



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101397906 B

(45) 授权公告日 2013. 07. 24

(21) 申请号 200810168743. 4

US 2006036376 A1, 2006. 02. 16,

(22) 申请日 2008. 09. 28

审查员 焦红芳

(30) 优先权数据

11/863, 903 2007. 09. 28 US

(73) 专利权人 查尔斯机器制造厂有限公司

地址 美国俄克拉荷马州

(72) 发明人 S·B·科尔

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 张群峰

(51) Int. Cl.

E21B 47/0232(2012. 01)

G01V 3/15(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 平 2-21288 B, 1990. 01. 24,

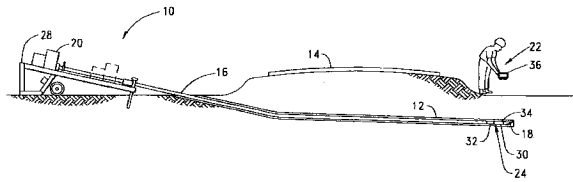
权利要求书1页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

使用两个水平移位测量点的定位器

(57) 摘要

使用两个水平移位测量点的定位器,利用两个水平移位的三维天线确定磁场源位置。在优选的实施例中,两个三维天线被设置在接收器支架的相对两端。每个天线三维地检测来自磁场源或发射器的磁场。接收器被保持在水平面内且接收器在水平面内被移动直到在两个点中的每一处所测得的磁通角均为零为止以使得接收器处在正交于磁场源的轴的垂直面内。利用测得的磁场数据确定磁场源相对于接收器的三维深度和位置。接收器被沿由包含接收器的两个点的直线所确定的方向移动直到在两个点中的每一处所测得的磁场大小基本相同以使得接收器位于磁场源上方为止。



1. 一种用于确定磁场源位置的接收器系统,所述接收器包括:
支架;
两个且仅仅两个由所述支架支撑并适用于检测来自磁场源的偶极磁场的三维天线;和
适用于从所述两个天线中的每一个接收天线信号并利用所述天线信号确定所述磁场源相对于所述支架的位置的处理器;
其中所述两个天线在天线被保持在基本水平的平面内时检测偶极磁场。
2. 如权利要求 1 所述的接收器系统,进一步包括:
适用于测量所述支架的方向的定向传感器;并且
其中所述处理器适用于利用所述天线信号和所述支架的方向来确定所述磁场源的位置。
3. 如权利要求 2 所述的接收器系统,其中所述定向传感器是加速计。
4. 如权利要求 2 所述的接收器系统,其中所述处理器通过利用所述支架的方向来修正所述两个天线倾斜的影响以确定所述磁场源的位置。
5. 如权利要求 1 所述的接收器系统,其中所述三维天线中的每一个都包括:
界定出有孔区域的第一线圈;
界定出有孔区域的第二线圈;和
界定出有孔区域的第三线圈。
6. 如权利要求 5 所述的接收器系统,其中所述每一个线圈的有孔区域都相同;并且
其中所述第一、第二和第三线圈具有共同的中心点。
7. 如权利要求 1 所述的接收器系统,其中所述两个天线被设置在所述支架的相对两端。
8. 如权利要求 7 所述的接收器系统,其中所述两个天线被保持在基本水平的平面内。
9. 如权利要求 8 所述的接收器系统,其中所述两个天线被分开大约 30 英寸。
10. 如权利要求 1 所述的接收器系统,其中所述支架包括把手。
11. 如权利要求 10 所述的接收器系统,其中所述支架适用于在通过所述把手持有所述支架时将所述两个天线保持在基本水平的平面内。

使用两个水平移位测量点的定位器

技术领域

[0001] 本发明整体上涉及定位地下目标的领域,并特别涉及在操作卧式钻床的领域内定位和追踪信号或发射器。

背景技术

[0002] 水平定向钻孔 (HDD) 工艺通常使用循踪 (walk-over tracking) 技术来跟踪钻孔或设施安装过程,以迅速发现钻头或回拉扩孔钻头正上方的表面位置,并确定钻头或回拉扩孔钻头距离该表面位置的深度。主要的追踪工具是地下发射器和手持式表面接收器。设置在钻孔工具或回拉扩孔钻头内或与其非常接近的发射器通常发射出由单线圈偶极天线制造出的偶极磁场。发射出的偶极磁场可以同时被用于定位和与上方的地面接收器进行通信。

[0003] 常规的接收器通常包含一个三天线装置,三个天线安装在三个直角坐标轴中的每一个上。当天线装置测量到偶极磁场时,每个天线的输出正比于沿特定天线的轴向测量的磁通密度的大小。数学分析来自天线的信号以提供关于钻孔工具相对位置的信息。定位偶极磁场,并由此定位钻孔工具的方法通常包括两步:沿 z 轴(纵向)确定其位置然后沿 y 轴(左右)确定其位置。本领域普通技术人员应该理解接收器能够利用在正交于所述表面并通过发射器轴延伸的垂直面($x-z$ 平面)内测量的发射器生成的水平和垂直磁场分量的振幅和相位而沿纵向方向(沿 z 轴)定位发射器。在发射器并未处于水平面内因此发射器的斜度不为 0 的情况下,发射器的确定位置可能在接收器正下方也可能不在接收器正下方。接收器也能够利用在水平面($y-z$ 平面)内的偶极磁场的振幅和相位而沿左右方向确定单个发射器的位置。但是,左右方向的确定只能在发射器前方或者后方使用,因为当接收器处于发射器正上方时(使得 $z = 0$)对于偶极磁场来说没有 y 分量。目前没有满意的方法可以在天线装置位于发射器正上方时同时沿纵向和左右方向定位发射器。

发明内容

[0004] 本发明涉及一种用于追踪地下磁场源的方法。该方法包括将接收器组件保持在基本水平的平面内,在接收器的两个不同点中的每一处同时三维地检测来自磁场源的磁场,在水平面内移动接收器,直到在两个点中的每一处所测得的磁通角均为零为止,然后利用测得的磁场数据三维地计算磁场源相对于接收器的位置。

[0005] 本发明进一步涉及一种用于确定磁场源位置的接收器系统。接收器包括支架和处理器,支架包括把手,两个且仅仅两个由支架支撑并适用于检测来自磁场源的磁场的三维天线,处理器适用于从两个天线组件中的每一个接收天线信号并利用天线信号确定磁场源相对于支架的位置。支架适用于在用把手手持支架时将两个天线保持在基本水平的平面内。

[0006] 在一个可选实施例中,本发明涉及一种用于检测来自磁场源的信号的接收器系统。接收器包括支架,由支架支撑并适用于检测来自磁场源的磁场的至少一个天线组件,适

用于从至少一个天线组件接收信号并输出第一滤波信号的第一滤波器组件,适用于从至少一个天线组件接收信号并输出第二滤波信号的第二滤波器组件,和适用于分别从两个滤波器组件接收第一和第二滤波信号并确定关于来自磁场源的磁场的的数据是否已被传送的处理器。第一滤波器组件包括至少一个窄带滤波器。第二滤波器组件包括至少一个宽带滤波器。

[0007] 而本发明的另一种应用涉及一种用于引导钻孔工具组件向目标移动并经过目标的方法。该方法包括将包含位于基本水平的平面内的两个天线组件的接收器组件设置在目标位置,在两个天线组件中的每一个处同时三维地检测来自钻孔工具组件的磁场,然后利用通过两个天线组件测得的磁场计算钻孔工具组件在包含钻孔路径的竖直平面内的位置。接收器组件被定位成使得两个天线组件均位于钻孔工具组件的预定钻孔路径上。

附图说明

[0008] 图 1 是根据本发明构建的用于钻出水平钻孔的水平定向钻孔系统和追踪系统的示意图。

[0009] 图 2 是根据本发明构造的接收器组件的透视图。

[0010] 图 3 是用于本发明的天线组件部分切除后的透视图。

[0011] 图 4 是构造用于检测和处理由钻孔工具发射的信号的可携式区域监测系统的方块图。

[0012] 图 5 是示出了用于提高发射器定位精度的方法的流程图。

[0013] 图 6 是一种发射器和倾斜的接收器之间关系的几何表示。

[0014] 图 7 是另一种发射器和倾斜的接收器之间关系的几何表示。

[0015] 图 8 是用于另一种接收器使用方法的接收器和发射器之间关系的示意图。

[0016] 图 9 是在图 8 的方法中使用接收器时用于接收器显示的优选实施例的示意图。

具体实施方式

[0017] 下面整体上参照附图,特别是参照附图 1,在其中示出了本发明中使用的水平定向钻孔系统(“HDD”)系统 10。图 1 通过演示能够不影响地上结构也就是用附图标记 14 表示的车行道或人行道而钻出钻孔 12 来说明水平定向钻孔的有效性。为了刺出或钻出钻孔 12,带有钻头 18 的钻柱 16 通过旋转驱动系统 20 被旋转驱动。当 HDD 系统 10 被用于钻出钻孔 12 时,监控钻头 18 的位置对于钻孔的准确定位和随后的设施安装来说至关重要。本发明涉及一种用于在水平定向钻孔操作期间追踪和监控钻孔工具组件 24 的系统 22 和方法。尽管本发明被示出用于钻孔系统中,但是本发明也可以等价地应用于回拉扩孔操作,在该操作中钻孔被放大并准备用于所需设施的安装。

[0018] 本发明的 HDD 系统 10 适用于在地下,例如在车行道 14,建筑物,河流或其他障碍物下方,基本水平地设置服务设施。HDD 系统 10 中使用的追踪系统 22 特别适用于提供钻孔工具组件 24 的准确的三维位置。本追踪系统 22 的定位和监控操作在其可以用单次移动或最小的协同移动而成功到达钻头 18 的上方位置方面是有利的。本发明相关的上述和其他优位置将通过下面对优选实施例的介绍而变得显而易见。

[0019] 继续参照图 1, HDD 系统 10 包括通过钻柱 16 有效连接至钻孔工具组件 24 的钻床

28. 钻孔工具组件 24 优选地包括钻头 18 或其他定向钻孔工具, 和电子装置 30。电子装置 30 包括发射器 32, 或磁场源, 用于发射穿过地面的信号。优选地发射器 32 包括发射出偶极磁场的偶极天线。电子装置 30 还可以包括用于检测钻孔工具组件 24 和钻头 18 的操作特性的多个传感器 34。多个传感器 34 通常可以包括的传感器例如测量钻头 18 的滚动位置的滚动传感器, 测量钻头斜度的斜度传感器, 电子装置 30 内测量温度的温度传感器, 和指示电池状态的电压传感器。多个传感器 34 所检测的信息优选地来自钻孔工具组件 24 上通过发射器 32 使用调制或其他公知技术发射的信号。

[0020] 下面参照图 2, 示出了本发明的追踪系统 22 的优选实施例。追踪系统 22 包括接收器组件 36。接收器组件 36 包括支架 38, 计算机处理器 40, 以及由支架支撑的第一和第二天线装置 41 和 42。处理器 40 由支架 38 支撑并有效连接至天线装置 41 和 42。支架 38 优选地为轻质结构并能够由操作人员利用把手 44 携带。在优选的实施例中, 接收器组件 36 还包括视觉显示屏 46 和用于给接收器组件的各个部分供电的电池 48。视觉显示屏 46 可以适用于提供追踪系统 22 相对于钻头 18 或发射器 32 的视觉描述, 以及其他对操作人员来说有用的信息。接收器组件 36 还可以包括用于将信息从接收器组件发射到钻床 10 或其他远程系统 (未示出) 的发射天线 (未示出)。

[0021] 天线装置 41 和 42 被支撑在支架 38 上并以已知的距离和已知的相对位置被彼此分隔。优选地, 天线装置 41 和 42 被设置在支架 38 上以使得当支架被保持在基本水平的平面内时, 天线也将平躺在水平面内。更优选地, 天线被以 30 英寸的距离彼此分隔。更优选地, 支架 38 可以在天线装置 41 和 42 之间确定一个轴。本领域普通技术人员应该理解天线之间的距离或跨度越大, 所能够提供的分辨率和精度就越高。也可以使用其他的接收器结构, 只要天线装置 41 和 42 能够在每个支架 38 上的天线安装位置处的直角坐标系中分离出磁场即可。

[0022] 天线装置 41 和 42 中的每一个都优选地为三维天线。更优选地, 天线 41 和 42 适用于在其各自的支架 38 上的位置测量总磁场。优选地, 每个天线 41 和 42 都包括三个正交的天线以沿其特定的灵敏度轴测量磁场。由三个正交天线所测得的每一个信号被平方, 相加, 再开平方之后即可获得总磁场。该计算假定每个天线的灵敏度相同且每个天线的中心与另外两个天线的中心重合以使得天线装置是在空间中的某单个位置处测量总磁场。测量和计算还被简化为天线 41 和 42 相对于彼此以同样的方式被定向和排列。但是, 如果天线 41 和 42 并不是指向同一方向, 也可以对计算进行修正 (adjustment) 以补偿排列的差异。

[0023] 下面参照图 3, 图中示出了本发明中使用的天线 41 或 42 的优选实施例。天线 42 包括针对三个接收线圈 54a, 54b 和 54c 中的每一个界定出三块面板 52 的支撑结构 50。支撑结构 50 优选地由轻质塑料制成并以使三块面板 52 均在尺寸上相同的方式加工。更优选地, 支撑结构 50 具有基本为立方体的形状且三块面板 52 中的每一块都界定出具有中心点的矩形有孔区域。更优选地, 面板 52 是互相正交定向的以使得中心点重合。由于面板结构, 线圈 54 也都具有重合的中心点, 且其灵敏度也都基本相同。适合在本发明中使用的天线装置被更完整地公开在共同受让的申请号为 11/382, 644 的美国专利申请中, 在此以参见的方式引入其内容。本领域普通技术人员应该理解三维天线 41 和 42 的其他实施例, 例如铁氧体棒形天线或印刷电路板也都可以被使用。

[0024] 下面参照图 4, 示出了本发明的接收器组件 36 的优选实施例的方块图。天线装置

41 和 42, 如前所述, 测量来自源发射器 32 的磁场的变化。检测到的磁场变化会导致响应于发射器 32 磁场的感应电压。来自天线 41 和 42 的电压被送至滤波器 60 和放大器 62。滤波器 60 消除由天线 41 和 42 从局部噪声源接收的其他信号的影响。放大器 62 增大由天线 41 和 42 接收的信号。A/D 转换器 64 被用于将模拟的波形信息转化为数字数据。

[0025] 来自 A/D 转换器 64 的数字数据随后被送至中央处理器 66 (CPU) 以计算发射器 32 相对于接收器组件 36 的位置。CPU66 可以包括数字信号处理器 (DSP) 和微控制器。CPU66 解码来自 A/D 转换器 64 的信息并用下面将要介绍的方式进行计算以确定发射器的位置。CPU66 还可以辨别磁场中发出的信息, 以确定电池状态, 斜度, 滚动, 以及关于钻孔工具组件 24 的其他信息。

[0026] 接收器组件 36 也可以包括用于测量关于接收器组件 36 的操作信息的一个或多个传感器 68。例如, 一个或多个加速计, 或者其他公知的斜度和定向传感器或者磁罗盘, 可以提供关于接收器 36 的滚动位置或斜度的信息。来自传感器 68 的信息被送至 A/D 转换器 64, 在此 DSP 可以进行计算以对接器 36 未被精确地保持在水平面内进行补偿。

[0027] 在优选的实施例中, 接收器组件 36 进一步包括具有多个按钮, 操纵杆和其他输入装置的用户界面 70。操作人员可以通过用户界面 70 输入信息供 CPU66 使用。通过用户界面 70 输入或者由 CPU66 确定或使用的信息可以在视觉显示屏 72 上显示给操作人员。接收器组件 36 还包括用于将信息从 CPU66 传送到远程单元例如钻床 10 的无线电天线 74。

[0028] 接收器 36 优选地通过电池组件 76 和功率调节系统 78 供电。电池组件 76 可以包括多个 C- 电池型号的电池, 不过也可以考虑其他的电源例如可再充电电池, 太阳能电池或燃料电池。功率调节系统 78 可以包括线性调节器或开关模式调节器以给接收器 36 的各个部件供电。

[0029] 本发明还给出了一种用于提高通过天线 41 和 42 接收的通信和信号的精度和处理效果的方法和滤波器装置。一种来自发射器 32 的信息通信的优选方法是开关键控 (“OOK”) 通信和差分相移键控 (“DPSK”) 通信的结合。在优选的方法中, 同步序列包括短时间地关闭来自发射器 32 的信号。接收器 36 优选地被编程用于将本方案中的“关闭”时间识别为同步周期并给接收器提供测量噪声基底的机会。“关闭”时间优选地是足够接收器 36 测量噪声基底的时间。本通信方案的比特率优选地非常接近于从发射器 32 传送数据所需的最优比特率。随后, 优选地使用传统的 DPSK 通信以将信息从发射器 32 传送至接收器 36。本通信方案由于具有同步周期特点的发射器 32 一直向接收器 36 发射信号且接收器能够因此基本连续地定位发射器而更加有利。

[0030] 利用本发明的通信方案发射的示例应该包括一个持续 1 秒钟的信息包。该信息包优选地以一个 50ms 的时段开始, 在此期间发射器并不发射而处于“关闭”状态。然后发射器 32 被打开 50ms 的时段, 在此期间不允许相移以使得相位基准可以被接收器 36 生成并辨识。随后, 优选地在 60bps 下使用 DPSK 以有效发送剩余的 54 位信息。接收器 36 优选地将信息包解析为 10 个 6 位的非零字符。更优选地, 第一个 6 位字符被作为同步序列处理, 接下来的 9 个 6 位字符是数据。用于这些字符的协议可以用任何便利的方式构建以发射例如滚动位置, 斜度, 温度等信息。

[0031] 在通信和发射来自发射器 32 的信息的另一种方法中, 钻孔工具组件 24 的旋转被停止且工具组件和发射器被保持在恒定的滚动位置 (rollposition) 上。优选地, 工具组件

24 和发射器 32 被旋转至预定的倾侧角并允许保持固定一段预定时间。更优选地,发射器 32 被允许保持固定至少五秒钟。如果发射器 32 保持预定的倾侧角 (roll angle) 一段时间,发射器 32 即可被编程为停止通信和发射未调制的简单载波信号。当发射器 32 被再次旋转时,调制信号的信息通信即被恢复。可选地,当发射器 32 被保持在恒定的滚动位置时,发射器可以发送未调制的滚动位置信号。未调制信号将向接收器 36 表明在发射未调制信号时可以更准确地进行深度测量。接收器 36 还可以调节滤波器特性以在发射未调制信号期间改变针对接收信号的频率响应。

[0032] 为了改善对来自发射器 32 的信号的接收和检测,接收器 36 包括设置在处理器 66 内的数字信号处理 (“DSP”) 滤波器 79 (如图 4 所示) 的两个平行组。尽管这里介绍的是软件实现的 DSP 滤波器,但是本发明也可以使用硬件实现的滤波器。第一组滤波器 79a 优选地包括宽带滤波器。第二组滤波器 79b 优选地包括窄带滤波器。窄带滤波器 79b 优选地具有大约 10Hz 的带宽。宽带滤波器 79a 优选地具有 125-200Hz 的带宽范围,并被用于从调制信号中解码信息和进行用于定位发射器 32 的计算。当发射器 32 仅发射一个载波信号时,发射器位置的确定只基于窄带滤波器 79b 的输出。当发射器 32 开始通信且宽带滤波器检测到发射的信号时宽带滤波器 79a 将再次被用于定位。宽带滤波器 79a 可以被用于验证通信,忽略随即的噪声和辨识同步字符。

[0033] 下面参照图 5,图中示出了表示由处理器 66 使用多个 DSP 滤波器 79a 和 79b 的流程图。来自发射器 32 的信号如图所示在 400 处到达滤波器。信号由窄带滤波器 79b 在 402 处接收和由宽带滤波器 79a 在 404 处接收。窄带滤波器 79b 仅在 406 处更新定位数据。宽带滤波器 79a 在 408 处更新定位数据并在 410 处解码信息。如果在 412 处发现解码信息已存在,那么接收器 36 内的处理器 66 就会认识到应该在 414 处使用 408 处的来自宽带滤波器 79a 的定位数据。如果在 412 处未发现对应信息,那么处理器 66 就在 414 处使用 406 处的来自窄带滤波器 79b 的定位数据。本领域普通技术人员应该理解如本文所述使用两组滤波器带来的好处是移除了更多的信号噪声从而提高了定位测量的精度。

[0034] 本发明中的接收器组件 36 使用来自天线装置 41 和 42 的磁场测量值来直接移动接收器。通过适当的移动,接收器 36 可以在三维 (3-D) 空间内相对于接收器准确地定位发射器 32。每个天线装置 41 和 42 在任何位置都能够获得三个可辨识的正交磁场分量。在上述的优选实施例中,每个装置 41 和 42 中的三个天线提供这些磁场测量值。

[0035] 接收器组件 36 可以被用于在三维 (3-D) 空间内定位发射器 32。当处于发射器 32 的区域内时,接收器 36 被用于通过使用在天线 41 和 42 处测量的磁通角来发现发射器平面 (y 轴,其中 $z = 0$)。当天线 41 和 42 处的磁通角均为 0 时,接收器 36 即位于发射器平面内且发射器 32 相对于接收器的位置即可被确定。本领域普通技术人员应该理解磁通角测量值为 0 表明天线 41 和 42 处的磁通角与发射器 32 相对于水平面的斜度相同;表明接收器 36 处于发射器平面 (y 轴,其中 $z = 0$) 内。优选地,发射器 32 的位置被发射器确定在 x-y-z 坐标系的原点处。为了本发明的目的,z 轴被指定为沿发射器 32 的轴向,y 轴被指定为垂直于发射器轴向的水平轴,而 x 轴被指定为垂直于发射器轴向的垂直轴。因此,z 轴是纵向量度,y 轴是左右量度,而 x 轴是深度量度。

[0036] 在优选的实施例中,并且特别是在操作人员对于钻孔工具 24 和钻孔路径 12 的位置已有大体概念的情况下,按如下方式使用接收器 36。接收器组件 36 被保持为使天线装置

41 和 42 之间的轴基本垂直于预估的钻孔路径 12。优选地,尽管可以用计算来补偿接收器的任意斜度,但是接收器 36 还是被保持在基本水平的平面内。更优选地,接收器 36 可以被允许偏离水平面不超过 20 度 (20°)。接收器 36 随后被沿预估的钻孔路径 12 推进直到相对于每个天线 41 和 42 的磁通角测量值均为零 (0) 为止。

[0037] 接收器 36 处于发射器 32 平面内时,发射器 32 相对于接收器的位置即可利用图 6 中的几何关系和公知的方程式而被确定。例如根据测量值和计算值,操作人员可以得到接收器 36 到发射器 32 正上方位置的左右偏移距离。接收器 36 也可以被左右移动直到由天线 41 和 42 测量的总磁场相等为止。当由天线 41 和 42 测量的总磁场相等且相对于每个天线 41 和 42 的磁通角测量值均为 0 时,接收器 36 即被定位在发射器的正上方 (在此 $y = z = 0$)。确保零场测量值 (沿 x 轴测量的磁场测量值) 为 0 且总磁场测量值被最大化的接收器 36 的重复小幅移动能够允许更准确地指示发射器 32 的位置。当接收器 36 位于发射器正上方时,能够对发射器 32 深度进行准确的确定。在优选的实施例中,天线 41 和 42 的信号状态或大小通过显示屏 72 被告知操作人员。天线 41 和 42 的信息可以以数字形式或者用其他的图像技术例如虚拟气泡水平仪进行通信。

[0038] 如上所述,接收器 36 可以包含传感器 68 来负责测量接收器的倾角 (tilt) 或斜度 (pitch) 并能够计算 β 。计算还可以被用于补偿发射器 32 的斜度。而且,如上所述,当发现天线 41 和 42 处的总磁场大小相等时则 y 值为 0。但是,本领域普通技术人员应该理解如果磁场不平衡或者如果接收器 36 在后续步骤中被轻微移动则 y 值仍将由几何关系决定。

[0039] 接收器 36 相对于发射器 32 的位置可以通过直接求解磁场方程获得。用于本系统的磁场方程是:

$$[0040] \quad B_{r,i} = k \cdot \frac{\sqrt{3z_i^2 + r_i^2}}{r_i^4} \text{ 和}$$

$$[0041] \quad B_{x,i} = 3k \cdot \frac{x \cdot z_i}{r_i^5}, \text{ 其中 } r_i^2 = x^2 + y_i^2 + z_i^2。$$

[0042] 参照图 7,示出了 y_i 和 z_i 之间的关系,我们有以下方程式:

$$[0043] \quad y_1 = y + \frac{L}{2} \cdot \cos(\gamma) \quad z_1 = z + \frac{L}{2} \cdot \cos(\gamma)$$

$$[0044] \quad y_2 = y - \frac{L}{2} \cdot \cos(\gamma) \quad z_2 = z - \frac{L}{2} \cdot \cos(\gamma)$$

[0045] 下面可以求解该方程组以确定发射器 32 相对于接收器 36 的位置。在求解方程时,可以发现 y 和 z 的符号的不稳定。但是,这些符号的不稳定可以通过调整接收器 36 以确定是哪个天线装置在检测最大的总磁场大小而被发现。如果接收器 36 被沿 z 轴调整,磁场大小读数可以被用于确定接收器是在发射器 32 的前面还是后面。沿 y 轴调整接收器 36,磁场大小读数可以被用于确定接收器是在发射器 32 的左边还是右边。该信息可以被提供给接收器 36 以使得能够进行正确的计算。可选地,一种使用接收器 36 的程序可以被禁止以表明何时将接收器保持在 y 轴或 z 轴上从而使接收器能够确定上述方程组中 y 和 z 的正确符号。

[0046] 本发明还包括一种用于针对发射器 32 校准接收器 36 的新技术,其中需要用到校准常数 k。优选地,接收器支架被设置在底面上使天线 41 和 42 之间的轴垂直于 (沿 $z = 0$ 的平面) 发射器 32 的轴。从发射器 32 到接收器 36 设置位置的距离不需要被明确规定。

随后通过天线 41 和 42 进行磁场测量。利用公知的磁场方程式和已知的天线之间的距离，即可确定常数 k 以在后面的测量中和接收器一起使用。

[0047] 如果天线 41 和 42 都垂直于发射器 32 的轴并相隔一定的距离 L，那么在每个天线杆处测得的磁场可以被写作：

$$[0048] \quad B_n = \frac{k}{d^3} \text{ 和 } B_f = \frac{k}{(d+L)^3},$$

[0049] 其中 B_n 是在距离发射器最近的天线处测得的磁场而 B_f 是在距离发射器最远的天线处测得的磁场。从最近的天线 41 或 42 到发射器 32 的距离 d 可以利用下面的方程求解：

$$[0050] \quad \frac{L^3 \sqrt{\frac{B_f}{B_n}}}{\left(1 - \sqrt{\frac{B_f}{B_n}}\right)} = d$$

[0051] 随后通过再次使用磁场方程即可算出用于 B_n 或 B_f 的常数 k。

[0052] 在一个可选实施例中，即使发射器或钻孔路径 12 的大致位置是未知的，本发明的接收器 36 仍然可以被用于发现发射器 32 的位置。为了在这种情况下定位发射器 32，首先在水平面内旋转接收器 36 直到在每个天线 41 和 42 处接收到的信号强度相同为止。随后将接收器 36 旋转 90° 并沿有天线装置 41 和 42 之间的轴确定的方向移动直到在每个天线 41 和 42 处接收到的信号强度再次相同为止。在该位置，接收器 36 就大致是位于发射器 32 上方的位置，且上述在发射器的位置和钻孔路径 12 大致已知时用于定位发射器的过程即可被用于精确定位发射器。

[0053] 因此本发明可以被用于利用来自多个天线装置 41 和 42 的磁场测量值和上述的过程以及方程式来识别接收器 36 相对于发射器 32 的精确坐标。优选地利用视觉显示屏 72 将关于发射器 32 位置的信息提供给操作人员。本文中介绍的方法允许接收器组件 36 被用于迅速准确地定位钻孔工具组件 24 和发射器 32，只需很少几个步骤和简单的计算即可。

[0054] 下面参照图 8，示出了使用本发明的一个可选实施例。在这个可选实施例中，接收器 36 被设计用作钻孔工具组件 24 的目标。如图 8 所示，接收器 36 被在地面上设置在工具组件 24 前方的目标位置。优选地，接收器 36 被设置成使得每个天线装置 41 和 42 都位于期望的钻孔路径 12 上。利用由接收器 36 提供给操作人员使用的信息，操作人员可以指引工具组件 24 以钻孔到达或者经过设置接收器的位置或者由接收器确定的位置，例如位于接收器下方特定深度的位置。利用接收器 36 作为目标还可以用于在工具组件沿障碍物例如建筑物，河流，或道路下方的推算定位路线行进，不可能进行钻孔路径的精确追踪的情况下引导钻孔工具组件 24 到达期望位置而证明是有利的。

[0055] 提供给操作人员的信息优选地包括左 / 右操作引导，当前深度 (x_c)，在设置接收器 36 的目标位置处的预定深度 (x_p)，和距离接收器的水平偏移距离 (z_0) 等。为了确定左 / 右方向，可以使用由天线 41 和 42 测得的磁场磁通角。利用提供给操作人员的信息，操作人员可以沿磁通角的方向指引工作组件 24 且该组件可以开始向包含接收器的垂直平面行进，并因此向钻孔路径 12 行进。

[0056] 利用图 8 所示的几何关系，钻孔工具组件 24 在包含钻孔路径 12 的垂直面内的位置可以被计算出来并提供给操作人员。钻孔工具组件 24 的位置优选地包括钻孔工具组件

的深度 (x_p) 和钻孔工具组件的水平偏移距离 (z_0)。优选地,接收器 36 可以假定钻孔工具位于期望钻孔路径 12 的垂直面内,从而使计算更简单且位于合理的精度范围内。可以使用下面的公式来提供所需的信息:

[0057] 利用 $\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{B_x}{B_z}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{3 \sin \theta \cos \theta}{3 \cos^2 \theta - 1}\right)$ 来求解 θ ,

[0058] 其中 φ 以天线 41 和 42 的信号强度的反正切函数进行计算。(因发射器 32 的斜度和接收器 36 的旋转而旋转)

[0059] 当前深度: $x_c = r \cdot \sin(\theta + P)$

[0060] 预定深度: $x_p = x_c - r \cdot \cos(\theta + P) \cdot \tan(P)$

[0061] 水平偏移: $z_0 = r \cdot \cos(\theta + P)$

[0062] 两个天线 41 和 42 可用时,接收器 36 可以可视地给操作人员提供钻孔工具组件 24 向接收器行进并最终远离接收器的过程指示。在优选的实施例中,信息被图像显示在显示屏 72 上。下面参照图 9,图中示出的是接收器 36 的显示屏 72 的优选实施例的示意图。显示屏 72 包括构成显示屏上的十字线的一部分的水平实线 80 以表示当发射器或钻孔工具组件 24 到达目标位置时发射器 32 的预定深度。水平虚线 82 表示发射器 32 的当前深度。垂直虚线 84 表示发射器 32 距离接收器 36 的水平偏移量。如果需要,左/右方向和大小用比例箭头 86 沿十字线的中间部分表示。其他的状态信息例如发射器 32 的斜度,滚动位置,和电池状态,工具组件 24 的温度,以及接收器 36 的电池状态等也可以被提供为操作人员信息并使用。

[0063] 可以对本发明的设计和操作进行各种修正而不背离其精神。因此,尽管已经用目前认为是代表本发明的最佳实施例介绍了本发明主要的优选结构和操作模式,但是应该理解在所附的权利要求的保护范围内,本发明还可以在除了已经明确图示和说明的内容之外以其他方式实践。

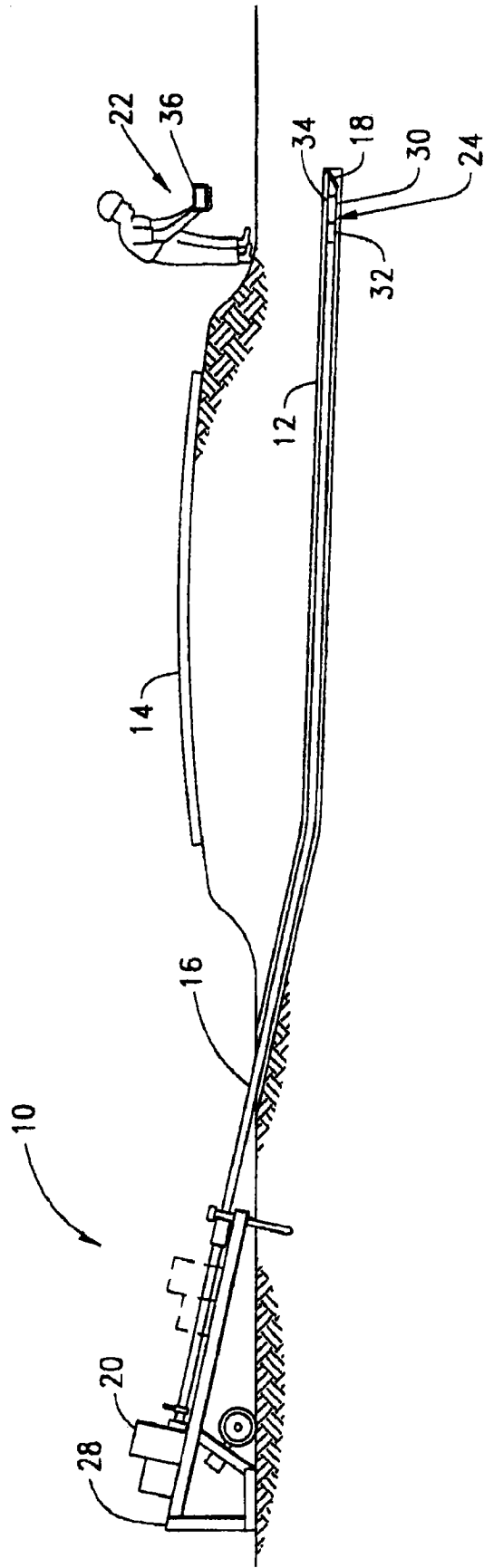


图 1

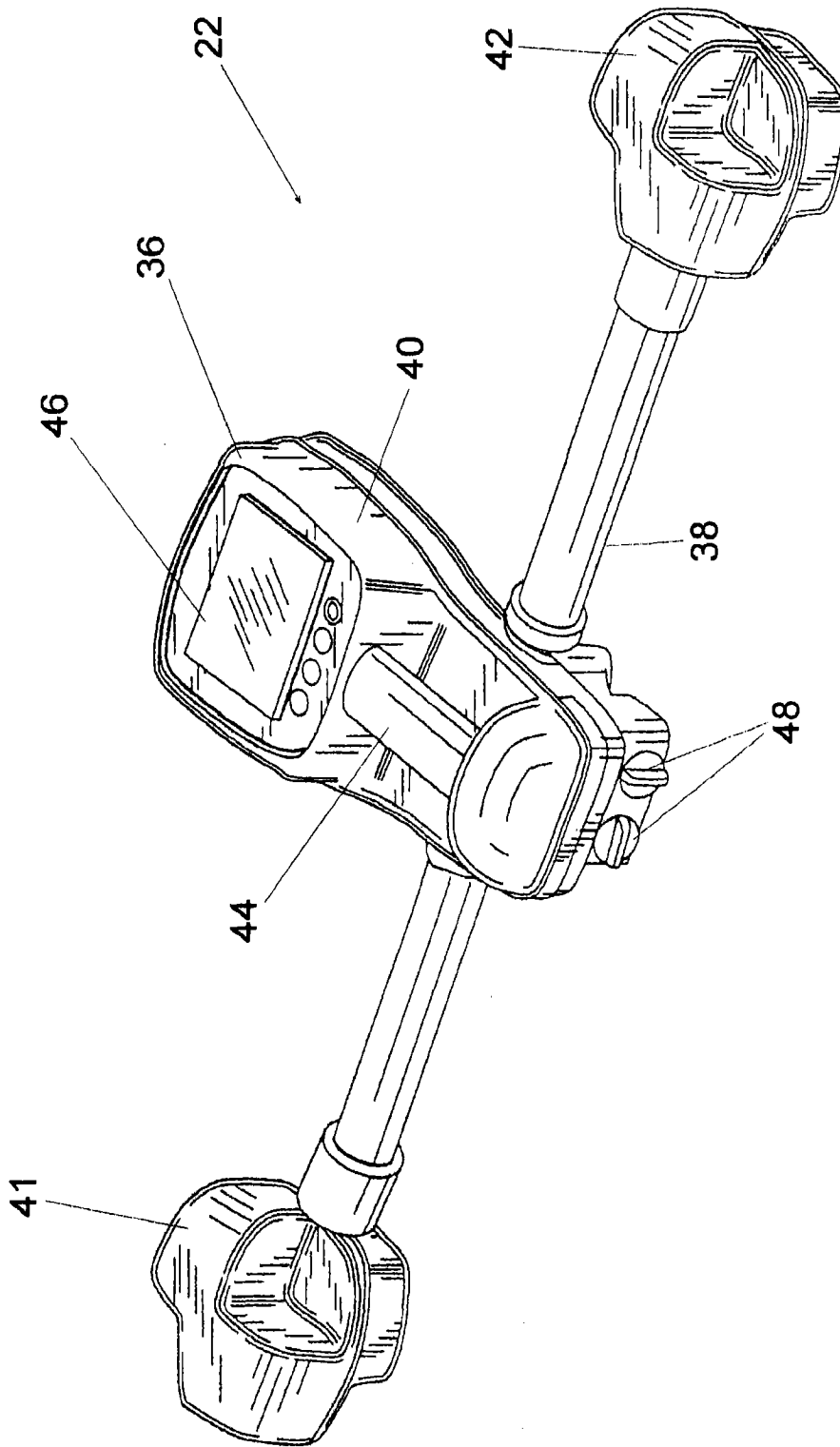


图 2

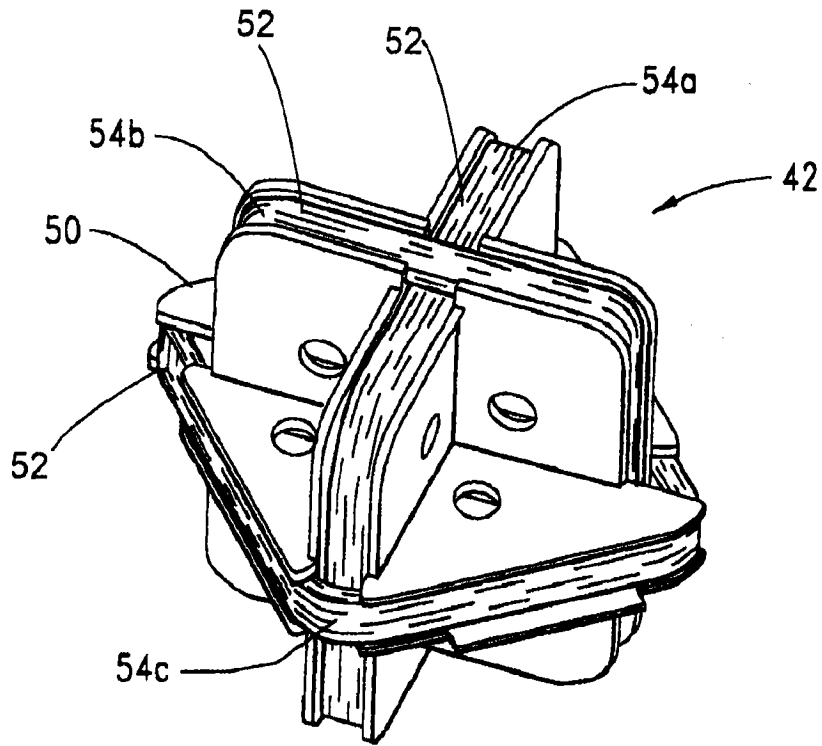


图 3

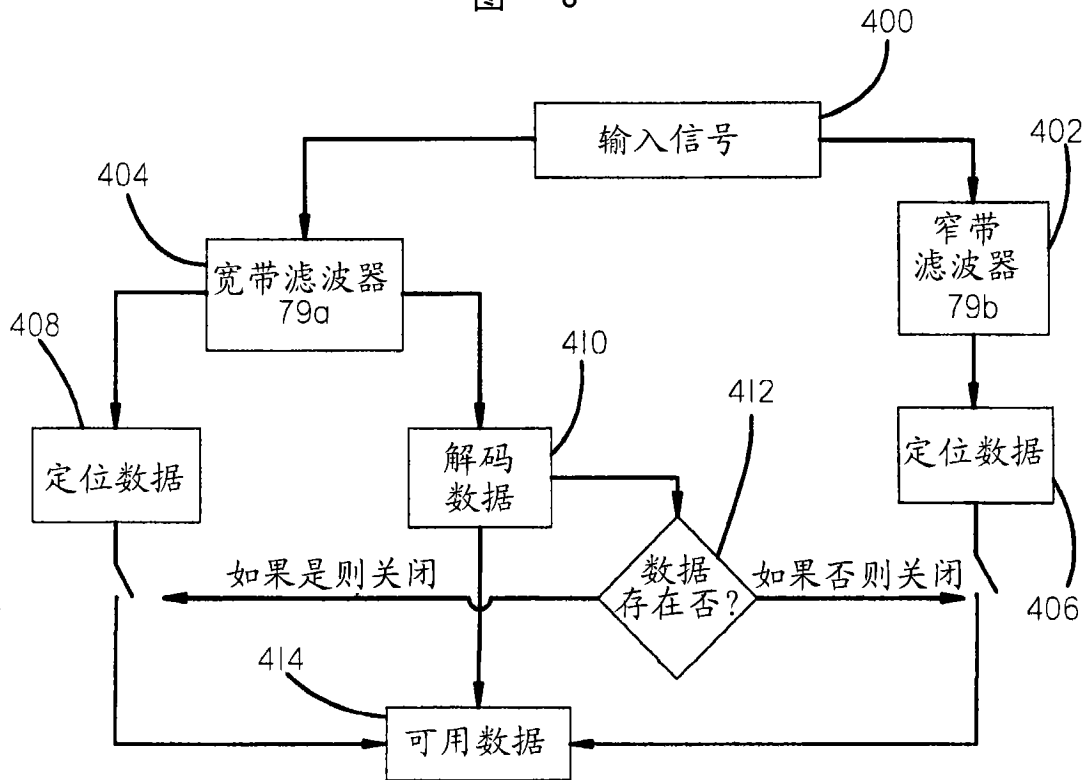


图 5

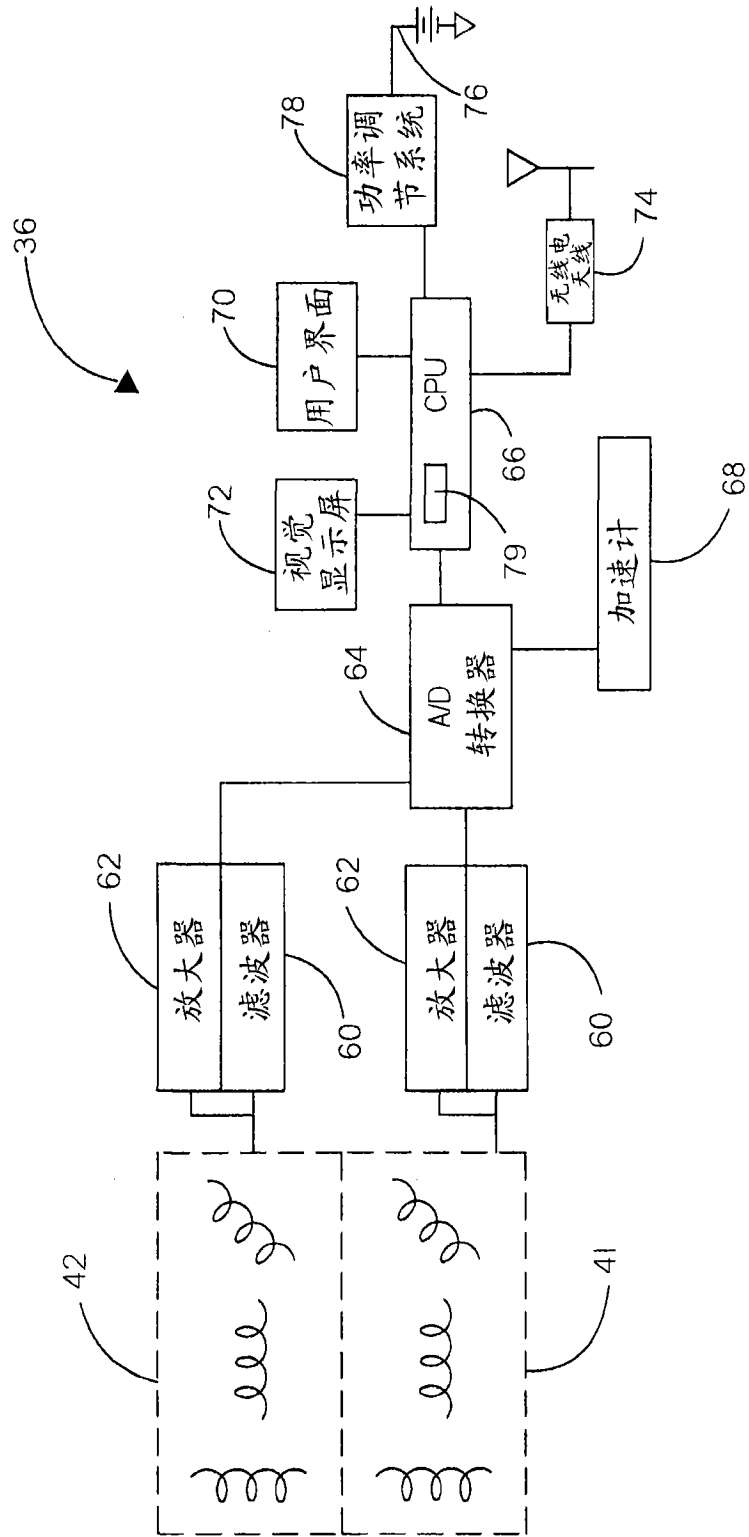


图 4

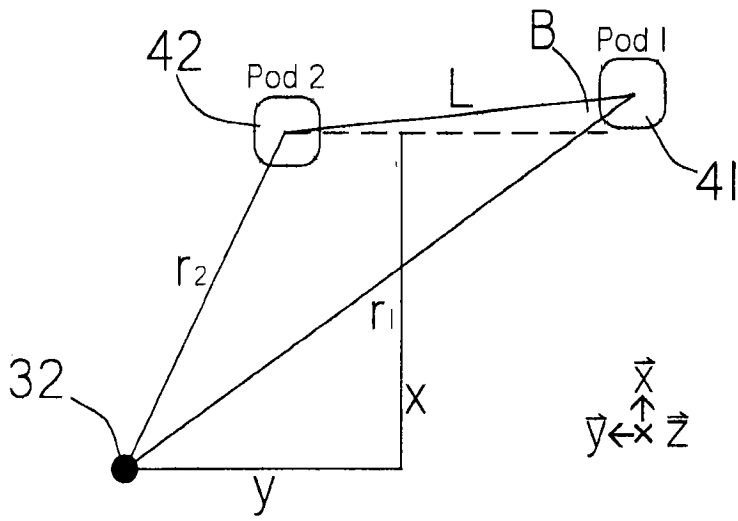


图 6

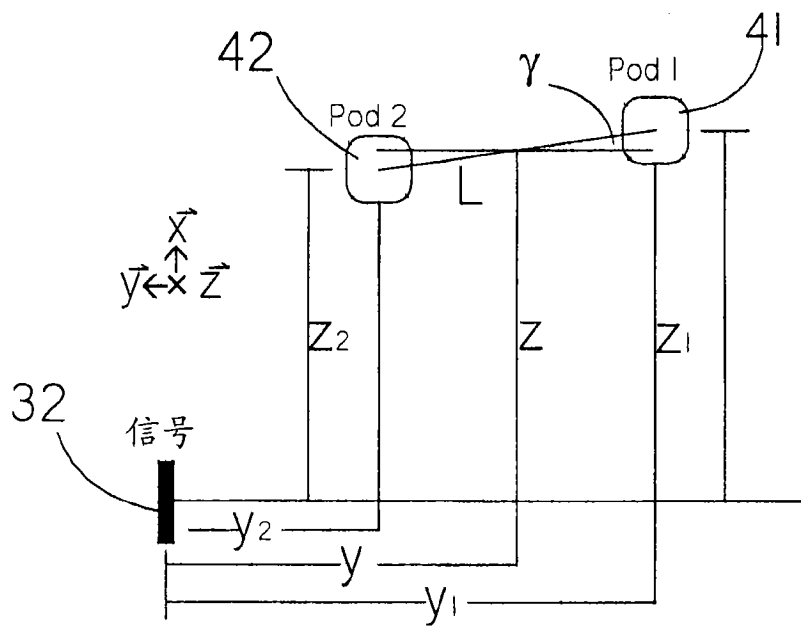


图 7

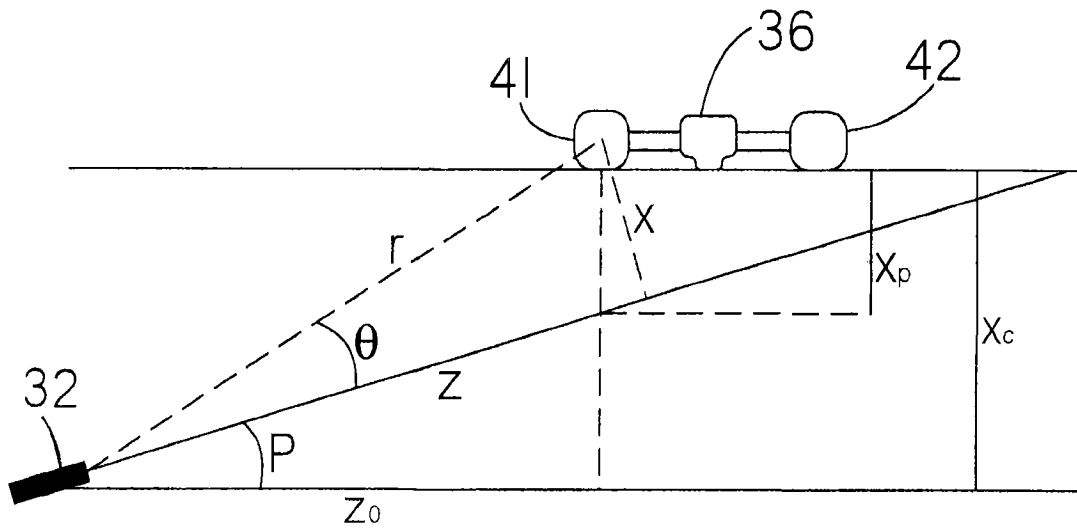


图 8

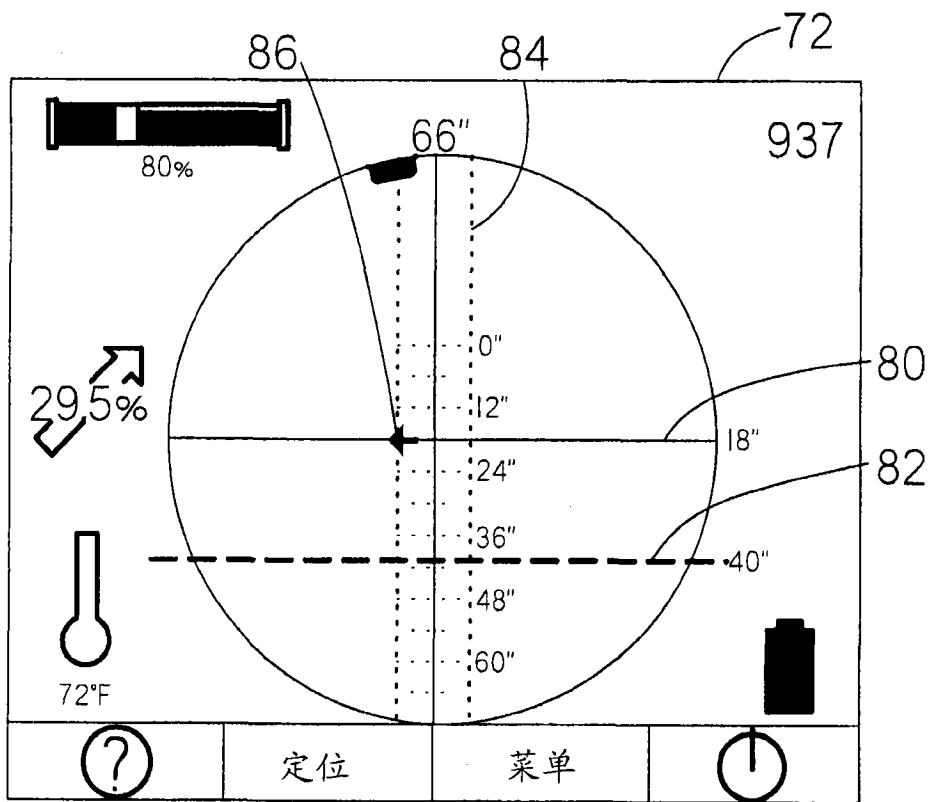


图 9