

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102422177 A

(43) 申请公布日 2012. 04. 18

(21) 申请号 201080020413. 6

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 03. 11

G01V 3/165(2006. 01)

G01V 3/08(2006. 01)

(30) 优先权数据

20091088 2009. 03. 12 NO

20100343 2010. 03. 11 NO

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 11. 09

(86) PCT申请的申请数据

PCT/N02010/000091 2010. 03. 11

(87) PCT申请的公布数据

W02010/104401 EN 2010. 09. 16

(71) 申请人 先进烃绘制公司

地址 挪威斯塔万格

(72) 发明人 J·K·谢斯塔德 E·B·法因贝格

P·巴尔苏科夫

(74) 专利代理机构 北京润平知识产权代理有限

公司 11283

代理人 南毅宁 周建秋

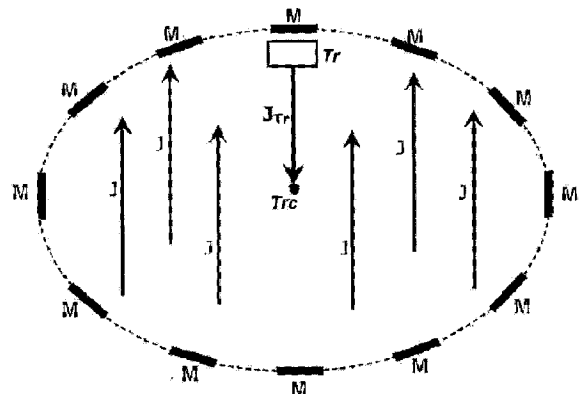
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 6 页

(54) 发明名称

基于磁场导数环流测量的近海烃电磁勘探方法和装置

(57) 摘要

描述了一种近海烃的电磁勘探系统。该系统包括产生电磁能量并将电流注入浮点垂直电缆的发射机。该电流在介质中产生的环形感应垂直电流时间导数的响应由磁力计的环形链测量。所测量的对目标的电阻率敏感响应被提出用来寻找和确认烃藏。



1. 一种用于海底 (Sb) 下面的烃藏 (Rs) 的电磁勘测的系统,该系统包括可控源电磁发射机 (Tr),所述可控源电磁发射机 (Tr) 设置有垂直发射机电缆 (Trc),该垂直发射机电缆 (Trc) 被布置为淹没在水团 (Sw) 中且被布置为通过发射步进式电流脉冲 (J_{Tr}) 提供电磁场,其特征在于,多个海底接收机 (M) 被布置在被认为或已知包含地下烃藏 (Rs) 的结构 (S) 上方的所述海底 (Sb) 上,且所述多个海底接收机 (M) 以形成环形链这样的方式被布置,以提供对由具有陡峭的电脉冲激发的磁感应的方位角分量的环流的时间导数的测量,所述电脉冲由在所述环形链的中心上方布置的垂直电缆上的脉冲发生器提供,所述电缆的下端在所述海底附近,而所述电缆的上端在海面附近;以及该系统还包括信号处理装置,所述信号处理装置被布置为接收和处理来自每个接收机 (M) 的信号,并且计算垂直电场、视在电阻率和所述场的阻抗。

2. 根据权利要求 1 所述的系统,其特征在于,在所述垂直发射机电缆周围布置的且互连成对称的环形链的感应线圈磁力计被用作接收机,该接收机用于测量所述磁感应的所述方位角分量的环流。

3. 根据权利要求 1 所述的系统,其特征在于,在所述垂直发射机电缆周围海底上布置的环形线圈被用作接收机,该接收机用于测量所述磁感应的所述方位角分量的环流。

4. 根据权利要求 1、2 或 3 所述的系统,其特征在于,所述发射机 (Tr) 被安装在船上,且所述发射机 (Tr) 被布置为与所述海底接收机 (M) 一起从被认为或已知包含地下烃藏 (Rs) 的结构 (S) 上方的一个位置移到另一个位置。

5. 根据权利要求 1、2、3 或 4 所述的系统,其特征在于,每个接收机 (M) 包括电阻率计。

6. 根据权利要求 1、2、4 或 5 所述的系统,其特征在于,每个感应线圈磁力计设置有定时装置,该定时装置被布置在磁力计外壳内且被布置为提供用于同步以及在信号处理和堆栈中使用的定时信号。

7. 根据权利要求 1-6 中任一项权利要求所述的系统,其特征在于,所有的感应线圈磁力计连接到光导体和信号处理器,所述信号处理器被布置为提供所述磁感应的所述方位角分量的环流的时间导数的测量和测量数据采集。

8. 根据权利要求 1-7 中任一项权利要求所述的系统,其特征在于,所述发射机 (Tr) 被布置为发出具有陡沿的间歇的电流脉冲 (J_{Tr}),且所述信息处理装置被布置为在两个连续脉冲之间的时滞期间提供磁场响应的时滞导数,该系统具有足够用来在当结构 (S) 包含有储存库 (Rs) 时和当结构 (S) 不包含储存库 (Rs) 时的信号响应之间区分的准确度。

9. 根据权利要求 1-7 中任一项权利要求所述的系统,其特征在于,结合发射能量的强度以及所述结构 (S) 和所述储存库 (Rs) 期望的电性能选择所述环形线圈的半径 (位移) 或由所述感应线圈磁力计 (M) 形成的链、电流脉冲的持续时间和暂停,以满足近区条件 $R \ll \sqrt{t\rho_a(t)/\mu_0}$ 的有效性,其中 R 是所述距离 (位移),t 是从关闭发射机之后的时刻开始计算的时间延迟, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m}$;以及 $\rho_a(t)$ 是时滞时底层的视在电阻率。

10. 根据权利要求 1-8 中任一项权利要求所述的系统,其特征在于,所述发射机电缆 (Trc) 与所述环形线圈或任意一个所述感应线圈磁力计 (M) 之间的水平距离 (位移) 在 10 米到 2000 米范围内。

11. 根据权利要求 1-9 中任一项权利要求所述的系统,其特征在于,所述电流脉冲持续

时间在 0.01 秒到 100 秒范围内。

12. 一种用于海上近海烃电磁勘探的方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

将多个海底接收机 (M) 布置为环形链以提供对由具有陡梢的电脉冲激发的磁感应的方位角分量的环流的时间导数的测量,所述电脉冲由在所述环形链的中心上方布置的垂直电缆中的脉冲发生器提供,所述电缆的下端在海底附近,而所述电缆的上端在海面附近;以及

执行用于接收和处理信号的数据采集过程,并计算垂直电场、视在电阻率和所述场的阻抗。

13. 根据权利要求 12 所述的方法,其特征在于,在垂直发射机电缆的垂直投影周围布置的且互连成对称的环形链的感应线圈磁力计被用作接收机,该接收机用于测量所述磁感应的所述方位角分量的环流。

14. 根据权利要求 12 所述的方法,其特征在于,在垂直发射机电缆的垂直投影周围的海底上布置的环形线圈被用作接收机,该接收机用于测量所述磁感应的所述方位角分量的环流。

15. 根据权利要求 12,13 或 14 所述的方法,其特征在于,所述发射机 (Tr) 安装在船上,且所述发射机 (Tr) 被布置为与所述海底接收机 (M) 一起从被认为或已知包含地下烃藏 (Rs) 的结构 (S) 上方的一个位置移到另一个位置。

16. 根据权利要求 12-15 中任一项权利要求所述的方法,其特征在于,每个接收机 (M) 包括电阻率计。

17. 根据权利要求 12-16 中任一项权利要求所述的方法,其特征在于,每个感应线圈磁力计 (M) 包括提供准确的定时信号的定时装置,该定时信号用于所述感应线圈磁力计 (M) 与所述发射机 (Tr) 的同步以及在信号处理和存储中使用。

18. 根据权利要求 12-17 中任一项权利要求所述的方法,其特征在于,所有的感应线圈磁力计连接至光导体和信号处理器,所述信号处理器被布置为提供所述磁感应的所述方位角分量的环流的时间导数的测量和测量数据采集。

19. 根据权利要求 14-18 中任一项权利要求所述的方法,其特征在于,所述发射机 (Tr) 发出具有陡沿的间歇的电流脉冲,且海底的所述接收机 (M) 提供在连续脉冲之间的时滞期间的介质响应的测量,该测量具有足够用来在当结构 (S) 包含有储存库 (Rs) 和当结构 (S) 不包含储存库 (Rs) 时的信号响应之间区分的准确度。

20. 根据权利要求 14-19 中任一项权利要求所述的方法,其特征在于,结合发射能量的强度以及所述结构 (S) 和所述储存库 (Rs) 期望的电性能选择所述环形线圈的半径 (位移) R 或由所述感应线圈磁力计 (M) 形成的链、电流脉冲的持续时间和时滞 t ,以满足近区条件 $R \ll \sqrt{t\rho_a(t)/\mu_0}$ 的有效性,其中 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m}$, t 是从关闭发射机之后的时刻开始计算的时间延迟, $\rho_a(t)$ 是底层的视在电阻率。

21. 根据权利要求 12-20 中任一项权利要求所述的方法,其特征在于,所述发射机电缆 (Trc) 与所述环形线圈或任意一个所述感应线圈磁力计 (M) 之间的距离 (位移) 在 10 米到 2000 米范围内。

22. 根据权利要求 12-21 中任一项权利要求所述的方法,其特征在于,所述电流脉冲的优选持续时间在 0.01 秒到 100 秒范围内。

23. 根据权利要求 12-22 中任一项权利要求所述的方法,其特征在于,该方法还包括海水电阻率的测量。

24. 根据权利要求 12-23 中任一项权利要求所述的方法,其特征在于,所述磁场的所述方位角分量的时间导数的环流的积累的瞬时过程通过应用渐近方程转换为视在 - 电阻率曲线。

25. 根据权利要求 12-24 中任一项权利要求所述的方法,其特征在于,具有磁感应的所述磁场的所述方位角分量的时间导数的环流的积累的瞬时过程通过使用对正规基横截面模型用系统构架的实际参数而数值计算的响应函数转换为视在 - 电阻率曲线。

26. 根据权利要求 12-25 中任一项权利要求所述的方法,其特征在于,所述磁场的的时间导数、其环流和视在 - 电阻率曲线用于储存库的图像 1D、2D 和 3D 模型。

基于磁场导数环流测量的近海烃电磁勘探方法和装置

技术领域

[0001] 描述了一种近海烃的电磁勘探系统。该系统包括产生电磁能量并将电流注入垂直的浮点电缆 (flooded cable) 的发射机。由该电流在介质中产生的感应垂直电流时间导数的响应被一系列磁力计测量。所测量的响应对目标的电阻率很敏感,其被提出用来寻找和确认烃藏。

背景技术

[0002] 现在,已知且应用了一些用于烃探测的可控源电磁 (CSEM) 方法。它们或者使用由船牵引的水平电缆作为发射机 (SBL、MTEM、CSEMT 和其他方法;例如参见美国专利第 4,617,518 号,斯尔恩卡的第 6,522,146 号,他西的第 5,563,513 号,艾德斯姆的第 0027130 号,第 0052685 号,第 0048105 号,第 6,859,038 号,第 6,864,684 号,第 6,628,119 号等;麦格雷戈的第 2006132137 号和第 7,337,064 号等;利西岑的第 2008/189042 等;瑞特的欧洲专利第 EP1,425,612 号等。同样参见麦格雷戈和辛哈的国际公开第 W003/048812 号,麦格雷戈的第 W02004049008 号,第 GB2395563 号,第 AU20032855 号,康蒂的第 US6,842,006 号等,以及参考文献目录中引用的出版物),或者使用由船固定或牵引的垂直电缆作为发射机 (MOSES, TEMP-VEL/TEMP-OEL;例如参见 1981 年的爱德华兹等,1985 年的爱德华兹等,挪威专利巴尔苏科夫的第 323889 号(等同于 W02007/053025A1),和参考文献中引用的其他出版物)。

[0003] 所有用于勘探的电磁 (EM) 方法使用的烃目标的主要特性是它比主岩有更高的电阻率。由大地电勘探理论可知,对于这样一个目标,最大的灵敏度由电磁场的电流模式提供。如在 MOSES、TEMP-VEL/TEMP-OEL 和 VESOTEM 方法中(沙夫等,1992 年;巴尔苏科夫等,2006 年;利西岑等,2008 年),可以通过垂直海底电缆注入的电流在海水中激发电流模式。

[0004] 在 TEMP-VEL 和 TEMP-OEL 方法中,由电极测量的垂直电场用来决定介质响应。这些方法中使用的时域和近区在浅海和深海中都能探深。TEMP-VEL/TEMP-OEL 覆盖了非常宽的深度范围,且关于烃目标提供最佳的分辨率。然而它们有一个缺点,缘于在测勘海洋时常用的非极化电极的漂移和固有噪声。

[0005] 在 MOSES 方法中,磁场的两个水平分量在频域中测量,方位角分量用于介质响应的决定。由于频域和磁场的快速减弱,这种方法相比于 TEMP-VEL/TEMP-OEL 和 VESOTEM 具有较小的探测深度范围和对处于深处的目标有较低的分辨率。

[0006] VESOTEM 方法用通过海床上的非极化电极获得的电场的两个水平分量来操作。VESOTEM 方法不用电场的垂直分量。

[0007] 在与 MOSES 和 VESOTEM 方法同样的方式中,TEMP-VEL/TEMP-OEL 方法使用连接至发电机的垂直电导体。在 TEMP-VEL/TEMP-OEL 方法中,当响应被应用,结构中感应了电场的垂直分量,它在电流脉冲之间的暂停中被记录。在 TEMP-VEL/TEMP-OEL 方法中使用的时域和近区给出了在浅海和深海中实施探深的可能性。因此,TEMP-VEL/TEMP-OEL 方法覆盖较宽的深度范围,对于烃目标提供改善的分辨率。正因如此,本发明以 TEMP-VEL/TEMP-OEL 方

法作为它的出发点。

[0008] 注意到这点很重要,基于通过接触电极测量电场的有所有方法都有严重的缺陷,缘于在近海勘探时通常用的非极化电极的漂移和固有噪声。

[0009] 最受欢迎的 SBL 方法使用水平发射机电缆和提供最大测量信号的水平接收机,然而他们有最小的分辨率和探测深度。

发明内容

[0010] 本发明的目的在于纠正或减少至少一项现有技术的缺陷。

[0011] 该目的通过以下说明书和接下来的权利要求书中描述的特征来实现。

[0012] 提供了一个发明,结合垂直电缆作为发射机,以一种涉及到现有技术的先进的方式,在时域的近区和磁感应的方位角分量的时间导数的环流测量。

[0013] 本发明应用垂直电缆作为发射机,在时域的近区和磁感应的方位角分量的时间导数的环流测量,因此结合 TEMP-VEL/TEMP-OEL 和 MOSES 方法所有的优点成为一个新方法的可能性被提出。

[0014] 电场垂直分量 EZ 的测量或者由海水中电极决定的简单的垂直电缆产生,或者由直接接触海水的特殊结构的电子传感器(康斯特布尔,2005年,2008年)产生。

[0015] 在实际发明中,介质中感应的垂直电流的瞬变代替了 TEMP-VEL/TEMP-OEL、VESOTEM 方法和其他方法中使用的垂直电场被提出来被测量。巨大的环形线圈或者感应线圈的磁力计环形链被提出用于这样的测量。图 1 中示出了这种系统的草图。无需电极,该系统测量磁感应的方位角分量的时间导数的环流,且这对应于垂直定向电流 (directed electrical current) 的时间导数。

[0016] 勘测过程的总体方案如下:

[0017] 一艘船被移到被认为或是已知含有地下烃藏的轮廓或区域上方。根据起止的状态执行勘测。

[0018] 当船到达特殊的点,船和辅助船只在发射机点周围的一定距离的海底沿径向线安装了巨大的环形线圈或感应线圈磁力计系统。所有的磁力计垂直朝向径向线,以提供 $\oint_L (dB_\varphi / dt) dl$ 的测量,也就是说,磁场的方位角分量 B_φ 的时间导数的环流沿着在垂直发射机电缆周围的环形的等位线 L。这个环流决定经过等位线内部区域的总垂直电流的时间导数(见图 1)。

[0019] 然后,船将垂直发射机电缆潜入发射机点,并开始注入连续的一串步进式交流电流。

[0020] 在 20 到 60 分钟内进行测量,以提供可接受的信噪比。

[0021] 然后,整个系统被移到另一个位置。

[0022] 该方法的优点通过以下实现:

[0023] a) 应用加在垂直发射机电缆上的电流产生的电磁场的电流模式。

[0024] b) 垂直电流的时间导数的测量在时间和距离上满足近区条件: $0 \leq R \ll (2\pi t \rho_a / \mu_0)^{1/2}$, 其中 t 是过了关闭发射的电流的最近脉冲之后的时间; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m}$; 以及 ρ_a 是底层的视在电阻率。

[0025] c) 通过环流来自时间导数的垂直电场的确定和有随后说明的对于时域中截面的 EM 响应的计算。

[0026] 本发明的主要优点如下：

[0027] 本发明的一个优点在于，提供了一种基于介质中由垂直发射机电流激发的磁场时间导数的环流的测量，用于在被认为或已知包含地下烃藏的区域中的海底下面的地下中的电阻式目标的 EM 勘探方法和装置。

[0028] 本发明另一个优点是，一种通过介质中由来自垂直发射机的电流脉冲感应的垂直电流时间导数的环流的非接触测量的使用来检测和追踪由储存库规定的 EM 异常的方法的提供。

[0029] 本发明又一个优点是，一种根据介质中由垂直发射机电流脉冲激发的磁场的时间导数的环流的测量的转换和一维反演来在水平和垂直方向上构建储存库几何形状的电导率 $\rho(x, y, h)$ 的综合图像的方法的提供。

[0030] 本发明的一个方面中，固定在被认为或已知包含地下烃藏的区域内的某个位置上的发射机注入电流脉冲到埋在海水中的垂直电缆中。置于距离发射机一定距离（位移）的海底上的至少一个环形接收机执行介质中感应的磁场方位角分量时间导数环流测量。

[0031] 可选地，固定在被认为或已知包含地下烃藏的区域内的某个位置上的发射机注入电流脉冲到埋在海水中的垂直电缆中。固定在与发射机等距的点上的海底上的多个接收机被布置为严格同步地执行介质中感应的磁场时间导数的环流的测量。

[0032] 可选地，固定在某个位置的发射机产生电流脉冲。在一个或多个点上的磁场时间导数的环流的测量在连续脉冲之间的时滞期间的近区执行。

[0033] 磁场的时间导数环流的测量用来决定截面的响应和接下来它的踪迹、转换、反演和烃藏的 3D 图像的绘制。

[0034] 在本发明的第一方面中，本发明更具体涉及一种用于海底下面烃藏的电磁调查的系统，包括可控源电磁发射机，该可控源电磁发射机设置有被布置为淹没在大量海水中的垂直发射机电缆，且被布置为通过步进式电流脉冲的发射提供电磁场；以及多个海底接收机，布置在被认为或已知包含地下烃藏的结构上方的海底上，设置有记录装置的每个海底接收机的特征在于，包括：磁力计和电阻率计，磁力计被布置为提供信号来响应由发射机感应的电磁场，电阻率计被布置为测量具体的海水电阻率；系统还包括信息处理装置，被布置以接收和处理来自每个接收机的信号，该信号至少部分以储存库的视在电阻率和阻抗为特征。

[0035] 发射机可以安装在船上，且被布置为和海底接收机一起从被认为或已知包含地下烃藏的结构上方的一个位置移到另一个位置。

[0036] 每个接收机包括电阻率计。

[0037] 每个磁力计可以设置有布置在磁力计的外壳内的定时装置，且被布置为提供用于同步和在信号处理和堆栈中使用的定时信号。

[0038] 发射机可以被布置为发出 (emit) 具有陡梢 (sharp termination) 的间歇的电流脉冲，且信息处理装置被布置为在两个连续脉冲之间的时滞期间生成磁场响应的时间导数，具有足够用来在当结构包含有储存库时和当结构不包含储存库时的信号响应之间区分的准确性。

[0039] 可以结合发射能量的强度以及水团、结构和储存库期望的电性能选择发射机电缆和任意一个海底接收机之间的水平距离（位移）、电流脉冲的持续时间和时滞，以满足近区条件 $R \ll \sqrt{t\rho_a(t)/\mu_0}$ 的有效性，其中 R 是距离（位移）， t 是从关闭发射机的时刻计算的时滞延迟， $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m}$ ； $\rho_a(t)$ 是时滞时底层的视在电阻率。

[0040] 电流脉冲优选的持续时间可以在 0.01 秒到 100 秒范围内。

[0041] 发射机电缆和任意一个接收机之间优选的水平距离（位移）可以在 100 米到 2000 米范围内。

[0042] 所有接收机可以等距地安装在发射机电缆周围且朝向方位角方向。

[0043] 所有的接收机可以被布置为与发射机同步运作。

[0044] 每个磁力计可以被布置为用来测量磁场的时滞导数。

[0045] 磁力计可以为可以是感应线圈磁力计。

[0046] 信息处理装置被布置为生成沿着发射机电缆周围的接收机的圆环的磁场的时滞导数环流的计算。

[0047] 在本发明的第二方面中，本发明更具体地涉及一种海底下烃电磁勘探的方法。其特征在于包括下列步骤：

[0048] a) 在被认为或已知包含地下烃藏的结构上方的水团里，展开垂直延长的连接至发射机的电子发射机电缆。

[0049] b) 在相距发射机电缆一定距离并围绕发射机电缆的海底布置多个接收机，每个接收机包括磁力计，该磁力计被布置为提供响应由发射机感应的电磁场的信号。

[0050] c) 从每个接收机获得由发射机感应的电磁场的总的磁场响应。

[0051] d) 积累、处理和储存涉及到来自于发射机信号的响应函数，并描述结构的电性能的特征；以及

[0052] e) 以寻找和确认烃藏为目标，分析所测量的数据。

[0053] 每个接收机可以包括电阻率计。

[0054] 每个接收机可以包括定时装置，为所有的接收机与发射机同步提供准确的定时信号。

[0055] 发射机可以发出具有陡沿 (sharp edge) 的间歇的电流脉冲，且海底的接收机可以执行在连续脉冲之间的时滞期间的介质响应的测量。

[0056] 选择发射机电缆和任意一个海底接收机之间的距离（位移） R 、电流脉冲的持续时间和时滞 t 被选择，以满足近区条件 $R \ll \sqrt{t\rho_a(t)/\mu_0}$ 的有效性，其中 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m}$ ； $\rho_a(t)$ 是底层视在电阻率，而当储存库在结构中或者当储存库不在结构中时，发射的电流强度被选择以提供足够用于测量和响应的反演的可靠信号。

[0057] 电流脉冲优选的持续时间可以在 0.01 秒到 100 秒范围内。

[0058] 发射机电缆和任意一个海底接收机之间的距离（位移）可以在 100 米到 2000 米范围内。

[0059] 海底的所有磁力计可以与发射机电缆等距并沿着其周围的圆圈被安装。

[0060] 所有磁力计可以被安装在海底，且被定位为测量磁场时滞导数的方位角分量。

[0061] 在海底的所有磁强计可以与发射机同步运作。

[0062] 数据记录过程可以提供沿着围绕位于等位线中心的垂直发射机电缆的环形等位

线的磁场方位角分量的时间导数环流的瞬时 (transient) 过程的测量。

[0063] 瞬时过程的所有测量可以被积累,其包括时间导数和磁场的环流。

[0064] 该方法还包括海水电阻率的测量。

[0065] 磁场的方位角分量的时间导数的环流的积累的瞬时过程可以通过应用渐近方程转换为视在 - 电阻率曲线。可选地,磁场的方位角分量的时间导数的环流的积累的瞬时过程可以通过使用对正规基横截面模型,用系统构架的实际参数数值计算的响应函数转换为视在 = 电阻率曲线。

[0066] 磁场的时间导数、其环流和视在 - 电阻率曲线可以用于储存库的图像 1D、2D 和 3D 模型中。

附图说明

[0067] 当本发明优选实施方式的以下详细描述与附图结合起来考虑时,本发明将更容易理解,在附图中:

[0068] 图 1 是根据本发明的传感器安装方案。Tr 是其中具有海底垂直发射机电缆的船发射电流 J_{Tr} 的位置。J (细箭头) 是 J_{Tr} 电流在介质中激发的垂直感应电流。M 是为了测量 EM 响应的感应线圈磁力计。所有的磁力计 M 形成一个圆形链条 (虚线),并测量总垂直电流 J 的时间导数。

[0069] 图 2 示出了该方法的敏感性和空间分辨率。模型中的参数如下:两个平行六面体结构的 3D 存储库 Rs 位于海底以下 1400 米和 1440 米深度;存储库的宽度是 9 千米和 2 千米,长度是 12 千米。发射机电缆的海洋深度和长度是 320 米;海水、沉积物和存储库的电阻率分别是 $0.3 \Omega m$ 、 $1 \Omega m$ 和 $100 \Omega m$;存储库的厚度和电阻率分别是 40 米和 $50 \Omega m$ 。发射机电流强度是 500A。曲线 1、2、3 分别对应延迟时间 $t = 0.5s$ 、 $1s$ 和 $5s$ 。

[0070] 图 3 示出了:电流正常化后,对于由经过 300 米长的垂直发射机电缆发射的一连串步进电流脉冲激发的 1D 四层结构,磁场方位角分量的时间导数 dB_{φ}/dt 对时间的关系曲线。横截面的参数: $h_1 = 300m$ (海水), $h_2 = 1000m$ (沉积物), $h_3 = 50m$ (存储库), $h_4 = \infty$, $\rho_1 = 0.31 \Omega m$, $\rho_2 = 1 \Omega m$, $\rho_3 = 1 \Omega m$ (2- 有油) 或 $40 \Omega m$ (1- 无油), $\rho_4 = 1 \Omega m$ 。位移 (发射机和接收机之间的距离) 等于 1000 米。

[0071] 图 4 示出了对应于图 3 中出现的响应的视在 - 电阻率曲线 ρ 。

[0072] 图 5 示出了:电流正常化后,对于由经过 300 米长的垂直发射机电缆发射的一连串步进电流脉冲激发的 1D 四层结构,磁场方位角分量的时间导数 dB_{φ}/dt 的环流对时间的关系曲线。横截面的参数: $h_1 = 1000m$ (海水), $h_2 = 1000m$ (沉积物), $h_3 = 50m$ (存储库), $h_4 = \infty$, $\rho_1 = 0.31 \Omega m$, $\rho_2 = 1 \Omega m$, $\rho_3 = 1 \Omega m$ (2- 有油) 或 $40 \Omega m$ (1- 无油), $\rho_4 = 1 \Omega m$ 。位移 (发射机和接收机之间的距离) 等于 1000 米。

[0073] 图 6 示出了对应于图 5 中出现的响应的视在 - 电阻率曲线 ρ 。

具体实施方式

[0074] 所有现存的应用于烃探测的电磁方法利用了任何包含油或气的储存库比包含水和覆盖层的储存库具有更高的电阻率的事实。任何探深方法的最大分辨率通过应用穿过储存库主体的电场 (磁场的 TM 模式) 来达到;磁场对烃目标较不敏感,因为磁场是由储存库

主体中的电流产生,其中储存库主体是电阻性的。

[0075] MOSES 方法 (Edwards 等,1981 年,Edwards 等,1985 年) 和 VESOTEM 方法 (Lisitsyn 等,2008 年) 分别使用磁场的两个水平分量和电场的两个水平分量确定截面的响应。仅使用发射机和接收机两者中的垂直电场分量以及在近区中测量信号,是 TEMP-VEL/TEMP-OEL 方法原理的区别特征,这将 TEMP-VEL/TEMP-OEL 方法与 MOSES 和 VESOTEM 区分开。

[0076] 应用于烃勘探的最有效的现有装置由垂直方向上发射电流的发射机和测量介质中引起的垂直电场的接收机组成。这种构造在 TEMP-VEL 和 TEMP-OEL 方法 (巴尔苏科夫等的第 323889 号) 中应用。然而,电场的垂直分量测量技术 (康斯特布尔,2008 年) 非常困难和昂贵,且由非极化电极的不稳定性和噪声变复杂,降低了调查的分辨率和深度。

[0077] 由巨大的环形线圈或感应线圈的磁力计 M 的圆形链 C 测量的磁场时间导数 dB/dt 的环流在本发明中被提出用来确定电磁响应。在垂直发射机电缆 Trc 投影 (projection) 周围的海底 Sb 对称安装的同步运作的感应线圈磁力计 M 的链 C 提供:

[0078] 响应的堆栈和信噪比的增加,

[0079] 取本地地表下岩层的不均匀性引起的信号失真的平均值,

[0080] 外部地磁的变化和人造源引起的噪声的抑制。

[0081] 图 1 和图 2 示出了根据本发明的系统的第一示例性实施方式。在从海底 Sb 向下延伸的海底的结构 S (见图 2) 中显示了两个烃藏 Rs。Sw 表示水团。该系统由发射机 Tr 组成,该发射机 Tr 安装在漂浮于水团 Sw 中的船 (未示出) 上。发射机 Tr 产生并注入电流脉冲 J_{Tr} 到连接至其的垂直海底电缆 Trc 上。安装在距离发射机电缆 Trc 水平距离 (位移) 处的一些感应线圈磁力计 M 测量介质中由垂直发射机电缆 Trc 上的电流 J_{Tr} 引起的响应信号 dB/dt 。

[0082] 所有的感应线圈磁力计 M 均与发射机电缆 Trc 等距地安装,并朝向方位角方向,且他们中的每一个被布置用来测量时域中在连续的电流脉冲之间的暂停期间磁场的 dB_{ϕ}/dt 分量。沿着发射机电缆 Trc 周围的等位线 (contour) L 的 dB_{ϕ}/dt 的环流等于 dJ/dt , 其中, J 是流经圆圈 L 的完整的垂直电流。如果具体的海水的电导率 σ 已知,则垂直电场的时间导数可以如 $dE/dt = \oint_L (dB_{\phi}/dt) dl / (\mu_0 \sigma_1 S)$ 建立,其中 S 是圆圈 L (在图 1 中虚线所示) 的面积。

[0083] 这样,所提出的系统提供了一种用于垂直电场的时间导数的非接触间接测量的方法。所提出的系统和其他方法之间的区别在于通过与垂直发射机电缆等距并沿着其周围圆圈安装的磁力计 M 的系统对磁感应的时间导数 dB_{ϕ}/dt 的环流的测量。

[0084] 对坐标 x, y 的函数 dB_{ϕ}/dt 可以直接用于被认为或已知包含地下烃藏的区域上方的 EM 剖面图。图 2 示出了这样的剖面图的实例。

[0085] 即使 EM 探深可以通过由垂直发射机电缆 Trc 和一个感应线圈磁力计 M 组成的系统实现,但是优选的实施方式具有一个巨大的环形线圈 C 或者至少两个或者 (这样更好) 多个沿着圆圈等距安装的磁力计 M 形成的一个链,因为这种情况下,有可能抑制外部噪声并且积累信号。

[0086] 两个瞬时响应函数的实例在图 2 中呈现。曲线图示出了沿着图中下部描绘的穿过两个 3D 储存库的剖面图,3 次延时的 dB_{ϕ}/dt 的走势 (曲线 1 = 0.5 秒,曲线 2 = 1 秒以及曲

线 3 = 5 秒)。所有三条曲线显示了两个储存库的存在,并定性地正确地确定了它们的位置和大小。截面的定量特性可以在另外的数据分析、转换和反演后被接收。

[0087] 图 3 和图 5 表示由垂直电流的步进脉冲激发的对两个 4 层模式理论上的响应。这些曲线证实了所提出的方法的分辨率和在深水和浅水中使用这种方法的可能性。在这两种情况中,对于 1000 米和 300 米的海洋深度,曲线显示出较好的分辨率:有油模式曲线与无油曲线在因素 3 上不同。而且,信号 dB_{ϕ}/dt 中最大的不同是浅的深度比深的深与图 3 和图 5 中所示的用于响应计算的模型对应的视在 - 电阻率曲线 $\rho(t)$ 在图 4 和图 6 中示出。实际发明中提出的用于 $\rho(t)$ 计算的后期渐近线是:

[0088]

$$\rho(t) = \left[\frac{P_z \sigma_1}{16\pi\sqrt{\pi}} \frac{Rh_0^2 \mu_0^{7/2}}{t^{7/2}} \frac{1}{dB_{\phi}/dt} \right]^{2/3}$$

[0089] 其中, t 是瞬变的时间延迟, P_z 是发射机电缆的电矩,等于 IL_z 。其中, I 是电流强度; L_z 是垂直电缆长度。 σ_1 是具体的海水电导率, h 是海洋深度, R 是位移, μ_0 是真空中磁导率。

[0090] 图 4 和图 6 显示出视在 - 电阻率曲线与场响应一样关于烃目标在深水和浅水都有较高的分辨率。最大的分辨率发生在浅水中 2-4 秒和深水中 4-6 秒的时间范围内。信号以 1KA 的发射电流到达 pT 的成百上千;这样的总磁场的值通过现代感应线圈的磁力计非常易测。

[0091] 视在电阻率计算中需要的具体的海水电导率 σ_1 可以用电阻率计测量或者由海水在任意深度的温度、盐度和压力计算。

[0092] 在层状结构中基于完整的瞬变过程的视在电阻率的计算被提出作为数据描述的优选实施方式。这个计算通过数值的方式产生。该描述优于渐进方式的描述,因为其提高了瞬变过程早期关于截面的分辨率。

[0093] 参考文献

[0094] 美国专利文献

[0095]

公开号	公开日期	申请人/发明人
4,617,518	10/1986	斯尔恩卡
5,563,513	10/1996	他西
0052685 A1	03/2003	埃林瑟等
0048105 A1	03/2003	埃林瑟等
6,628,119 B1	10/2003	艾德斯姆等
7,337,064 B2	02/2008	麦格雷戈等
2008/189042 A1	08/2008	利西岑等

[0096] 其他专利文献

[0097]

公开号	公开日期	申请人/发明人
WO 01/57555 A1	09/2001	埃林瑟等
WO 02/14906 A1	02/2002	埃林瑟等
WO 03/025803 A1	03/2003	斯尔恩卡等
WO 03/034096 A1	04/2003	辛哈等
WO 03/048812 A1	06/2003	麦格雷戈等

[0098] 挪威专利文献

[0099] 公开号 公开日期 申请人 / 发明人

[0100] NO 323889 B1 G01V 3/1201/2006 巴尔苏科夫等

[0101] 其他出版物:

[0102] 阿蒙森 H.E.F, 约翰森 S., 勒斯特 T. ;2004 年 :A Sea Bed Logging(SBL) calibration survey over the Troll Gas Field. 第 66 届欧洲地质学家与工程师学会会议与展览, 巴黎, 法国, 2004 年 6 月 6 日 -10 日。

[0103] 沙夫 A. D. 和考克斯 C. S ;1982 年 :Controlled Electromagnetic Sources for Measuring Electrical conductivity Beneath the Oceans 1.Forawrd Problem and Model Study. 地球物理学研究杂志, 87, B7, 第 5327-5338 页。

[0104] 沙夫 A. D., 康斯特布尔 S. C., 爱德华兹 R. N. ;1991 年 :Electrical Exploration Methods for the Seafloor. 第 12 章。纳比占编辑, 应用地球物理学, v. 2, 社会探索地球物理学, 特斯拉, 俄克拉荷马州, 第 931-966 页。

[0105] 奇斯曼 S. J., 爱德华兹 R. N., 沙夫 A. D. ;1987 年 :On the theory of sea floor conductivity mapping using transient electromagnetic system. 地球物理学, V. 52, N2, 第 204-217 页。

[0106] 康斯特布尔 S. C., 奥林奇 A. S., 霍韦斯腾 G. M., 莫里森 H. F. ;1988 年 :Marinemagnetotellurics for petroleum exploration. 第一部分 :A sea floor equipment system. 地球物理学, V. 63, N3, 第 816-825 页。

[0107] 康斯特布尔 S. C. ;2005 年 :Method and system for seafloor geological survey using vertical electric field measurement, 专利申请出版物, US2005/0264294A1。

[0108] 康斯特布尔 S. C. ;2008 年 :Three-axis marine electric field sensor for seafloor electrical resistivity measurement. 专利申请出版物, US2008/0094067A1。

[0109] 科金 J. H., 莫里森 H. F. ;1970 年 :Electromagnetic investigation of the sea floor :地球物理学, V. 35, 第 476-489 页。

[0110] 爱德华兹 R. N., 洛 L. K., 德洛里埃 J. M. ;1981 年 :On measuring the electrical conductivity of the oceanic crust by a modified magnetometric resistivity method :地球物理学研究杂志. V. 68, 第 11609-11615 页。

[0111] 爱德华兹 R. N., 洛 L. K., 沃尔夫格拉姆 P. A., 诺贝尔斯 D. C., 博恩 M. N., 特

里格 D.F., 德洛里埃 J.M.; 1985 年: First results of the MOSES experiment: Sea sediment conductivity and thickness determination. 布特·茵莱特, 英国哥伦比亚, by magnetometric off-shore electrical sounding. 地球物理学, V. 450, N1, 第 153-160 页。

[0112] 爱德华兹 R.N., 沙夫 A.D.; 1986 年: On the theory of a transient electric dipole-dipole method for mapping the conductivity of the sea floor. 地球物理学, V. 51, 第 984-987 页。

[0113] 爱德华兹 R.N.; 1997 年: On the resource evaluation of marine gas hydrate deposits using sea-floor transient dipole-dipole method. 地球物理学, V. 62, N1, 第 63-74 页。

[0114] 艾登斯姆 T., 埃林瑟 S., 麦格雷戈 L.M., 康斯特布尔 S., 辛哈 M.C., 约翰森 S.E., 空 N. 和吾斯特道 H.; 2002 年: Sea Bed Logging(SBL), a new method for remote and direct identification of hydrocarbon filled layers in deepwater areas. 初至, 3 月 20 日, 第 144-152 页。

[0115] 埃林瑟 S., 辛哈 M.C., 康斯特布尔 S., 麦格雷戈 L.M., 埃德森 T., 约翰森 S.E.; 2002 年: Remote sensing of hydrocarbon layers by Sea Bed Logging(SBL): results from a cruise offshore Angola. 前沿, 21, 第 972-982 页。

[0116] 哈贝尔 E., 阿舍尔 U., 奥尔登堡 D.W.; 2002 年: Inversion of 3D time domain electromagnetic data using an all-at-once approach: 第 72 届年度国际会议递交的报告: 社会探索地球物理学。

[0117] 奥瓦尔 R.N., 洛 L.K., 德洛里埃 J.M.; 1981 年: On measuring the electrical conductivity of the oceanic crust by a modified magnetometric resistivity method: 地球物理学研究杂志, 86, 第 11609-11615 页。

[0118] 约翰森 S.E., 阿蒙森 H.E.F., 勒斯特 T., 埃林瑟 S., 埃德森 T., 布扬 A.H.; 2005 年: Subsurface hydrocarbon detected by electromagnetic sounding. 初至, v. 23, 第 31-36 页。

[0119] 朗格尔 R.A.; 1987 年: Main Field, in Geomagnetism, J.A. 杰克布编辑, 学术出版社, 圣地亚哥, 加利福尼亚州, 第 249 页。

[0120] 麦格雷戈 L., 汤普金斯 M., 维闻 R., 巴克 N.; 2004 年: Marine active source EM sounding for hydrocarbon detection. 第 66 届 EAGE 会议与展览, 巴黎, 法国, 2004 年 6 月 6 日-10 日。

[0121] 瑞特 D.A., 斯库斯科 A., 和霍布斯 B.A.; 2001 年: Hydrocarbon detection with a multichannel transient electromagnetic survey. 第 70 届年度国际会议, 社会探索地球物理学。

[0122] 裕远 J., 爱德华 R.N.; 2004 年: The assessment of marine gas hydrates through electrical remote sounding: Hydrate without BSR? 地球物理学研究文学, V. 27, N16, 第 2397-2400 页。

[0123] 斯库斯科 A., 霍布斯 B., 瑞特 D.; 2002 年: First direct hydrocarbon detection and reservoir monitoring using transient electromagnetics. 初至, V. 20, No. 4,

pp. 224-225。

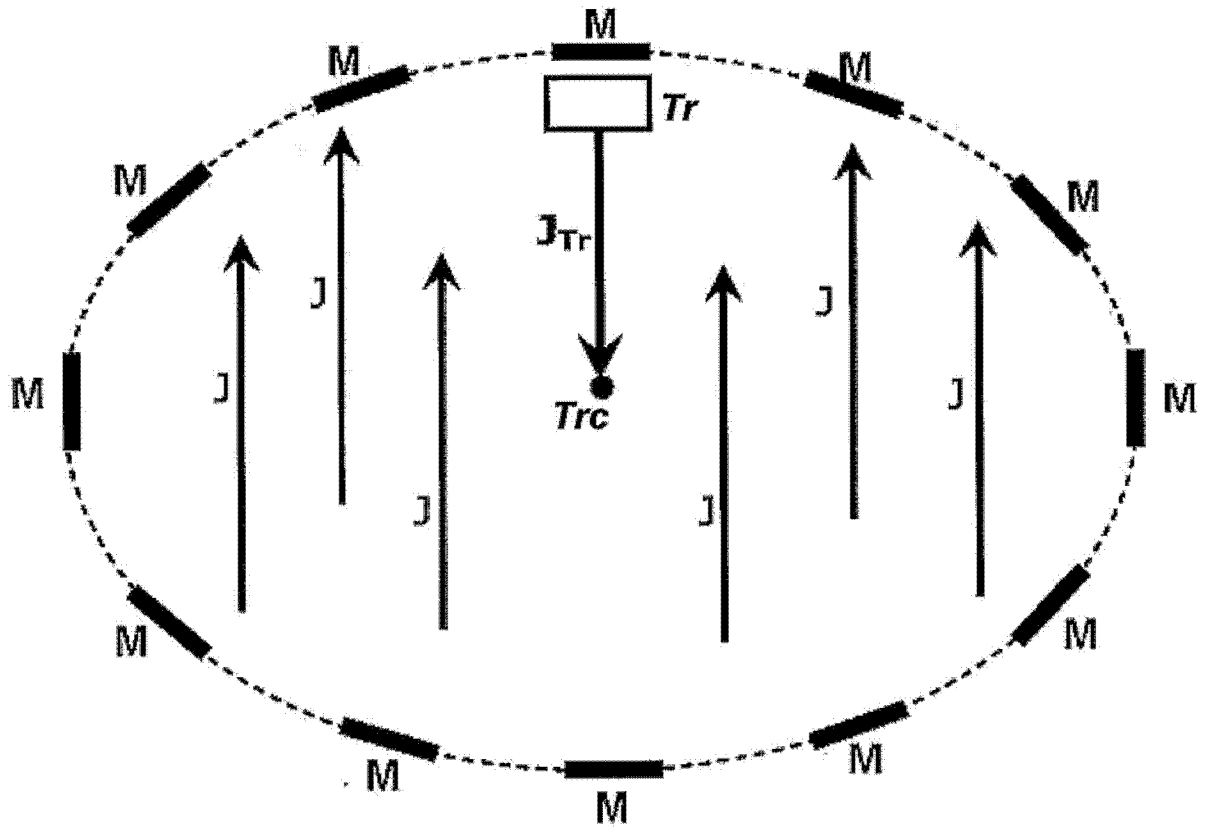


图 1

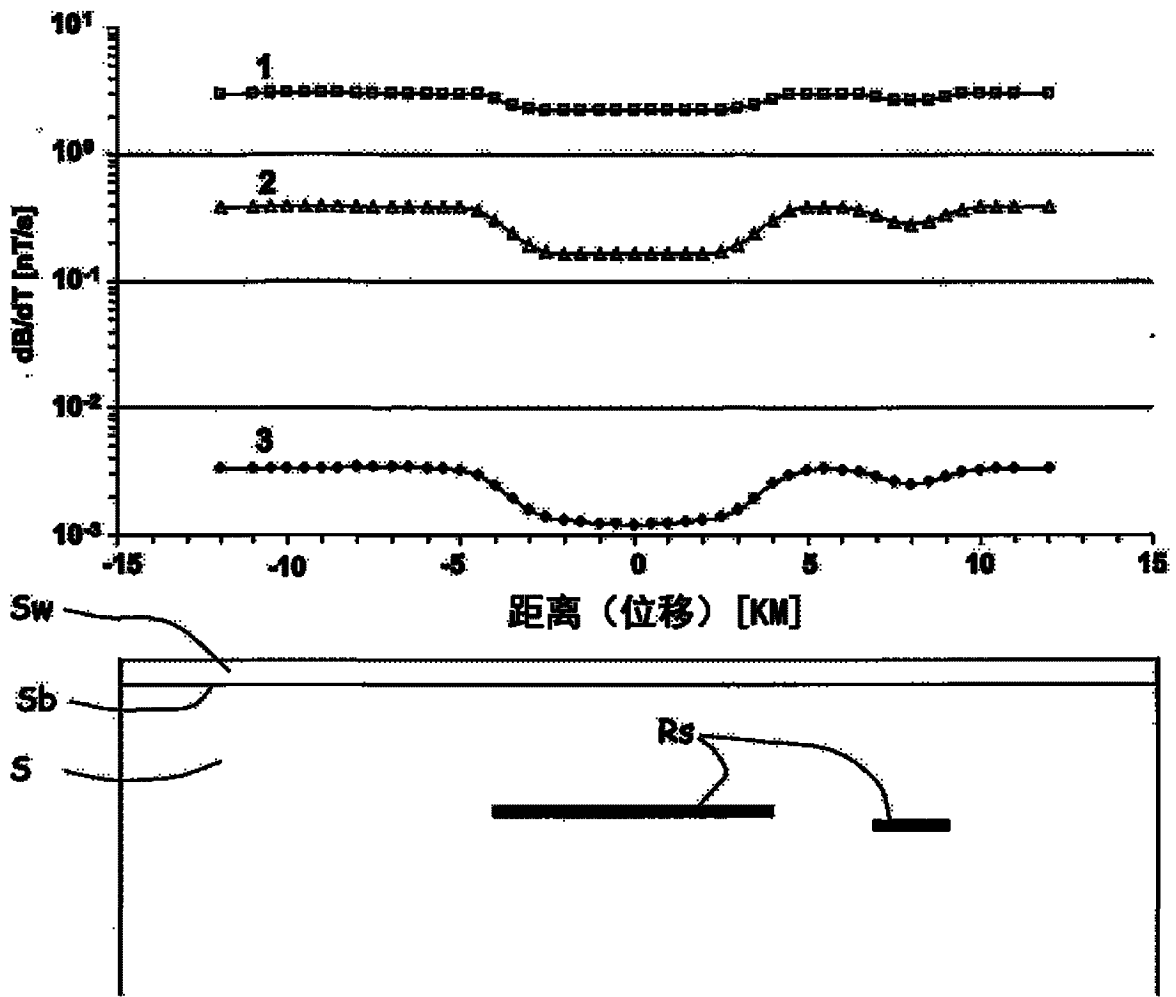


图 2

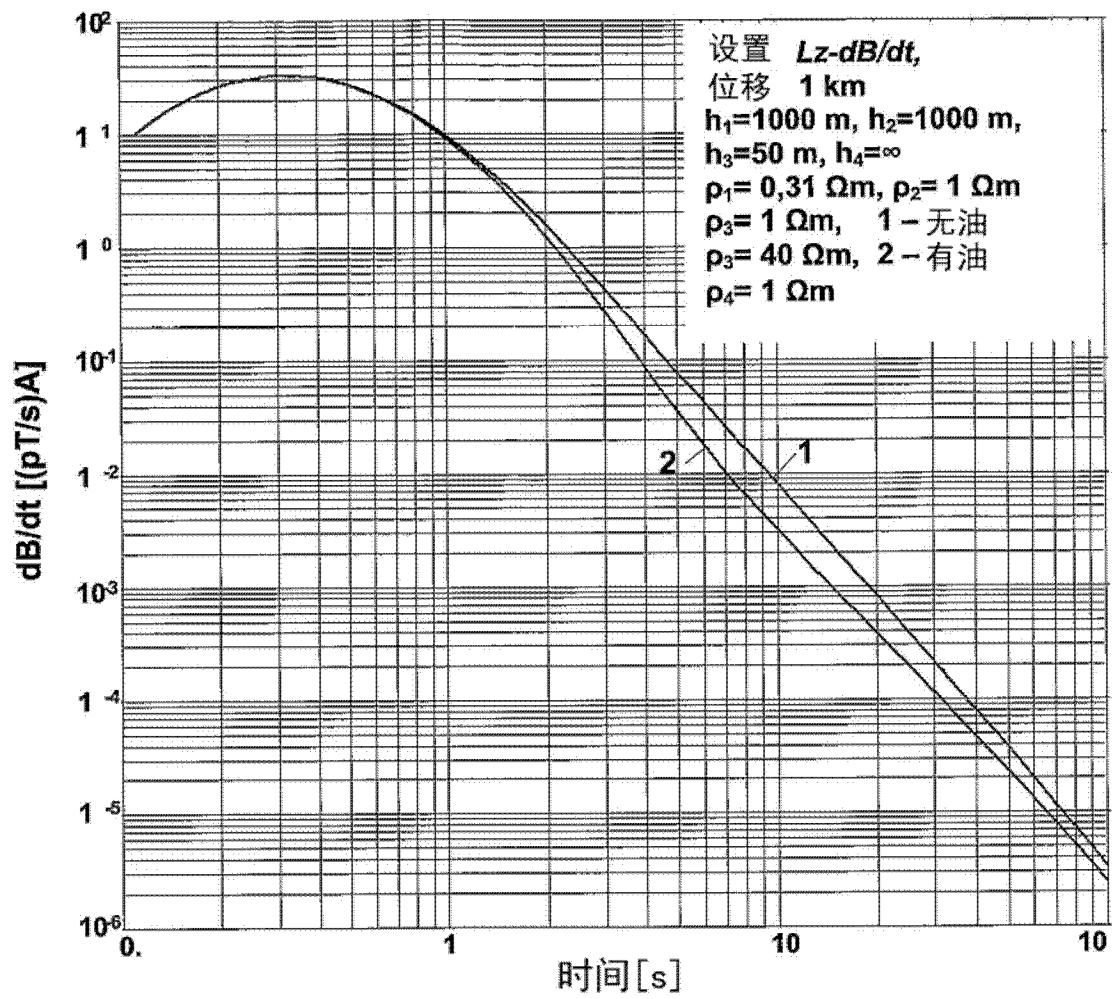


图 3

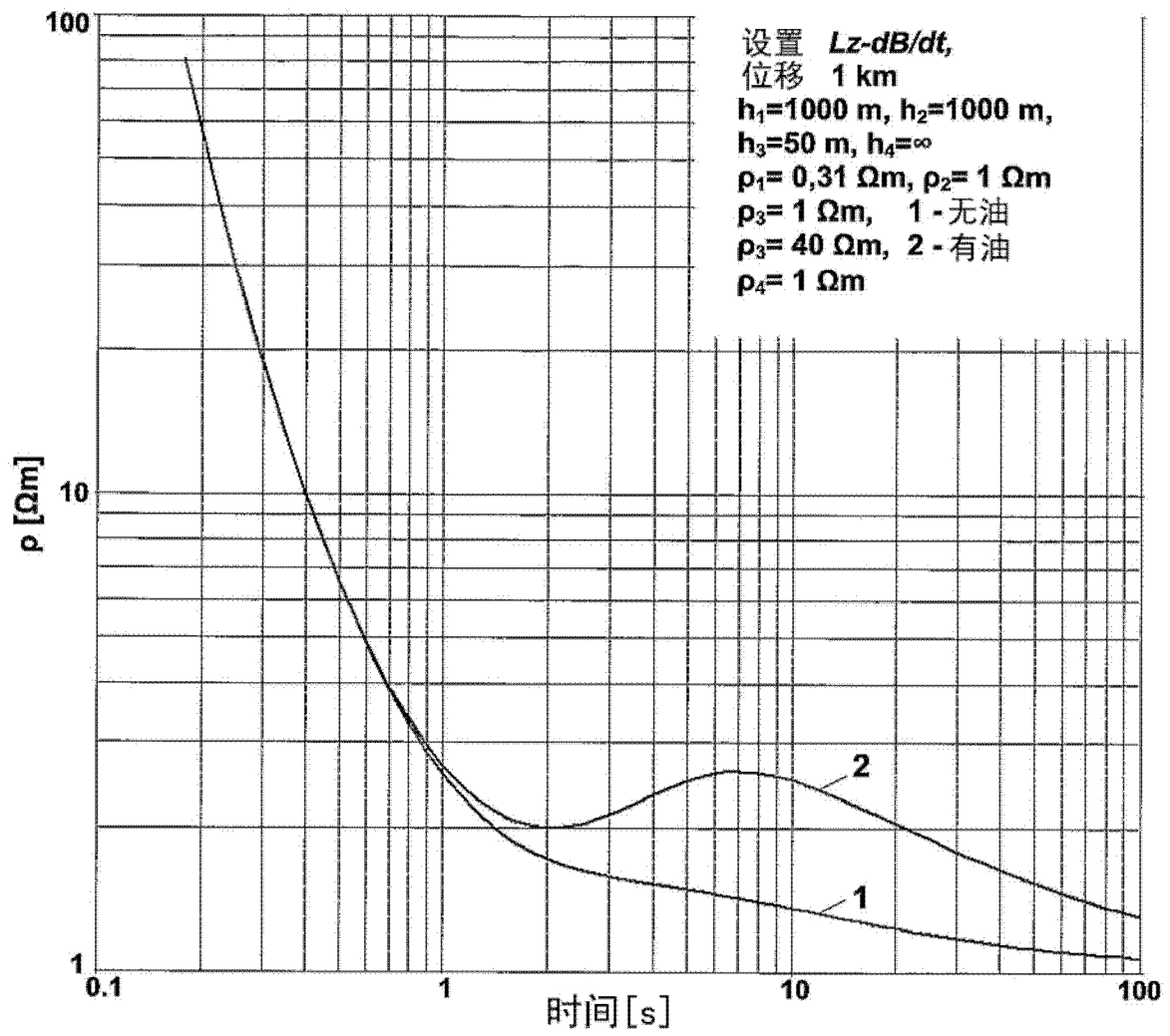


图 4

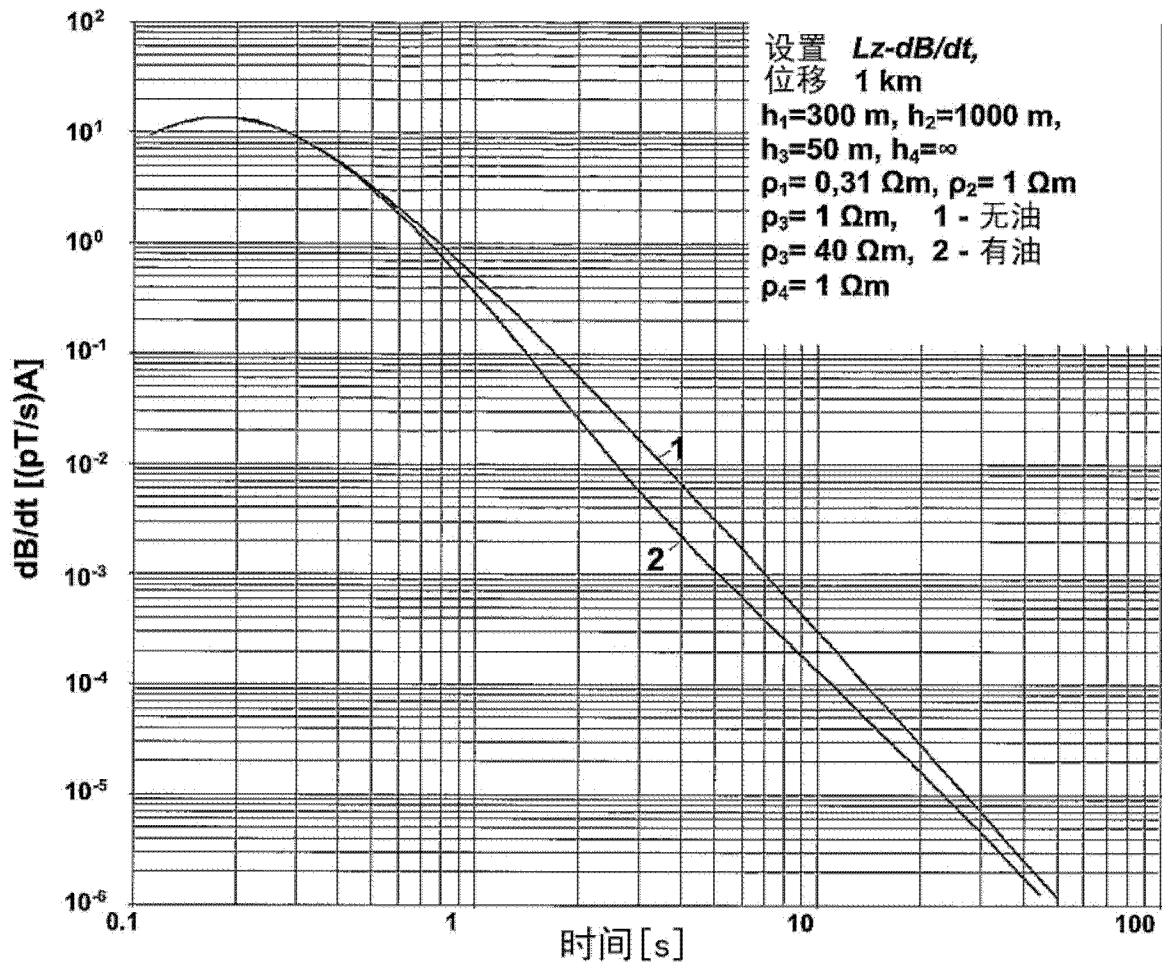


图 5

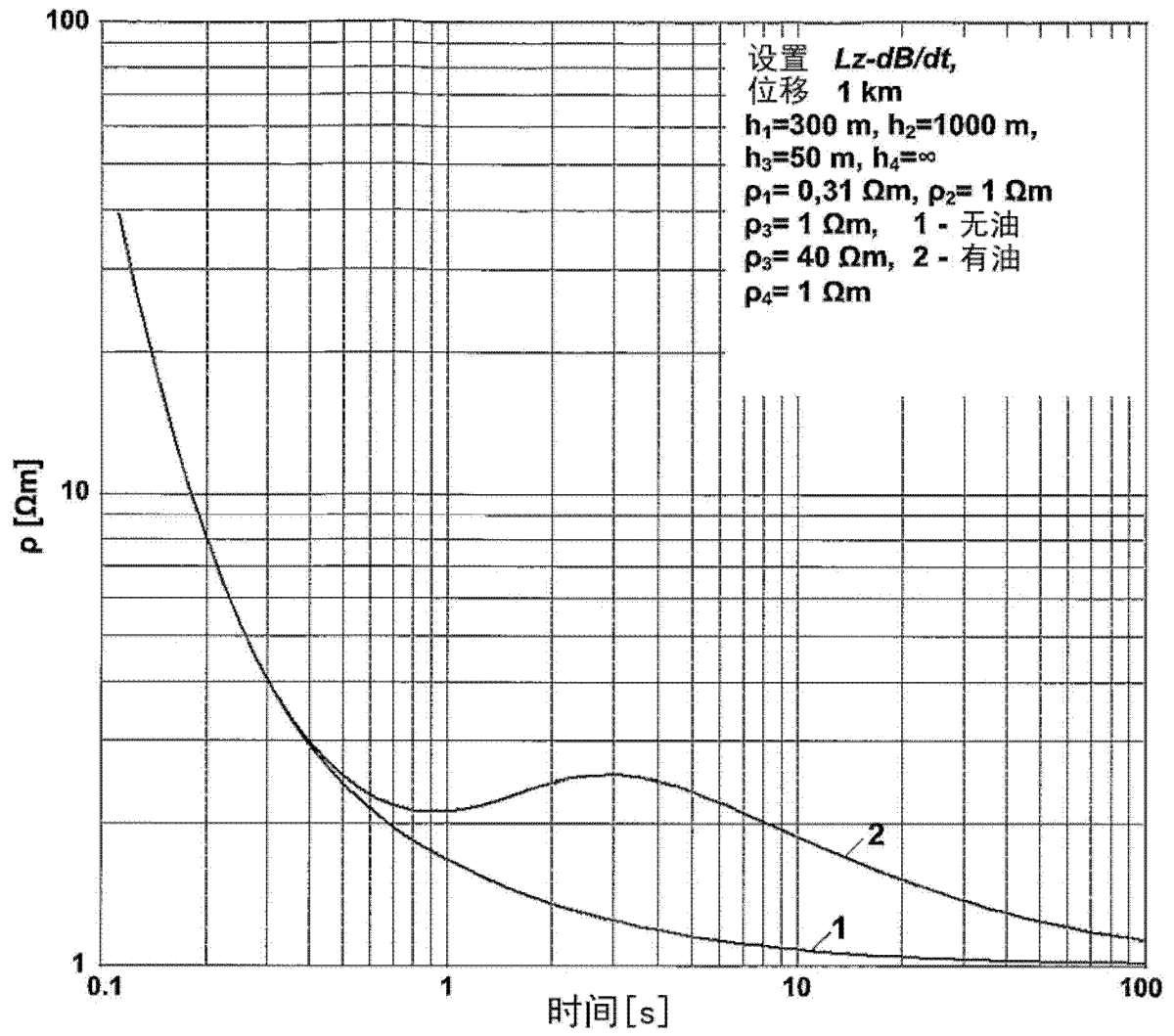


图 6