2为本说明书提供的一种基于矢量数据的地磁导航装置的示意图,包括:

[0100] 获取模块201,用于获取搭载有地磁测量传感器的飞行器进行飞行时所采集到的矢量地磁观测数据,作为标定磁观测数据;

[0101] 确定模块202,用于确定所述标定磁观测数据在指定方向上的磁变化率;

[0102] 计算模块203,用于确定包含有未知参数的线性磁观测模型,并根据所述标定磁观测数据和所述磁变化率,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数,其中,确定出的参数用于表示:所述飞行器采集到的地磁观测数据以及所述飞行器产生的干扰磁数据之间的关系;

[0103] 应用模块204,用于获取所述飞行器在目标区域飞行时所采用的矢量地磁观测数据,作为目标观测数据;根据求解出所述未知参数的线性磁观测模型以及所述目标观测数据,确定所述飞行器所产生的干扰磁数据;根据所述目标观测数据以及所述干扰磁数据,确定所述飞行器在目标区域飞行时所处位置的实际磁数据;根据所述实际磁数据,对所述飞行器在所述目标区域的飞行进行导航。

[0104] 可选地,所述计算模块203具体用于,根据所述磁变化率以及所述标定磁观测数据在所述指定方向上的分量磁观测数据,确定磁观测矩阵;根据所述磁观测矩阵以及所述标定磁观测数据,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数。

[0105] 可选地,所述获取模块201具体用于,获取搭载有地磁测量传感器的飞行器进行飞行时所采集到的各时间点的矢量地磁观测数据,作为各时间点对应的标定磁观测数据;

[0106] 所述确定模块202具体用于,针对每个时间点,确定该时间点的标定磁观测数据在所述指定方向上的磁变化率,作为该时间点对应的磁变化率;

[0107] 所述计算模块203具体用于,针对每个时间点,根据该时间点对应的磁变化率以及该时间点的标定磁观测数据在所述指定方向上的分量磁观测数据,确定该时间点对应的磁观测矩阵,根据每个时间点对应的磁观测矩阵以及每个时间点对应的标定磁观测数据,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数。

[0108] 可选地,所述计算模块203具体用于,通过预设的滤波器对所述标定磁观测数据进行滤波,得到滤波后标定磁观测数据,以及通过所述滤波器,对所述磁变化率进行滤波,得到滤波后磁变化率;根据所述滤波后标定磁观测数据以及所述滤波后磁变化率,对所述线性磁观测模型进行拟合,以确定所述未知参数。

[0109] 本说明书还提供了一种计算机可读存储介质,该存储介质存储有计算机程序,计算机程序可用于执行上述图1提供的一种基于矢量数据的地磁导航方法。

[0110] 本说明书还提供了图3所示的一种对应于图1的电子设备的示意结构图。如图3所示,在硬件层面,该电子设备包括处理器、内部总线、网络接口、内存以及非易失性存储器,当然还可能包括其他业务所需要的硬件。处理器从非易失性存储器中读取对应的计算机程序到内存中然后运行,以实现上述图1所述的基于矢量数据的地磁导航方法。

[0111] 当然,除了软件实现方式之外,本说明书并不排除其他实现方式,比如逻辑器件抑或软硬件结合的方式等等,也就是说以下处理流程的执行主体并不限于各个逻辑单元,也可以是硬件或逻辑器件。

[0112] 在20世纪90年代,对于一个技术的改进可以很明显地区分是硬件上的改进(例如,对二极管、晶体管、开关等电路结构的改进)还是软件上的改进(对于方法流程的改进)。然而,随着技术的发展,当今的很多方法流程的改进已经可以视为硬件电路结构的直接改进。设计人员几乎都通过将改进的方法流程编程到硬件电路中来得到相应的硬件电路结构。因此,不能说一个方法流程的改进就不能用硬件实体模块来实现。例如,可编程逻辑器件(Programmable Logic Device,PLD)(例如现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array,FPGA))就是这样一种集成电路,其逻辑功能由用户对器件编程来确定。由设计人员自行编程来把一个数字系统“集成”在一片PLD上,而不需要请芯片制造厂商来设计和制作专用的集成电路芯片。而且,如今,取代手工地制作集成电路芯片,这种编程也多半改用“逻辑编译器(logic compiler)”软件来实现,它与程序开发撰写时所用的软件编译器相类似,而要编译之前的原始代码也得用特定的编程语言来撰写,此称之为硬件描述语言(Hardware Description Language,HDL),而HDL也并非仅有一种,而是有许多种,如ABEL(Advanced Boolean Expression Language)、AHDL(Altera Hardware Description Language)、Confluence、CUPL(Cornell University Programming Language)、HDCal、JHDL(Java Hardware Description Language)、Lava、Lola、MyHDL、PALASM、RHDL(Ruby

Hardware Description Language)等,目前最普遍使用的是VHDL (Very-High-Speed Integrated Circuit Hardware Description Language)与Verilog。本领域技术人员也应该清楚,只需要将方法流程用上述几种硬件描述语言稍作逻辑编程并编程到集成电路中,就可以很容易得到实现该逻辑方法流程的硬件电路。

[0113] 控制器可以按任何适当的方式实现,例如,控制器可以采取例如微处理器或处理器以及存储可由该(微)处理器执行的计算机可读程序代码(例如软件或固件)的计算机可读介质、逻辑门、开关、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit, ASIC)、可编程逻辑控制器和嵌入微控制器的形式,控制器的例子包括但不限于以下微控制器:ARC 625D、Atmel AT91SAM、Microchip PIC18F26K20以及Silicone Labs C8051F320,存储器控制器还可以被实现为存储器的控制逻辑的一部分。本领域技术人员也知道,除了以纯计算机可读程序代码方式实现控制器以外,完全可以通过将方法步骤进行逻辑编程来使得控制器以逻辑门、开关、专用集成电路、可编程逻辑控制器和嵌入微控制器等的形式来实现相同功能。因此这种控制器可以被认为是一种硬件部件,而对其内包括的用于实现各种功能的装置也可以视为硬件部件内的结构。或者甚至,可以将用于实现各种功能的装置视为既可以是实现方法的软件模块又可以是硬件部件内的结构。

[0114] 上述实施例阐明的系统、装置、模块或单元,具体可以由计算机芯片或实体实现,或者由具有某种功能的产品来实现。一种典型的实现设备为计算机。具体的,计算机例如可以为个人计算机、膝上型计算机、蜂窝电话、相机电话、智能电话、个人数字助理、媒体播放器、导航设备、电子邮件设备、游戏控制台、平板计算机、可穿戴设备或者这些设备中的任何设备的组合。

[0115] 为了描述的方便,描述以上装置时以功能分为各种单元分别描述。当然,在实施本说明书时可以把各单元的功能在同一个或多个软件和/或硬件中实现。

[0116] 本领域内的技术人员应明白,本说明书的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此,本说明书可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本说明书可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0117] 本说明书是参照根据本说明书实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0118] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0119] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计

计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0120] 在一个典型的配置中,计算设备包括一个或多个处理器(CPU)、输入/输出接口、网络接口和内存。

[0121] 内存可能包括计算机可读介质中的非永久性存储器,随机存取存储器(RAM)和/或非易失性内存等形式,如只读存储器(ROM)或闪存(flash RAM)。内存是计算机可读介质的示例。

[0122] 计算机可读介质包括永久性和非永久性、可移动和非可移动媒体可以由任何方法或技术来实现信息存储。信息可以是计算机可读指令、数据结构、程序的模块或其他数据。计算机的存储介质的例子包括,但不限于相变内存(PRAM)、静态随机存取存储器(SRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、其他类型的随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、快闪记忆体或其他内存技术、只读光盘只读存储器(CD-ROM)、数字多功能光盘(DVD)或其他光学存储、磁盒式磁带,磁带磁磁盘存储或其他磁性存储设备或任何其他非传输介质,可用于存储可以被计算设备访问的信息。按照本文中的界定,计算机可读介质不包括暂存电脑可读媒体(transitory media),如调制的数据信号和载波。

[0123] 还需要说明的是,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、商品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、商品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、商品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0124] 本领域技术人员应明白,本说明书的实施例可提供为方法、系统或计算机程序产品。因此,本说明书可采用完全硬件实施例、完全软件实施例或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本说明书可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0125] 本说明书可以在由计算机执行的计算机可执行指令的一般上下文中描述,例如程序模块。一般地,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、组件、数据结构等等。也可以在分布式计算环境中实践本说明书,在这些分布式计算环境中,由通过通信网络而被连接的远程处理设备来执行任务。在分布式计算环境中,程序模块可以位于包括存储设备在内的本地和远程计算机存储介质中。

[0126] 本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述,各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其,对于系统实施例而言,由于其基本相似于方法实施例,所以描述的比较简单,相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

[0127] 以上所述仅为本说明书的实施例而已,并不用于限制本说明书。对于本领域技术人员来说,本说明书可以有各种更改和变化。凡在本说明书的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本说明书的权利要求范围之内。

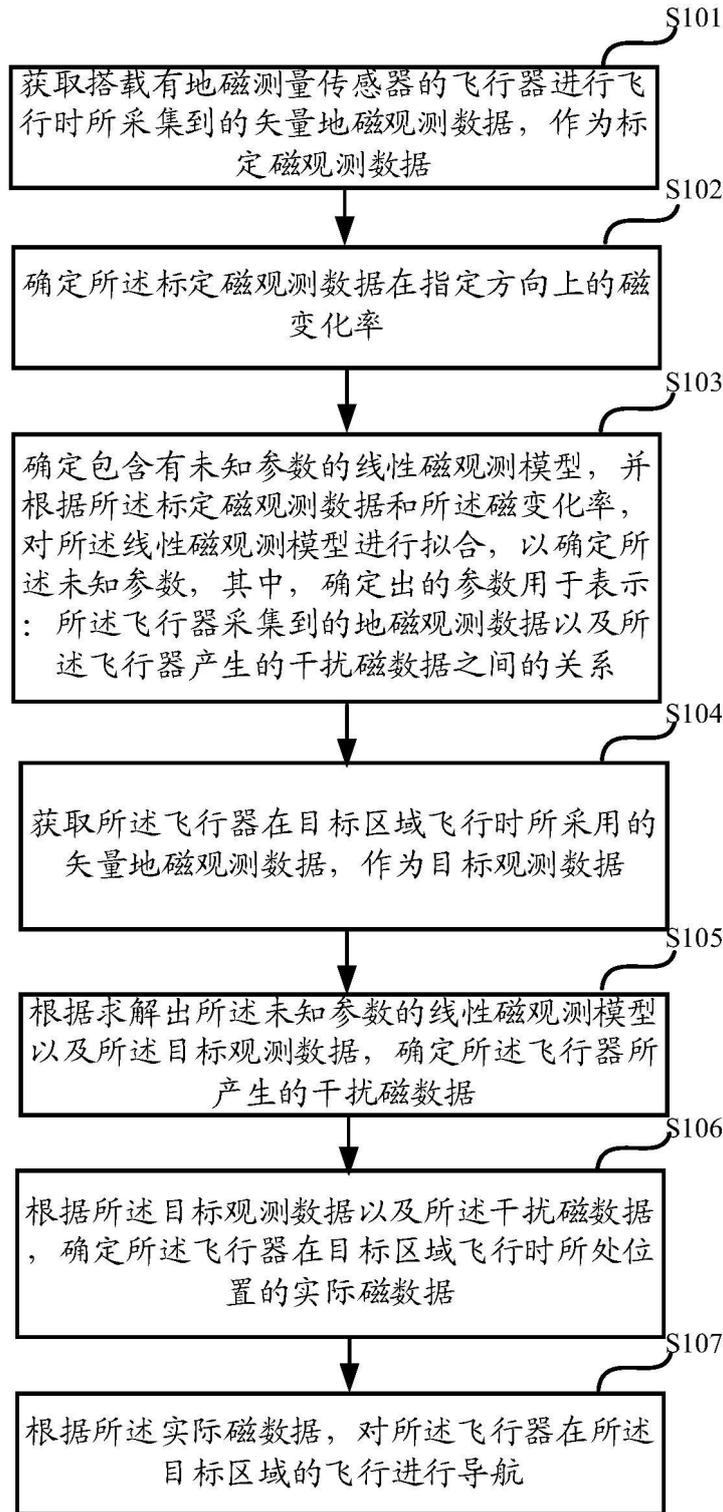


图1

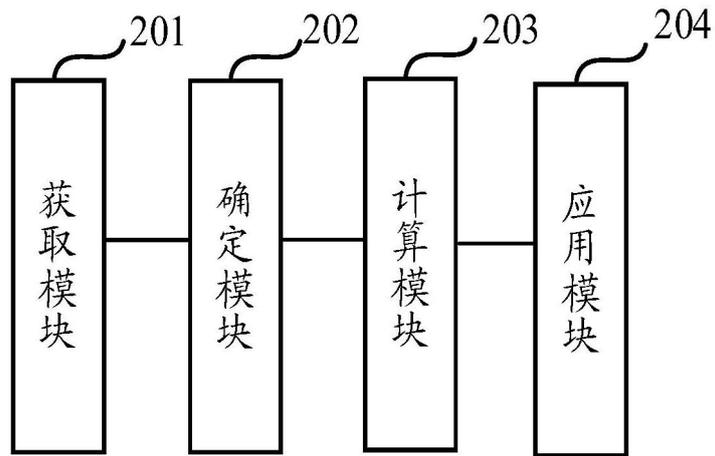


图2

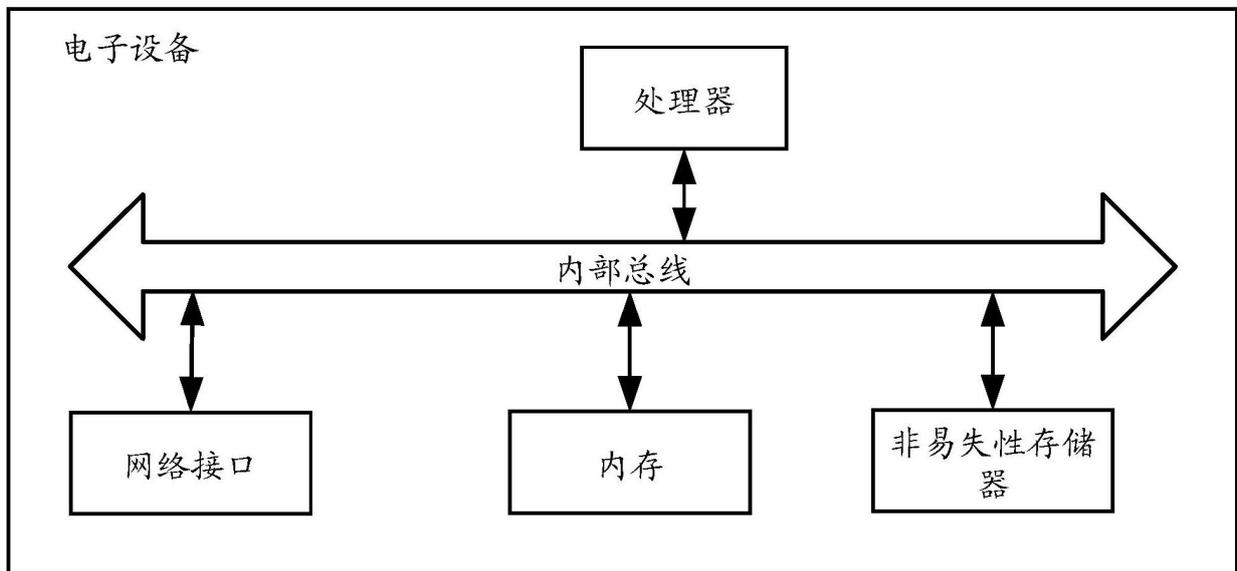


图3