

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200480040357.7

[51] Int. Cl.

A61B 5/06 (2006.01)

G01B 7/00 (2006.01)

G01S 5/02 (2006.01)

G01V 3/10 (2006.01)

[43] 公开日 2007 年 1 月 24 日

[11] 公开号 CN 1901835A

[22] 申请日 2004.11.4

[21] 申请号 200480040357.7

[30] 优先权

[32] 2003.11.14 [33] US [31] 60/520,138

[32] 2004.6.16 [33] US [31] 10/869,594

[86] 国际申请 PCT/US2004/036727 2004.11.4

[87] 国际公布 WO2005/048841 英 2005.6.2

[85] 进入国家阶段日期 2006.7.13

[71] 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 P·T·安德森

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 李静岚 王忠忠

权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 4 页

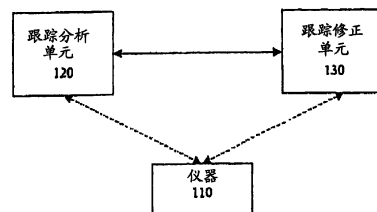
[54] 发明名称

减少电磁跟踪器中失真的系统和方法

[57] 摘要

本发明提供一种用于在电磁(EM)跟踪器中进行失真分析和减少失真的系统(100)和方法(200)。EM跟踪器可采用线圈作为接收器和发射器。系统(100)的某些实施例包括用于分析仪器(110)跟踪性能的跟踪分析单元(120)和用于补偿仪器(110)跟踪性能的跟踪修正单元(130)。这种仪器(110)例如是医疗仪器,如钻孔装置、导管、外科手术刀或观察仪器。这些仪器及其周围环境经常包含金属部件。将EM导航装置,如接收器或发射器,放置在仪器(110)上可导致影响跟踪和跟踪准确度的磁场内失真。可以预见医学应用以外的利用,除了EM跟踪系统之外的跟踪系统,例如超声或惯性位置。

100
↓



- 1、一种改进的电磁跟踪系统，该系统包括：
用于发射信号的发射器；
用于接收来自发射器的信号的接收器，所述发射器和接收器用于
5 跟踪物体；和
用于分析物体失真特征的失真处理系统（100）。
2、根据权利要求1所述的系统，其中失真处理系统（100）包括
用于模拟失真特征对跟踪的影响的虚拟电磁跟踪器（400）。
3、一种失真处理系统（100），该系统（100）包括：
10 用于分析仪器（110）的跟踪性能的跟踪分析单元（120）；和
用于补偿仪器（110）的跟踪性能的跟踪修正单元（130）。
4、根据权利要求3所述的系统（100），其中跟踪分析单元（120）
生成仪器（110）失真特征的绘图和模型中的至少一个。
5、一种虚拟跟踪系统（400），该系统（400）包括：
15 用于模拟被跟踪物体的物体模拟模块（410）；和
用于分析物体的至少一个失真特征的模拟工具组（420），该模拟
工具组（420）能够基于该至少一个失真特征生成物体的失真信息。
6、根据权利要求5所述的系统（400），其中模拟工具组（420）
还包括用于确定被模拟的物体跟踪的准确度的准确度模块（430）。
20 7、根据权利要求5所述的系统（400），其中模拟工具组（420）
还包括用于确定物体失真对跟踪准确度的影响的失真检测模块
（440）。
8、根据权利要求5所述的系统（400），其中模拟工具组（420）
还包括失真建模模块（450），用于生成评估物体对跟踪器环境的失真
25 影响的电磁模型。
9、根据权利要求5所述的系统（400），其中模拟工具组（420）
还包括用于改善电磁跟踪器的失真容限的失真补偿模块（460）。
10、一种用于在电磁跟踪系统中进行失真分析的方法（200），该
方法（200）包括：
30 测量物体（220）的跟踪性能；和
分析物体的跟踪性能以确定失真影响。
11、根据权利要求10所述的方法（200），其中分析步骤还包括生

成场图和模型中的至少一个以分析物体的跟踪性能，从而确定失真影响。

减少电磁跟踪器中失真的系统和方法

相关申请

- 5 本发明涉及并要求于2003年11月12日提交的,且名称为“System and Method for Distortion Reduction in an Electromagnetic Tracker”的美国临时申请 No.60/520,138 (代理人文件号 1333165NV) 的优先权。

发明背景

- 10 本发明通常涉及电磁跟踪系统。特别地,本发明涉及减少由电磁跟踪系统内的工具和其它元件引起的失真的系统和方法。

- 15 执业医师,如医师、外科医生和其他医务人员,在实行如图像引导手术或检查等医疗过程时经常依赖于技术。例如,跟踪系统可提供医疗仪器相对于患者或参考坐标系的定位信息。当医疗仪器未处于执业医师的视线内时,执业医师可参照跟踪系统确定医疗仪器的位置。跟踪系统还有助于预先制订手术方案。

- 跟踪或导航系统使执业医师能够观察患者解剖学结构并跟踪仪器的位置和取向。执业医师可采用跟踪系统确定何时仪器放置到所需位置。执业医师可在所需或受损区域上定位或操作,从而避免在其它结构上的定位或操作。医疗仪器患者体内定位精度的增加可通过有利于改进较小仪器的控制以减小其对患者的撞击来提供创伤较小的医疗过程。较小、更精制仪器的改进控制和精确性还可减少与如开放性手术之类的创伤较大的过程相关的危险。

- 25 跟踪系统还可在各种应用中用于跟踪除医疗仪器以外的其它物品。也就是说,跟踪系统可用于难于由视觉检查准确确定物体或环境内仪器位置的其它场合。例如,跟踪技术可用于法庭或安全应用。零售商店可采用跟踪技术防止偷窃商品。在这种情况下,可在商品上放置无源应答器。在零售设施内有策略地放置发射器。该发射器以一定频率发射激励信号,该频率设计成从应答器产生响应。当带有应答器的商品位于发射器的发射范围内时,应答器产生可由接收器检测到的响应信号。而后,接收器基于响应信号的特征确定应答器的位置。
- 30

跟踪系统还经常用于虚拟现实系统或模拟器。跟踪系统可用于监视模拟环境中的人的位置。一个或多个应答器可位于人或物体上。发射器发射激励信号，而应答器产生响应信号。接收器检测该响应信号。而后，由应答器发射的信号可用于监视模拟环境中人或物体的位置。

5 跟踪系统可以例如是超声、惯性位置或电磁跟踪系统。电磁跟踪系统可采用线圈作为接收器和发射器。典型地，电磁跟踪系统配置成工业标准线圈体系结构（ISCA）。ISCA采用三个并置的（colocated）正交准偶极发射器线圈和三个并置的准偶极接收器线圈。其它系统可采用三个较大的非偶极非并置发射器线圈以及三个并置准偶极接收器
10 线圈。另一个跟踪系统体系结构采用空间分布的六个或更多个发射器线圈阵列和一个或多个准偶极接收器线圈。可选择地，可采用单个准偶极发射器线圈和空间分布的六个或更多个接收器阵列。

ISCA跟踪体系结构采用三轴偶极发射器和三轴偶极接收器。每个三轴发射器或接收器构造成使三个线圈呈现出相同的有效面积、彼此
15 呈正交方向并且以同一点为中心。如果线圈与发射器和接收器之间的距离相比足够小，则线圈可呈现偶极性能。由三个一组的发射器线圈产生的磁场可由三个一组的接收器线圈检测。例如，采用三个近似同心定位的发射器线圈和三个近似同心定位的接收器线圈，可获得九个参数测量。由该九个参数测量和一个已知位置或取向参数，位置和取向
20 计算可以以三个自由度确定每个发射器线圈相对于接收器线圈三个一组的位置和取向信息。

许多医疗过程涉及医疗仪器，如钻孔装置、导管、外科手术刀、分流器和其它工具。许多用于医疗活动中的仪器包括金属部件。此外，医疗仪器或跟踪系统周围环境中可包含金属。金属或其它这类物质可
25 使电磁跟踪系统中的磁场失真。电磁跟踪系统中的失真可导致跟踪系统不准确。

例如，执业医师依赖于电磁跟踪器来实行图像引导的手术。当在没有直接视线的环境下引导患者体内的精密仪器时，位置测量的准确性是重要的。失真会产生不准确的位置测量和对患者的潜在危险。因此，极需一种能减少跟踪测量不准确性的系统。极需一种使位置测量
30 上的失真影响最小化的系统。

因此，需要一种用于减少由电磁跟踪系统内的工具或其它元件导

致的失真的系统和方法。

发明内容

本发明的某些实施例提供一种用于在电磁跟踪器内进行失真分析和减少失真的系统和方法。改进的电磁跟踪系统的某个实施例包括用于跟踪物体的发射器和接收器以及用于分析物体失真特征的失真处理系统。发射器发射信号，而接收器接收来自发射器的信号。

在一个实施例中，失真处理系统分析从接收器接收的信号以确定跟踪准确度，失真处理系统可包括用于模拟失真特征对跟踪的影响的虚拟电磁跟踪器。失真特征可以是磁场。失真处理系统可调整物体的跟踪性能。

失真处理系统的某个实施例包括用于分析仪器跟踪性能的跟踪分析单元和用于补偿仪器跟踪性能的跟踪修正单元。跟踪修正单元可通过调整仪器的跟踪性能来补偿仪器的跟踪性能。跟踪修正单元还可通过调整跟踪仪器的跟踪系统来补偿仪器的跟踪性能。跟踪分析单元可测试已调整的仪器跟踪性能。在一个实施例中，跟踪分析单元生成仪器失真特征的绘图（map）和/或模型。该失真特征可以是磁场。在一个实施例中，失真处理系统是计算机模拟失真处理系统。

虚拟跟踪系统的某个实施例包括用于模拟待跟踪物体的物体模拟模块和用于分析至少一个物体失真特征的模拟工具组。模拟工具组能够基于失真特征生成物体的失真信息。在一个实施例中，模拟工具组包括用于确定模拟物体跟踪的准确度的准确度模块。模拟工具组可包括用于确定来自物体的失真对跟踪准确度的影响的失真检测模块。模拟工具组还可包括失真建模模块，用于产生评价物体对跟踪器环境的失真影响的电磁模型。此外，模拟工具组可包括用于改善电磁跟踪器失真容限的失真补偿模块。

电磁跟踪系统中的失真分析方法的某个实施例包括测量物体的跟踪性能并分析物体的跟踪性能以确定失真影响。该分析还可包括产生磁场图和/或物体模型以分析物体的跟踪性能来确定失真影响。该方法还可包括模拟物体的跟踪以确定失真影响。此外，该方法可包括在电磁跟踪环境中建立电磁场模型以分析失真影响。该方法还可包括基于失真影响改善电磁跟踪系统中的失真容限。

在一个实施例中，该方法包括调整仪器的跟踪性能以减少失真影

响。该方法还包括测试仪器以验证减少的失真影响。在一个实施例中，该方法包括调整电磁跟踪器以补偿失真影响。该方法还可包括测试该仪器以验证减少的失真影响。

附图说明

5 图 1 示出根据本发明实施例所采用的用于改善电磁跟踪器内位置测量准确度的失真处理系统。

图 2 示出根据本发明实施例所采用的在电磁跟踪系统内进行失真处理的方法流程图。

10 图 3 示出根据本发明实施例的对仪器进行电磁评估的方法流程图。

图 4 示出根据本发明实施例所采用的用于 EM 跟踪器研制的虚拟跟踪器。

15 当结合附图进行阅读时，前述概述以及下面本发明某些实施例的详细描述将会得到更好的理解。为了解释说明本发明，某些实施例在附图中示出。然而应当理解，本发明不受限于附图中所示出的布置和手段。

具体实施方式

20 仅为解释说明目的，下面的详细描述参照与图像引导手术系统一起使用的电磁跟踪系统的实施例。应当理解，本发明可与其它成像系统和其它应用一起使用。

25 图 1 示出根据本发明所采用的用于改善电磁 (EM) 跟踪器内位置测量准确度的失真处理系统 100。系统 100 包括仪器 110、跟踪分析单元 120 和跟踪修正单元 130。跟踪分析单元 120 观察仪器 110 的跟踪性能。跟踪修正单元 130 试图基于来自跟踪分析单元 120 的信息改善或补偿仪器 110 的跟踪性能。跟踪分析单元 120 和跟踪修正单元 130 可以由硬件和/或软件实施为分立单元或单个单元。跟踪分析单元 120 和/或跟踪修正单元 130 可与 EM 跟踪器集成在一起或可以是一个独立系统。

30 仪器 110 可以是任何用于医疗活动中的仪器，如整形工具（例如，电钻或风钻）、导管、外科手术刀、观察仪器、支架或其它工具。仪器 110 可产生或影响导致 EM 跟踪器读数失真的磁场。将 EM 导航装置，如接收器或发射器，放置在仪器 110 上可对失真和/或失真对跟踪上的

效果产生影响。

跟踪分析单元 120 分析仪器 110 的跟踪性能和影响。跟踪分析单元 120 对仪器 110 实行实际和/或模拟的 EM 跟踪以确定仪器 110 对位置和/或取向计算的失真影响。跟踪分析单元 120 可以是模拟跟踪系统内来自仪器 110 的影响的计算机。将接收器放置在仪器 110 上，接收器和/或其它传感器可用于收集关于仪器 110 的信息。跟踪分析单元 120 获得仪器 110 的磁场数据。跟踪分析单元 120 生成仪器 110 在跟踪坐标系内的位置和取向数据。对仪器 110 跟踪的其它影响可由跟踪分析单元 120 测量和/或模拟。跟踪分析单元 120 还可生成关于仪器 110 周围磁场和失真影响的绘图和/或模型。

跟踪修正单元 130 调整或补偿仪器 110 的跟踪性能。跟踪修正单元 130 采用绘图、模型和/或其它来自跟踪分析单元 120 的数据使来自仪器 110 的失真影响最小化。跟踪修正单元 130 可测试仪器 110 上的不同接收器和/或发射器配置以改进仪器 110 的跟踪性能。跟踪修正单元 130 可对 EM 跟踪器进行修改、重新校准或重新编程以抵销来自仪器 110 的失真影响。

仪器 110 的跟踪性能可以以各种方式进行调整或补偿。例如，可改良仪器 110 和/或系统 100 部件的数学模型以校正失真。例如，可改良和校正磁场模型以减少跟踪仪器 110 中的误差。此外，可对失真建立模型，如采用仪器 110 失真的环状模型，以及可在跟踪测量后补偿误差。此外，可屏蔽仪器 110 或其它系统 100 部件以产生可在跟踪测量之前或之后补偿的已知失真。可校准 EM 跟踪器和/或可调整发射器或接收器在仪器 110 上的位置以补偿或减少跟踪中的失真。

在另一实施例中，靠近仪器 110 的失真物，如靠近仪器上的三线圈发射器或接收器的失真可通过将仪器表征为包含该失真来补偿。可选择地，例如，采用一线圈发射器和接收器阵列允许跟踪发射器增益，而不是准确表征发射器。增益跟踪可有助于减少仪器 110 跟踪内的失真影响。

在一个实施例中，EM 跟踪器包括用于发射信号的发射器、用于接收来自发射器的信号的接收器和用于分析由接收器接收的信号跟踪器电子装置。跟踪器电子装置基于来自接收器和/或发射器的信号确定跟踪坐标系内仪器 110 的位置和/或取向。在一个实施例中，接收器放

置在仪器 110 上以确定仪器 110 相对于发射器的位置和/或取向。在可选择实施例中，发射器可放置在仪器 110 上以确定仪器 110 相对于接收器的位置和/或取向。用于 EM 跟踪器内的 EM 导航设备可以例如是有线和/或无线设备（例如无线发射器）。可以采用来自失真处理系统 100 的信息调整 EM 跟踪器的配置以补偿来自仪器和操作环境的失真影响。

5 在操作中，采用 EM 跟踪器或其它 EM 导航设备跟踪仪器 110。可以在物理 EM 跟踪器内跟踪仪器 110 或者可以在虚拟跟踪系统内跟踪仪器 110 的模拟。跟踪分析单元 120 测量涉及仪器 110 跟踪的参数，如场、位置和取向数据。跟踪分析单元 120 生成仪器 110 的失真模型和/或场图。而后，跟踪修正单元 130 采用该模型和/或该图以及来自跟踪分析单元 120 的其它数据使来自仪器 110 的失真影响最小化。跟踪修正单元 130 可测试各种接收器配置和/或在仪器 110 上的放置以使 EM 跟踪器内的失真最小化。例如，将接收器组件放置在钻孔装置的某点上可使由来自钻孔装置的场导致的失真最小化。跟踪修正单元 130 还可重新配置或重新校准 EM 跟踪器以解决来自仪器 110 的失真影响。例如，EM 跟踪器可被编程为预见由被跟踪钻孔装置导致的某个失真。此外，跟踪修正单元 130 可以对 EM 跟踪器进行编程以忽略来自周围环境的失真影响，如患者安置表面的金属、光和/或房间结构。跟踪分析单元 120 而后可测试 EM 跟踪器内的仪器 110 以验证位置准确度。如果测试是满意的，则仪器 110 可由执业医师采用并在 EM 跟踪器内受到跟踪。

图 2 示出根据本发明的实施例所采用的用于在电磁跟踪系统中进行失真处理的方法 200 的流程图。首先，在步骤 210，采集仪器 110。在一个实施例中，可物理或虚拟地（例如，图像或电子表示）采集仪器 110。

25 然后，在步骤 220，测量仪器 110 的跟踪性能。例如，如果已物理采集仪器 110，则测量磁场、位置、取向和/或其它数据。如果虚拟表示仪器，则例如可在计算机或虚拟跟踪器上模拟仪器 110 影响。可以观察和/或模拟电磁跟踪期间仪器 110 的失真和/或其它特征。可生成绘图和/或模型以分析仪器 110 周围的磁场和失真影响。

30 接下来，在步骤 230，调整仪器 110 或跟踪器的跟踪性能以减少或补偿来自仪器 110 的失真影响。分析跟踪仪器 110 中的误差。可测试不同仪器 110 和接收组件配置以确定哪种配置能使失真影响和其它误

差最小化。可测试跟踪器的校准或配置以确定哪种配置能最大补偿失真和其它影响。

此外，可分析已调整仪器 110 或跟踪器后所残存的残留误差。可分析残留误差以确定残留误差是否低于某一阈值。例如，如果残留误差足够小，可忽略残留误差。进一步，分析残留误差的稳定性。例如，在给定的噪声和其它因素情况下，可分析残留误差以确定残留误差是否可靠低于某一阈值。在一个实施例中，如果残留误差没有可靠低于某一阈值，则进一步调整仪器 110 或跟踪器以减少残留误差。

然后，在步骤 240，测试已调整的仪器 110 和/或跟踪器以验证跟踪准确度。在一个实施例中，采用在上述步骤 220 期间生成的绘图和/或模型重新获取位置测量值。如果仪器 110 的跟踪数据满足某些标准或改进水平，则仪器 110 可与电磁跟踪器一起使用。

可采用许多方法来评估仪器 110 的电磁性能。图 3 示出根据本发明实施例的用于进行仪器 110 电磁评估的方法 300 的流程图。首先，在步骤 310，可实行初步测试以估计接收器组件相对于被测试仪器 110 的最佳放置。而后，在步骤 320，通过在数值工作范围上的准确度研究评估接收器的放置。接下来，在步骤 330，执行工作流程测试以解决工作流程问题。可采用变化的细节水平执行工作流程测试以确定仪器 110 和手术工作流程之间的相互作用。下面将进一步描述示出方法 300 步骤的实例。

例如，采用初步白板或基于机器人的测试来估计 EM 接收器包相对于被考虑仪器 110 的最佳放置。例如，通过分析跟踪系统与仪器位置的拟合数据的良好度可进行接收器放置合适度的分析。此外，可对固定的 EM 接收器和发射器位置实行在重复测试上的位置和取向数据稳定性分析。

可通过机器人和手工模型 (manual phantom) 准确性分析来评估 EM 接收器包的放置。EM 接收器包可固定到处于测试下的仪器 110 和/或机器人评估固定设备上。机器人和/或手工模型可用于评估在给定尖端补偿长度下 EM 跟踪器工作范围上的相关误差。例如，可对多个测量值分析最大值、均方根 (rms) 值、标准值和误差直方图。此外，可获得可接受准确度的工作范围。还可分析工作电机对仪器 110 性能产生的影响。进一步地，可分析电磁场完整性检测器 (FID) 检测由仪器 110

的金属失真产生的位置误差的能力。

可采用各种工作流程测试来解决电磁跟踪器和失真处理系统 100 中的工作流程方面的问题。基于范围位置输出和 FID 警告测量移动范围和患者周围环境的影响。在一个实施例中，仪器 110 由粗略近似表示。例如，手术钻孔装置可由喷射器表示。例如，钻孔装置引导装置可由木销钉表示，其中接收器包在合适位置敲入其中。采用粗略近似的测试旨在为各种应用提供仪器和手术工作流程之间的相互作用初始指示。

在另一实施例中，采用仪器 110 的更接近近似实行测试。采用合适的材料来识别跟踪和 FID 误差。例如，通过采用插在木制测试台上的不锈钢板和/或棒作为手术室和骨折台的代用品，测试可以模拟患者的周围环境。

在另一实施例中，可采用原型工具来近似仿制处于临床测试中的仪器 110。例如，概念仪器模型可用于患者周围环境中，如具有尸体或测试对象的医院手术室。可采用测试来识别跟踪和 FID 误差。

此外，可采用模拟工具组来开发和测试 EM 跟踪器系统。例如，模拟工具组可探测不同线圈体系结构的跟踪性能、金属公差和/或失真检测。可调整工具组以开发和测试仪器 110 的能力和/或仪器 110 的应用。

可采用模拟工具检查未失真跟踪器的准确性限制。具有模拟工具组的虚拟跟踪器 (VT) 为检查由于信噪比、制造误差、校准误差和其它因素导致的准确性限制提供受控系统。还可研究各个跟踪器参数以得到跟踪器系统准确性上的单个和/或联合影响。

模拟工具还可用于失真建模。在一个实施例中，VT 包括物体环境的电磁建模。该模型可用于分析跟踪器工作容积内或附近的物体的失真影响。失真物体可包括例如手术工具、房间结构（例如，钢筋地板和/或铅壁）、手术室台或灯。首先，对于给定的线圈体系结构评价物体的失真特性。在一个实施例中，在未采用补偿技术的情况下评价失真特性。采用 VT 推导出对金属失真具有改进的容限的传感器体系结构，包括固定的（例如被跟踪的手术仪器）和偶发性的（例如台床或夹子）失真。

VT 还可用于改善失真补偿或失真容限跟踪。可采用失真建模数据

来有利于提高 EM 跟踪系统内的失真容限。例如，无源和/或有源屏蔽技术使传感器能够与失真工具集成在一起。例如，失真绘图技术，如位置和取向 (P&O) 绘图或 EM 场绘图，可以以测量数据、模拟数据或数据合并为基础。从测量和/或模拟数据中提取减少的自由度 (DOF) 参数化模块 (例如，多个偶极模块) 可改善失真容限或补偿。在一个实施

5 实施例中，多传感器“绘图室”和/或机器人数据采集可用于绘制失真数据。

此外，可改进失真检测。可改进 FID 算法。例如，可改进单个位置传感器 FID，收集和分析来自多传感器信息的方法，表征 FID 算法弱

10 点和模型拟合过程。

图 4 示出根据本发明实施例所采用的用于 EM 跟踪器开发的虚拟跟踪器 (VT) 400。VT 400 包括物体模拟模块 410 和模拟工具组 420。例如，VT 400 可以实施为通用计算机上的软件或者专用处理器或电路。VT 400 可以与上述失真处理系统 100 集成在一起。

15 物体模拟模块 410 模拟待跟踪的物体或仪器 110。仪器 110 的数据特征由物体模拟模块 410 生成。模拟工具组 420 采用来自物体模拟模块 410 的模拟数据分析虚拟跟踪系统中仪器 110 的特征和跟踪性能。在一个实施例中，模拟工具组 420 包括准确度模块 430、失真检测模块 440、失真建模模块 450 和失真补偿模块 460。

20 准确度模块 430 分析仪器 110 或仪器 110 的虚拟表征以确定模拟 EM 跟踪器的准确度和仪器 110 对 EM 跟踪器准确度的影响。准确度模块 430 检查信噪比、误差，如仪器 110 的制造误差和校准误差，以及其它因素，从而确定对跟踪器测试准确度的单个和/或联合影响。

失真检测模块 440 确定失真对跟踪准确度的影响。失真检测模拟

25 440 利用场完整性检测 (FID)、失真和仪器模型和传感器信息来确定来自仪器 110 的失真场。来自失真检测模块 440 的失真信息可用于调整跟踪器和跟踪器软件以提高跟踪准确度。

失真建模模块 450 生成 EM 跟踪器环境的电磁模型。该模型用于评价物体在跟踪器工作容积内或附近的失真影响。失真建模模块 450 建立各种物体的失真场，如仪器 110 和跟踪器的工作环境 (墙壁、地板、患者床等)。来自失真建模模块 450 的信息可用于更改仪器 110 的配

30 置和/或研制对固定和/或偶发性金属失真具有改进的容限的跟踪器传

传感器体系结构。

失真补偿模块 460 用于提高 EM 跟踪器和相关系统的失真容限。例如，失真补偿模块 460 可用于模拟传感器屏蔽技术（例如，无源和/或有源）、失真绘图技术、参数化物体模型提取和/或场绘图。模拟结构
5 和数据可用于对 EM 跟踪器进行编程和/或提高 EM 跟踪器的失真容限。

在某一实施例中，VT 400 可用于帮助提供对于偶发性失真稳健的跟踪系统。来自 VT 400 的信息可有助于使传感器与手术工具紧密或符合人体工程学地集成在一起。来自 VT 400 的信息可有助于配置和校准仪器、仪器引导装置和跟踪系统。VT 400 的模块有助于提供可靠的对
10 导致物体不准确跟踪的检测。VT 400 的某些实施例还可有利于操作在受限于 SNR 的跟踪准确度下的跟踪系统（例如，减少的系统误差）。

根据本发明的某些实施例，各种系统、方法和物体可用于失真检测、补偿和容限。下面描述几个用于解释说明目的的实例。

在一个实施例中，如果失真物体（失真物）相对于 EM 发射器固定，
15 则来自失真物的失真可采用各种方法绘制。对于发射器内的每个发射器线圈，可在围绕失真物的边界表面上测量磁场的法向分量。可从测量值中减去未失真场值以确定边界上来自失真物的场。在一个实施例中，采用拉普拉斯方程和有限元分析来计算边界外的失真场。在另一实施例中，将失真物建立成边界内的例如各种位置、取向和/或强度的
20 偶极阵列。调整偶极的位置、取向和/或强度以与边界处的场拟合。而后，将发射器偶极添加到失真物偶极阵列。偶极形成被测边界外发射器和失真物的解析模型。采用该模型，可在边界的任意点处计算磁场、磁场幅度平方和磁场梯度。

对于发射器线圈场幅度，例如，可从三个一组的发射器场幅度平方
25 方计算一组八个函数。例如，可为每个 x、y 和 z 分量符号的合并量确定一个函数。例如，可采用查表插值法和/或 Raab 的信号-矩阵-符号（Raab's signal-matrix-sign）函数确定这些函数。在一个实施例中，在没有失真的情况下，八个函数是相等的。函数的倒置可产生失真绘制。此外，可旋转函数以产生所需的绘制。可采用场和梯度模块
30 计算失真的最小二乘法最佳拟合解。

可选择地，可从失真物场测量信号矩阵。而后，计算发射器线圈磁场幅度。确定未失真发射器线圈的近似位置（例如，采用 Raab 算法）。

选择发射的符号并选取候补解。如果该解靠近轴，则可旋转矩阵函数使其离开轴。可获取解。选择符号。而后将矩阵转回原始位置。该解表示近似的无失真解。而后采用所计算的未失真发射器偶极计算最小二乘法最佳拟合解。该解包括失真误差。采用包括失真的场和梯度模块计算第二个最小二乘法最佳拟合解。重复失真最小二乘拟合可改善由二级影响产生的结果。

在一个实施例中，ISCA 失真绘制过程可用于将失真物建立成偶极阵列的模型。失真产生的偶极受到来自发射器的偶极场的激发。失真物偶极增益是失真物偶极力矩与失真偶极位置处的未失真发射器场的比。失真偶极朝向与发射器场相反的方向。然而，失真偶极可能不平行于发射场。因此，失真物响应对应于在 x 、 y 和 z 方向上的失真发射器场分量可以是不同的。在一个实施例中，增益矩阵或张量不依赖于发射器场。如果移动发射器，失真增益保持不变。可采用失真物位置处的新发射器场值重新计算失真场。因此，失真补偿可由参数进行调谐以校正移动的发射器。

例如，接收器可安装在清除器刀片上。该刀片安装到清除器壳体内具有不受控滚动角的轴上。该壳体导致失真。该壳体是不对称的，因此失真随壳体相对于接收器的滚动而变化。具有如失真图滚动值之类的跟踪时间可调参数的失真图可以适应来自清除器壳体的失真。采集另外的数据点能够计算失真图滚动值以适应相对于发射器或接收器或任何位置固定的失真物。如果存在一个以上的失真物，迭代分析可得出失真物对彼此产生的影响。也就是说，例如，每个失真物可受到由发射器产生的场和由另一个失真物产生的场的影响。

在一个实施例中，可在失真处理系统 100 中模拟导电环的失真。相对于发射器确定该环的位置和取向。还确定该环的形状。导体的横截面与环的尺寸相比较小。因此，当计算环和发射器线圈之间的互感时，该导体可被看作是无限小。此外，当计算环的自感时，可忽略导体的自感。而后，可由环的形状计算环的自感。例如，环与发射器线圈之间的互感可由费曼互感二重积分计算。发射器线圈的发射器模型可用于确定某一位置 (x, y, z) 的每线圈电流的磁场，其单位为特斯拉每安培。而后可由电流值和每电流值的磁场计算失真物环的场模型。

在一个实施例中，可采用包括较大数目小螺旋线圈的发射器线圈

板来进行磁场失真绘制。驱动器板每次驱动该板上线圈中的一个。在一个实施例中，一个频率驱动线圈板上的时间复用（time-multiplexed）线圈。板的元件侧朝向容积内部。板的焊接侧面向容积的外部。被测试的装置放置在容积内。板的元件侧使板的焊接侧与被测试的装置静电屏蔽开并为驱动器电流提供返回路径。

板上的每个线圈连接到一个开关。线圈和相应的开关串联连接。未选择的线圈接交流地。选定线圈的电流流到电流测量装置。开关可以是例如光耦合器、二极管或串联二极管，和/或三极管。元件侧上的Y线由交流源驱动。每根Y线由元件侧上的接地轨迹静电屏蔽。X线位于元件侧且接交流地或虚拟地。X线连接到电流测量装置。线圈与开关在X和Y线的交点处串联连接。在一个实施例中，板包括多个在X和Y线的交点处串联连接的线圈和开关。线圈板或驱动器板可包括时间复用逻辑电路以便为线圈供电。时间复用线圈和电流测量装置用于建立被测试装置周围的磁场失真绘图。

在一个实施例中，荧光镜成像系统采用一对安装在荧光照相机校准固定设备上的ISCA接收器。荧光照相机校准固定设备可以安装在例如影像增强器管上。影像增强器包括各种金属并且使磁场失真偏离电磁跟踪器。机器人系统可用于绘制失真和生成跟踪器校正表。而后该表可用于校正由失真产生的跟踪误差。同一形号的不同影像增强器呈现稍稍不同的磁场失真。因此每个增强器可采用不同的失真校正表。

失真罐可用于照相机校准固定设备。在一个实施例中，罐包括单片高导金属，如铜、银或铝。罐尽可能多地包围影像增强器，与机械限制物相一致并能够在影像增强器前面形成透明区域。罐也产生跟踪器的磁场失真。因此，绘制罐的失真并用所生成的跟踪器校正表进行校正。在一个实施例中，罐金属的厚度大于金属的透入深度（skin depth），从而磁场一点也不会穿透金属和金属后面的容积。罐将大部分磁场与影像增强器屏蔽开，从而增强器几乎没有场失真。因此，采用这种罐，改变影像增强器不会对场失真产生明显的影响。一个失真校正表可用于给定型号的所有影像增强器。在另一个实施例中，一个失真校正表可用于不同型号的影像增强器。

此外，荧光镜或其它X线系统可包括X线散射滤光器。在一个实施例中，X线散射滤光器包括铅和可透X线材料的交替层，可透X线材

料例如是塑料或铝。可提供 X 线开孔，该开孔可导电，从而阻挡磁场。滤光器可向 X 线开孔充入遮盖荧光影像增强器的导电壳。该壳使跟踪器磁场与影像增强器保持隔开，从而更换影像增强器对跟踪器具有极小的影响。

5 在一个实施例中，无源导电环可放置在荧光镜系统中靠近接收器处。无源导电环例如可相对于 ISCA 非对称放置。无源导电环消除了跟踪器的半球而不需要大型线绕线圈。可选择地，铁磁棒可放置成其一端靠近 ISCA 发射器以消除半球。此外，互易性使环或棒能够放置成靠近接收器而非发射器以解疑。

10 在一个实施例中，可绘制已有的 ISCA 种子程序 (seed routine) 以允许计算相对于系统 100 内发射器固定的失真物的种子。例如，对于每个发射器，由三个接收器线圈互感和的平方计算线圈位置分量平方 (x^2, y^2, z^2)。在一个实施例中，电感的平方不依赖于接收器取向。如果失真物相对于发射器固定，可计算绘图以代替失真物的解析偶极解。对于失真物，电感平方可仍不依赖于接收器取向。此外，互易性使接收器和发射器能够交换并且确定相对于接收器固定的失真物的位置 and 取向信息。

15 在一个实施例中，当已确定磁场绘制数据信息后，可采用若干数据简化方法。例如可在场图边界点上采用拉普拉斯方程和有限元方法。可采用内部点检查准确度。而后可以若干种形式表示失真物模型。例如该模型可以是采用插值法、函数拟合和/或基准函数的参数化和得出的查找表。可根据数学方便性和/或电磁兼容性选择基准函数。例如，可关于由参数化尺寸的失真环、棒和/或片形成的场建立基准函数。失真模型可表示成计算方便的函数形式。其它基准函数可包括例
20 如各种强度和取向的偶极以及格林函数 (Green's function)。在一个实施例中，电磁性敏感基准导致参数值提供满足拉普拉斯方程的解。此外，产生具有较少参数的“良好的”模型。可由模型产生图族。图族可提供具有较少数据点的失真绘图。

25 在一个实施例中，可为小型导电环路失真物建立简单的偶极模型。该失真物相对于电磁发射器固定。假设该失真物具有极佳导电性。来自发射器的场形成穿过环路的磁通量。该环路包括使穿过环路的总磁通量为零的涡流。由该涡流的测量，可计算由环路产生的失真场。
30

对于大型环路，可采用积分计算失真场。对于小型环路，该环路可由偶极近似，且可确定由涡流产生的场。例如，环路面积、环路内的涡流和穿环路的磁通量可用于确定来自环路的失真场。在一个实施例中，失真场可引起发射器电流中的变化，但这些变化由跟踪器电子装置进行测量和校正。

在另一个实施例中，可为小型导体失真物建立简单的偶极模型。该失真物相对于电磁发射器固定。假设失真物导电性极佳且在失真物内部不会产生磁通量。物体失真物的失真场可通过在与入射发射器场的法向平面内确定物体的较大横截面来近似。该横截面的面积可用于如上所述像小型导电环路失真物一样计算失真场。在一个实施例中，失真物有效面积对于不同方向的入射发射器场是不同的。

在另一个实施例中，可分析发射器附近的小型无限磁导率非导电铁氧体。该物体优选相对于发射器固定。该物体例如使物体内部的入射通量增加到两倍或三倍。物体失真场可近似成如上所述的类似于小型导体失真物。而后，失真场可乘以通量因子，如 -2 或 -3，以得出物体内部的入射通量。

可在失真处理系统 100 中和/或采用 VT 400 测试各种仪器以确定跟踪系统的失真影响和基于失真影响校准跟踪系统。例如，可检查风钻或电钻以确定钻孔装置对跟踪系统的位置和取向准确度的影响。此外，失真处理系统 100 可用于估计 EM 接收器包和钻孔装置之间的合适附着距离。合适的接收器附着距离可改进仪器 110，如钻孔装置的跟踪。采用 FID 可改进对由仪器 110，如钻孔装置，产生的磁场失真导致的错误跟踪进行的检测。

为检查钻孔装置，传感器与发射器分开放置并与跟踪坐标系的 x 轴平行。发射器和接收器包附着到板上。在没有钻孔装置存在的情况下采集位置和取向数据以获得校准和参考数据。而后，将钻孔装置放置在距接收器包多个距离的位置处。接收器包到钻孔装置顶表面的取向与该多个距离保持平行。对该多个距离采集位置和取向。还可在多个位置处记录跟踪器拟合良好度 (GOF) 数据。接下来，可计算例如钻孔装置尖部的位置数据。采用多个测试条件确定尖部位置中的误差。采用导航算法和阈值计算 FID 数据。由于接收器包的取向和尖部偏移都平行于跟踪坐标系的 x 轴，可通过取尖部误差的 x 分量来估计理论

钻孔装置导向管弹道误差。

这样，本发明的某些实施例提供了对偶然性失真稳健和容许的跟踪系统和方法。某些实施例提供 EM 位置传感器与手术工具或其它仪器的人体工程学的和有效的结合。某些实施例提供对导致不准确跟踪的情况的可靠检测。某些实施例使具有受限于信噪比的跟踪准确度的系统误差最小化。可分析由金属失真产生的跟踪误差并采用电磁跟踪系统和失真处理器进行补偿。

某些实施例提供用于测量失真和其它影响以及调整被跟踪仪器配置的虚拟跟踪系统和模块环境、仪器导向装置和/或跟踪系统。某些实施例提供用于使跟踪系统中的失真最小化的系统和方法。某些实施例提供用于研制和测试失真容许仪器和跟踪系统的系统和方法。

虽然本发明已参照某些实施例进行描述，本领域技术人员应当理解，在不偏离本发明范围的情况下，可进行各种改变并可用等效物进行替代。此外，在不偏离本发明范围的情况下，根据本发明的教导可进行许多修改以适应具体情况或材料。因此，本发明不是要受限于所公开的具体实施例，而是本发明将包括落入所附权利要求书范围内的全部实施例。

100

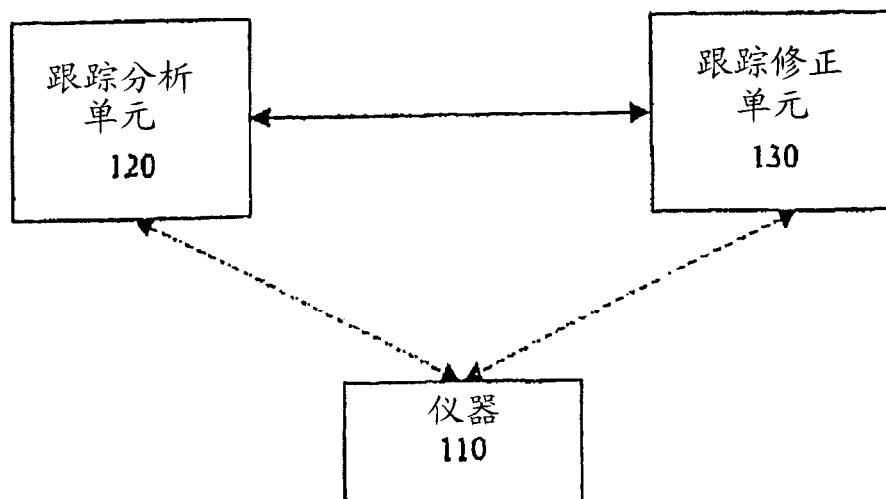


图 1

200
↓

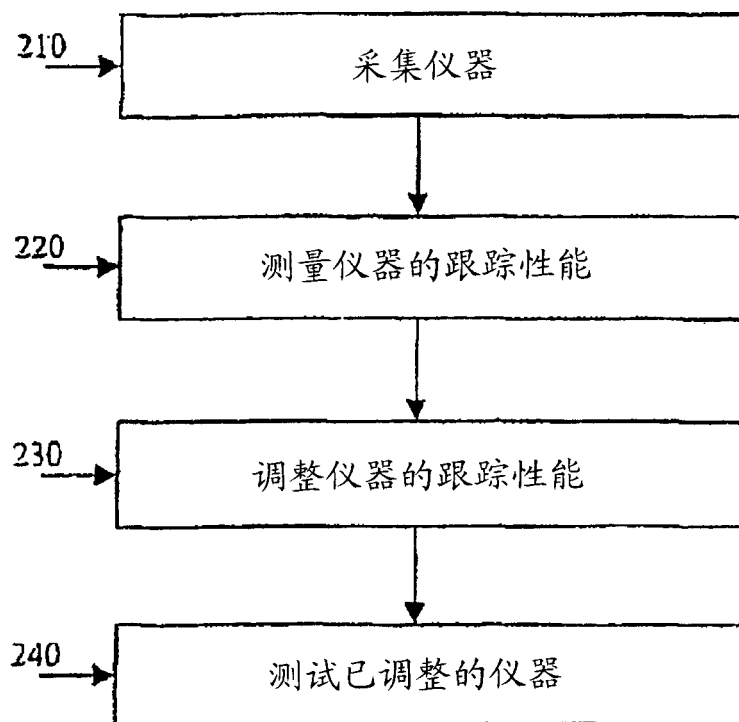


图 2

300
↓

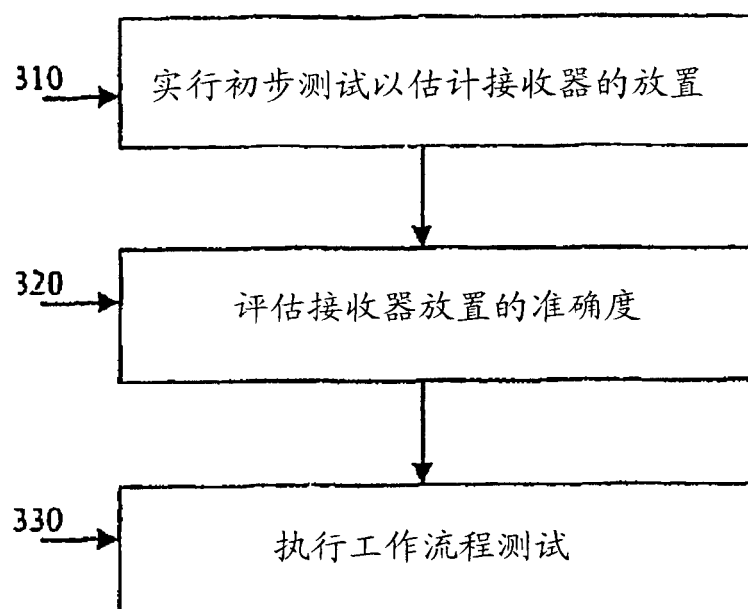


图 3

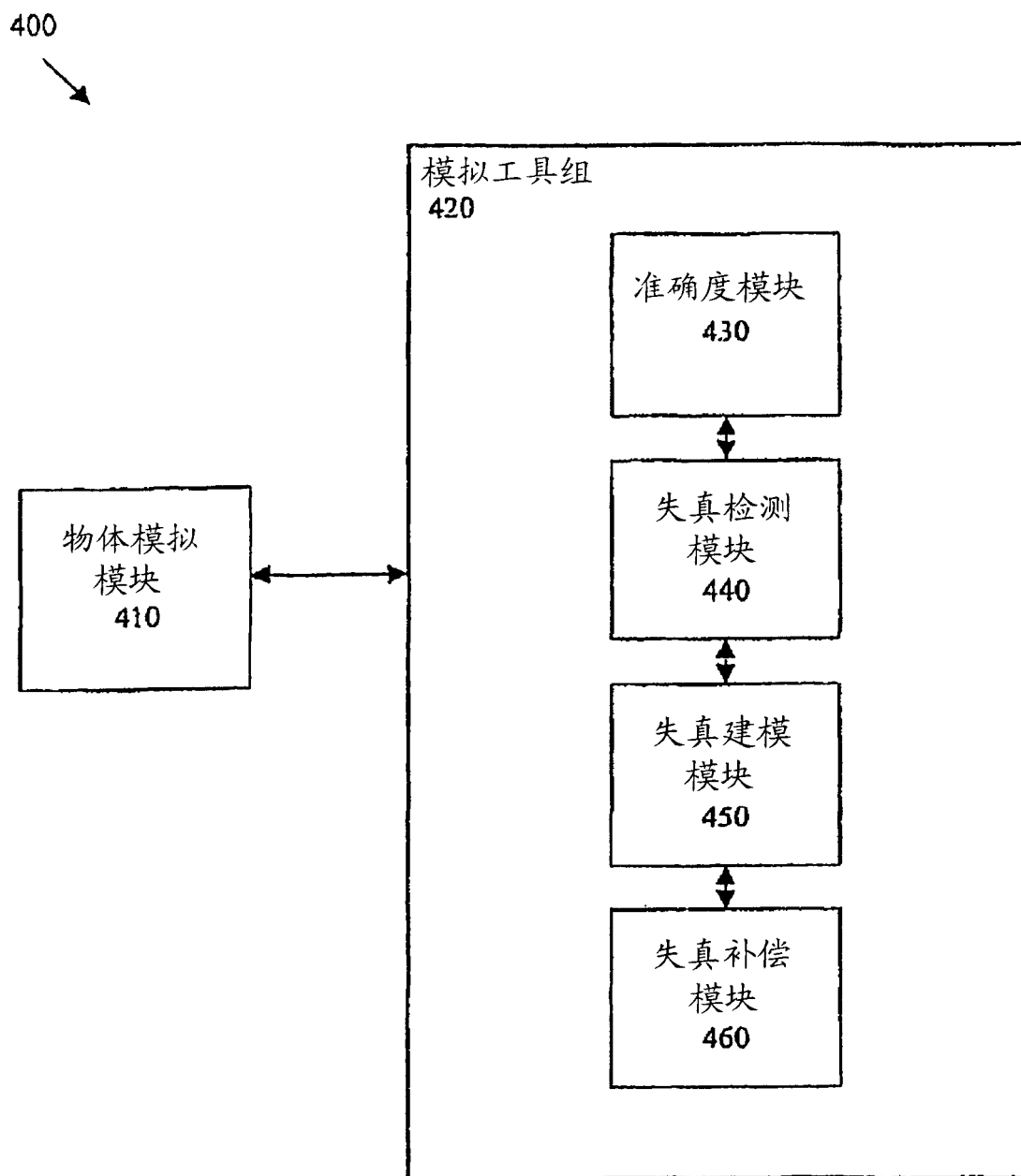


图 4

专利名称(译)	减少电磁跟踪器中失真的系统和方法		
公开(公告)号	CN1901835A	公开(公告)日	2007-01-24
申请号	CN200480040357.7	申请日	2004-11-04
[标]申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
当前申请(专利权)人(译)	通用电气公司		
[标]发明人	PT安德森		
发明人	P·T·安德森		
IPC分类号	A61B5/06 G01B7/00 G01S5/02 G01V3/10		
代理人(译)	李静岚 王忠忠		
优先权	10/869594 2004-06-16 US 60/520138 2003-11-14 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供一种用于在电磁(EM)跟踪器中进行失真分析和减少失真的系统(100)和方法(200)。EM跟踪器可采用线圈作为接收器和发射器。系统(100)的某些实施例包括用于分析仪器(110)跟踪性能的跟踪分析单元(120)和用于补偿仪器(110)跟踪性能的跟踪修正单元(130)。这种仪器(110)例如是医疗仪器，如钻孔装置、导管、外科手术刀或观察仪器。这些仪器及其周围环境经常包含金属部件。将EM导航装置，如接收器或发射器，放置在仪器(110)上可导致影响跟踪和跟踪准确度的磁场内失真。可以预见医学应用以外的利用，除了EM跟踪系统之外的跟踪系统，例如超声或惯性位置。

