

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01V 3/12 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01805819.1

[45] 授权公告日 2006年5月3日

[11] 授权公告号 CN 1254698C

[22] 申请日 2001.2.1 [21] 申请号 01805819.1
[30] 优先权
[32] 2000.2.2 [33] GB [31] 0002422.4
[86] 国际申请 PCT/GB2001/000419 2001.2.1
[87] 国际公布 WO2001/057555 英 2001.8.9
[85] 进入国家阶段日期 2002.8.29
[71] 专利权人 电磁地形服务公司
地址 挪威特隆赫姆
[72] 发明人 斯维恩·埃陵斯鲁德
特耶·埃德斯摩 孔凡年
哈拉尔德·威斯特达尔
审查员 杨永康

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商
标事务所
代理人 冯赓宣

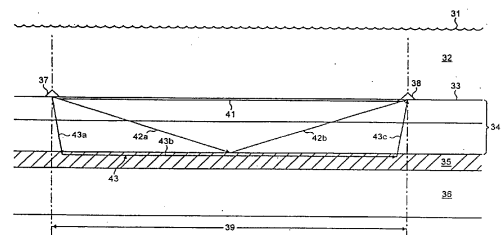
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 2 页

[54] 发明名称

确定地下储层性质的方法和装置

[57] 摘要

检测一个地下储层或确定一个已由先前的地震勘测知道其位置和几何形状的地下储层(35)的性质。由海底(33)上的一个发射机(37)施加电磁场(42、43)并由也在海底(33)上的天线(38)检测。在波场响应中寻找出折射波分量(43、43C)以确定存在的任何储层的性质。



1.一种进行地下地层测量的方法,以寻找含烃地下储层或确定已知其近似几何形状和位置的地下储层的性质,该方法包含:把时变电磁场加到地下地层中;检测电磁波场响应;在该波场响应中寻找代表折射波的分量;以及根据存在或不存在折射波分量确定是否存在任何识别出的储层和/或它的性质,

其中被发射的场是波的形式,并且

其中发射机与接收机之间的距离由下式给出:

$$0.5 \leq l \leq 10\lambda;$$

其中 λ 是穿过覆盖层发射的波长, l 是发射机和接收机之间的距离。

2.如权利要求1所述的方法,进一步包括分析由该储层造成的对检测到的任何折射波分量的影响,以便根据所述分析进一步确定该储层的内容的步骤。

3.如权利要求2所述的方法;其中施加的电磁场是偏振的。

4.如权利要求3所述的方法,其中偏振是使水平双极产生的E场分量沿着指向接收机的方向。

5.如权利要求1所述的方法,其中场是用一个或多个静止发射机施加的。

6.如权利要求5所述的方法,其中静止发射机位于已存在的井中。

7.如任何权利要求1中所述的方法,其中检测是由一个或多个静止接收机执行的。

8.如权利要求5所述的方法,其中发射机和/或接收机位于或靠近海底或某种其他水域的底面或位于地面上。

9.如任何权利要求1所述的方法,其中场被发射的时间是从3秒至60分钟。

10.如权利要求1所述的方法,其中发射时间从3分钟至30分钟。

11.如权利要求1所述的方法,其中发射波长由下式给出:

$$0.1s \leq \lambda \leq 10s;$$

其中 λ 是穿过覆盖层的发射的波长, s 是海底到储层的距离。

12.如权利要求 1 所述的方法, 其中发射频率是从 0.01Hz 到 1KHz。

13.如权利要求 1 所述的方法, 其中发射频率是从 1 到 20Hz。

14.如权利要求 2 所述的方法, 其中第一发射以第一频率进行, 由调谐的接收机阵列中的每个接收机接收, 然后以第二频率进行第二发射, 由同一个调谐的接收机阵列接收, 接收机被调谐以接收它们各自的发射。

15.如权利要求 1 所述的方法, 还包括把测量得到的结果与根据该储层和覆盖层状况的已知性质得到的数学模拟模型的结果进行比较的步骤。

16.如权利要求 11 所述的方法, 包括抑制直达波, 从而降低所需要的接收机动态范围和提高折射波的分辨率。

17.一种进行地下测量的方法, 包含: 进行地震勘测以确定一个区域的地质构造; 然后在勘测揭示出存在地下储层的地方, 进行权利要求 1 至 16 的任何一个所述的方法, 以确定该储层的性质。

确定地下储层性质的方法和装置

技术领域

本发明涉及确定水下和地下储层的性质的方法和装置。本发明特别适用于确定一个已知其近似几何形状和位置的储层是否含有烃类 (hydrocarbon) 或水, 但本发明也能应用于检测具有特定特性的储层。

背景技术

当前, 地质勘测, 特别是在水下情况中的地质勘测, 使用最广泛地技术是地震方法。这些地震技术能以某种精度揭示地下地层的结构。然而, 尽管地震勘测能揭示潜在储层的位置和形状, 但它不能揭示储层的性质。

发明内容

所以, 其解决方案是向该储层中钻孔。然而, 钻一口勘探井所涉及的成本往往在两千五百万英镑 (£25m) 左右, 而且由于其成功率一般约为十分之一, 因此这往往是一种成本很高的实践。

所以, 本发明的一个目的是提供一个系统, 用于以更大的可靠性确定地下储层的性质而无需开掘井孔。

根据本发明的一个方面, 提供了一种方法用于确定一个已知其近似几何形状和位置的地下储层的性质, 该方法包含: 把一个时变电磁场加到含有该储层的地层中; 检测电磁波场响应; 在该波场响应中寻找代表来自烃层的一个折射波的分量; 以及根据存在或不存在的由烃层折射的波分量来确定该储层的内容。

根据本发明的第二方面, 提供了一种方法用于寻找含烃地下储层, 该方法包含: 把一个时变电磁场加到地下地层中; 检测电磁波场响应; 在该波场响应中寻找代表折射波的分量; 以及根据存在或不存在的由烃层折射的波分量来确定是否存在任何识别出的储层和/或它的性质。

根据本发明的又一方面, 提供了一种装置用于确定一个已知其近似

几何形状和位置的地下储层的性质，或者用于寻找含烃地下储层，该装置包含：把一个时变电磁场加到含有该储层的地层中的装置；检测电磁波场响应的装置；以及在该波场响应中寻找代表折射波的分量从而能确定一个储层的存在和/或性质的装置。

本申请人已经认识到，尽管充油地层和充水地层的地震性质差别不显著，但它们的电磁电阻率（介电常数）确实是不同的。这样，通过使用电磁勘测方法，能发挥这些差别的作用并显著提高预测储层性质的成功率。这表明有可能大量节省成本。

本发明的产生源于认识到这样的事实，即当把一 EM 场（电磁场）加到包括储层的地下地层中时，除了来自该储层的直达波分量和反射波分量外，被检测到的波场响应还将包括来自该储层的“折射”波分量。含有烃类的储层以某种方式表现为一个波导。然而，为了本说明书的目的，将把这个波称作“折射波”，而不管事实上它和哪种具体机制有关。

尽管如此，折射波的表现是不同的，取决于传播它的地层的性质。具体地说，在烃类地层中的传播衰耗比在含水地层中低得多，然而传播速度却高得多。这样，当存在含油储层并施加 EM 场时，能检测到强的快速传播的折射波。所以这可能指出该储层的存在或者它的性质（如果已知它的存在）。所以，根据本发明的方法最好还包括步骤去分析由该储层造成的对检测到的任何折射波分量的影响，以便根据这种分析进一步确定该储层的内容。

最好是所施加的电磁场为偏振的。最好是这种偏振如同由共线水平发射机天线和接收机天线造成的。

如果发射机和接收机之间的偏移间距显著大于从海底（seabed）到储层的深度（即覆盖层厚度）的三倍，将会理解到折射波的衰减将小于直达波和反射波的衰减。其原因在于如下事实：折射波的路径在效果上将是从发射机向下到该储层的距离（即覆盖层的厚度），加上沿该储层的偏移距，再加上从该储层向上到接收机的距离（即又是覆盖层的厚度）。

源发射的偏振将确定有多个能量沿接收机方向发射到含油层。所以双极天线是优选发射机，但可使用能产生适当偏振场的任何发射机。一般而言，最好是采用有效长度大的双极天线。所以，该发射机双极天线

可以是 100 至 1000 米长，而且最好是 10 至 1000 米交叉偏振的，接收机双极最佳长度由覆盖层的厚度决定。

该技术适用于勘探陆基地下储层，但特别适用于水下的，特别是海洋下的地下储层。最好是使用位于地表面的一个或多个发射机施加电磁场，并由位于地表面的一个或多个接收机进行检测。在一个优选应用中，发射机和/或接收机位于或靠近海底或某种其他水域的底面。方便的作法是，有单个发射机和一个接收机阵列，发射机和接收机为双极天线或线圈，但也能使用其他形式的发射机/接收机。发射机可以在已存在的井中。再有，如果希望改善发射的电磁场的方向性，可使用带有相位调节的多个发射机。

在一种结构安排中，单个发射机和若干接收机被安排在单根电缆上，它由水面或水下船只布设在海底上所需要的位置。然后它们能被移到另一地方。在第二种安排中，若干接收机在海底上有固定的位置。发射机能被移到不同的位置。在第三种安排中，可用第一艘船放置发射机而由第二艘船放置一个或多个接收机。这提供了放置发射机和接收机二者的灵活性。在第四种安排中，发射机在一个已存在的井中而接收机可以构成固定的阵列，或者它们可以是可移动的。

应该理解，本发明可以用于确定一特定地层的位置、范围、性质和体量，还可以用于检测在一个时间段上这些参数的变化。

电磁勘测技术本身是已知的。然而，它们没有被广泛地用于实践。通常，感兴趣的储层约在海底下面 1km 或更深。为了在这些情况中作为独立的技术进行电磁勘探，并使其具有合理的分辨程度，短的波长是必须的。可惜的是，这种短的波长受到很高的衰减。长的波长不能提供适当的分辨率。由于这些原因，地震技术成为优选技术。

然而，尽管由电磁技术施加的较长的波长不能提供足够的信息以给出各种地层边界的准确位置，但是，如果已经知道了地质结构，而且如果特定的被识别出的地层的性质可能会显著地改变电磁特性，那么这些较长的波长能用于确定那个地层的性质。分辨率不是特别重要的，于是能利用不会受到强烈衰减的较长的波长。

海水的电阻率为 0.3ohm-m，海底下的覆盖层的电阻率约 0.3 至 4 ohm-m，例如约 2 ohm-m。然而，油储层的电阻率可能达到约 20-300

ohm-m。利用本发明技术能勘探出这一大的差别。通常，含烃地层的电阻率将比含水地层的电阻率大 20-300 倍。

由于含气/油地层和含水地层有不同的电磁性质，人们会预期在含气/油地层边界上存在发射场的反射和折射。然而，覆盖层和含水层性质之间的相似性意味着可能不会发生反射或折射。

然而，发射场可以是脉冲式的，最好是具有阶梯变化频率的相干连续波。它可以发射相当长一段时间，在此期间发射机最好是静止不动的（尽管它能缓慢地移动），而且发射是稳定的。这样，该电磁场能被发射一段时间，从 3 秒到 60 分钟，最好是从 3 分钟到 30 分钟，例如约 20 分钟。接收机还可以安排成检测直达波和来自储层的折射波，而分析工作可以包括从来自直达波的相应数据中提取折射波的相位和振幅。

最好是发射波长由下列公式给出：

$$0.1s \leq \lambda \leq 10s$$

这里 λ 是穿过覆盖层发射的波长， s 是从海底到储层的距离。最好是 λ 从约 0.5s 到 2s。发射频率可以从 0.01Hz 到 1KHz，最好是从 1 到 20Hz，例如 5Hz。

在一个优选的方案中，第一发射以第一频率进行，由调谐的接收机阵列中的每个接收机接收，然后以第二频率进行第二发射，由同一个调谐的接收机阵列接收，接收机被调谐以接收它们各自的发射，这可能要再重复若干次，但它也可以只进行一次。

最好是分析工作包括把测量得到的结果与根据该储层和覆盖层状况的已知性质得到的数学模拟模型的结果进行比较。

最好是该发射机和一接收机之间的距离由下式给出：

$$0.5\lambda \leq l \leq 10\lambda$$

这里 λ 是穿过覆盖层发射的波长， l 是发射机和第一接收机之间的距离。

如果由先前的地震勘测知道了该储层的距离和几何形状，则将选出最佳的 λ 和 l 。

最好是该分析装置被安排成分析相位和振幅。能用时间域和频率域技术以及其他脉冲锐化技术分析数据。这样，这些数据能被做成仿地震数据，从而能利用传统的地震后处理技术。

如果考虑感兴趣的地点，可以进行数学模拟操作。这样，把各种相

关参数，如覆盖层中各种已知地层的深度和预期电阻率可应用于该数学模型，并计算预期结果，而与所考虑的地层是含油的或含水的无关。然后，可将理论上预期的结果与在现场实现的实际结果加以比较，以确定该地层的性质。

本发明还扩展为一种进行地下测量的方法，它包含进行地震勘测以确定一个区域的地质构造；然后，在勘测揭示出存在地下储层的地方，进行上文描述的方法。

附图说明

可以以各种方法实践本发明，现在将参考附图以举例方式描述一些实施例。这些附图中，

图 1 是证实本发明的原理的实验技术示意图。

图 2 是根据本发明的系统的示意图。

具体实施方式

图 1 显示一个测试装备，包含容器 11 填以海水以及模拟的含油层，该模拟的含油层采用填充清水的膜盒 (diaphragm) 12 的形式。膜盒 12 悬挂在容器 11 的底面上方。发射机 13 和接收机 14 各安装在由杆 17 悬挂的竖直柱 15、16 上。柱间有恒定间距 L ，发射机 13 和接收机 14 可沿它们的支柱 15、16 上下移动。

当发射机 13 和接收机 14 处在实线所示位置时，调节接收机的灵敏度使得因海水中的衰减造成不能检测到直达波 18。显然，如果穿过海水的距离较大的话，也会由于衰减使反射波 19 也不能被检测到。

然后，发射机 13 和接收机 14 一起下降，并进行间歇性发射。在由虚线指示的一个特定深度，在由发射机 13' 进行发射之后，接收机 14' 检测到一个强信号。这不会是直达波，也不会是反射波，因为它们被海水衰减。所以，可得出结论：那个波所采取的路径只能是穿过膜盒 12 的路径。这被表示为折射波 21。

穿过海水传播的距离比较短，而当该波以某种方式穿过膜盒 12 中的清水时，与在海水中穿过同一距离相比，其衰减显著地较小。这样，总衰减小于直达波 18 的情况，于是折射波被检测到。

在图 2 中显示一个更实际的例子。海面示于 31，海 32 延伸到海底 33。有覆盖层 34、含油层 35 和下伏层 36。这一构造是从地震勘测得到的，但这些层的性质是未知的。发射机示意性显示在海底 33 上的位置 37，接收机类似地位于 38。它们的间距为偏移距 39。

发射机 37 为双极天线的形式，它被安排成使发射的电磁波的偏振方式为径向 E 分量总体上沿着指向接收机的直线。其结果是直达波 41 沿着覆盖层表面在海水中传播，而反射波 42a 和 42b 穿过覆盖层 34 前进，撞击含油层 35 的顶表面并被反射。图中指出了由接收机 38 接收的部分。

发射的波还造成折射波 43。折射波 43 包含向下穿过覆盖层 34 的下行部分 43a、沿层 35 传播的折射部分 43b 以及穿过覆盖层 34 传播回来的上行部分 43c。由于折射部分 43b 穿过含油层 35 传播速度快得多而且衰减减小得多，所以首先检测折射波 43，而且与直达波 41 和反射波 42a、42b 相比，折射波有比较高的信号电平。

折射波 43 特别适用于确定一个含油层（例如层 35）的边界，如果它在海底 33 之下的深度已知的话。这是由于折射波 43 的下行部分 43a 大部分以临界角进入层 35，对于含油岩石，该临界角约 10° 。在大于约 15° 的角度，发生层 35 的表面发生全反射。

这样，通过采取接收机 38 的不同位置，借助入射折射波部分 43C 的缺失，能准确地确定含油储层的边界。

这一技术还能使它本身方便地用于监视一段时间上储层中的变化。被检测的折射波的消失将意味着该含油储层的边界已经移动，油含量已经枯竭。

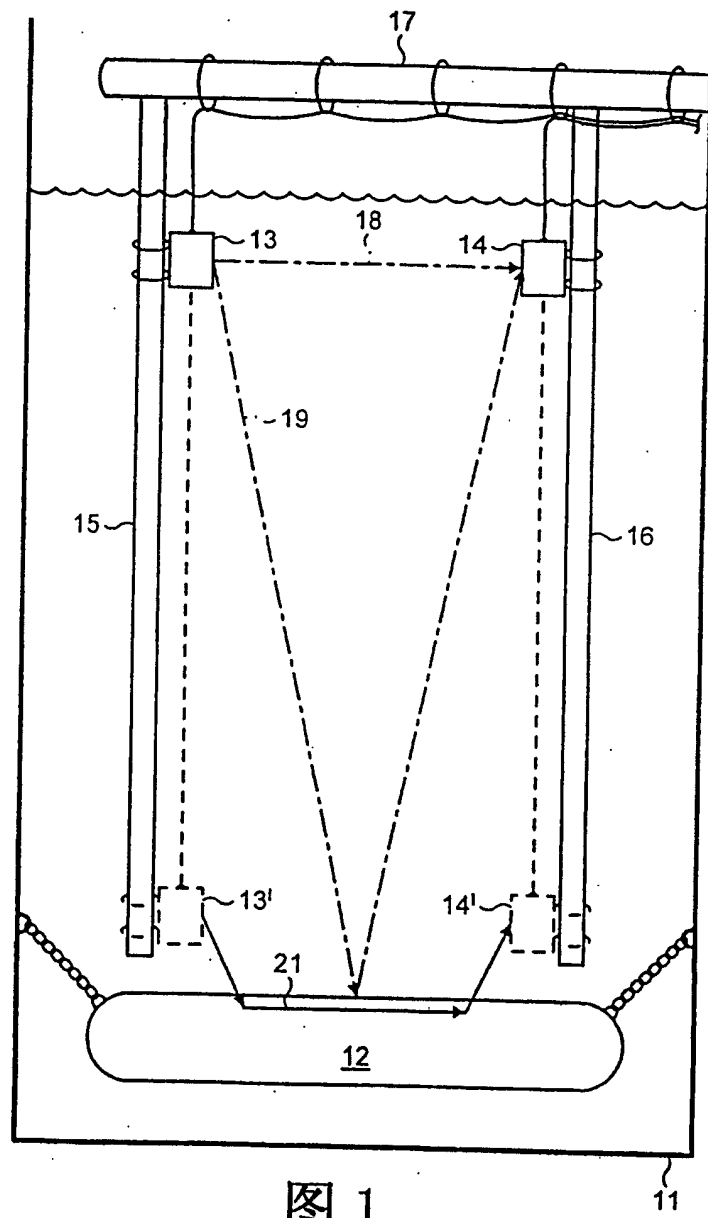
在图 2 所示的测试布局中，海底为 1000m 厚，有电阻率 2ohm-m。烃层约 50-100m 厚，有电阻率 50-100ohm-m。

然后，如果选择下列参数：Tr（发射机）天线和 Re（接收机）天线间距离=4000m；频率=1.25Hz；发射机天线和接收机天线的有效长度 L_T $L_R=500m$ （天线物理长度为 1000m）。发射机电流 200A。

那么接收信号（直达波）将约为 5uV。对于 $f=2.5Hz$ ，接收的电压变

为 0.5uV.

当烃层有足够大宽度时, 可以预期折射波将比直达波强.



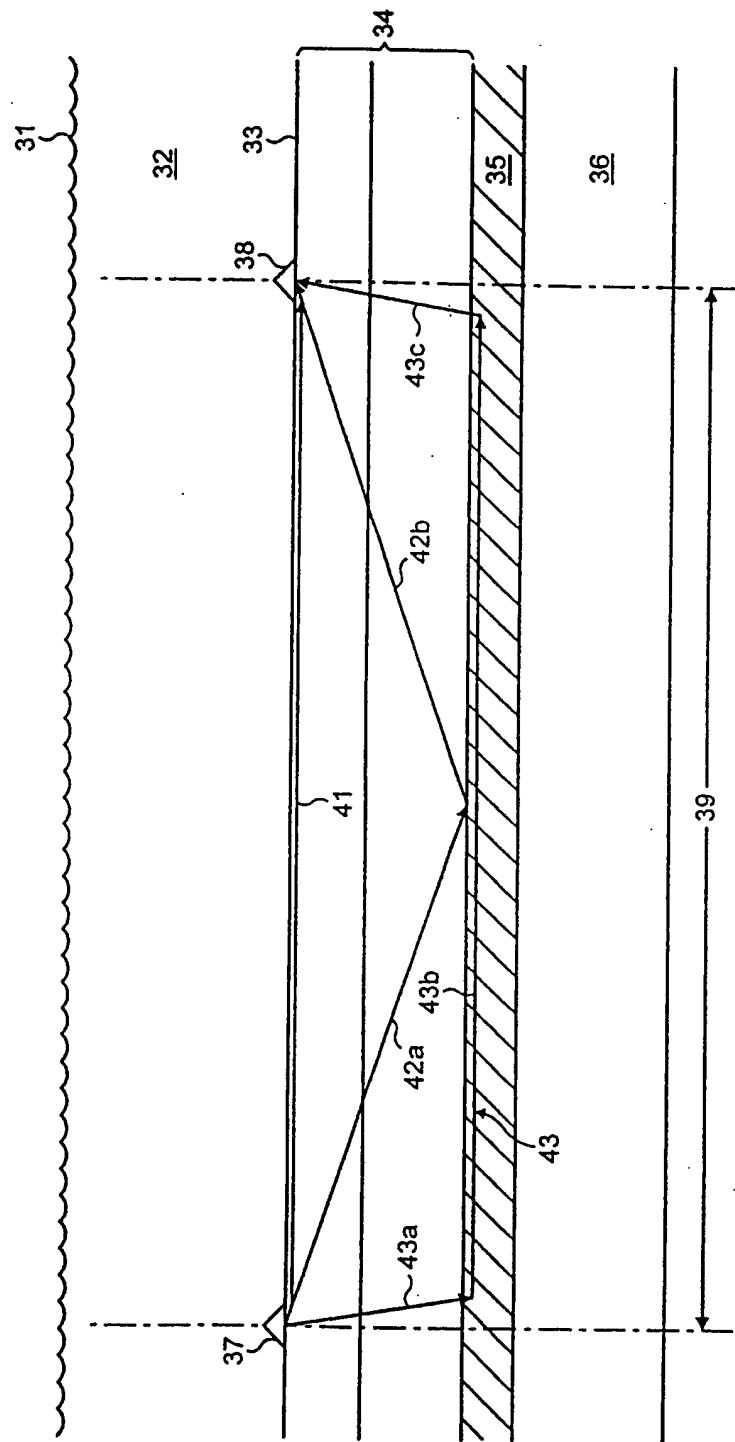


图 2