



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102483466 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 30

(21) 申请号 201080037776. 0

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 07. 12

G01V 3/165 (2006. 01)

G01V 3/38 (2006. 01)

(30) 优先权数据

20092699 2009. 07. 17 NO

20100945 2010. 06. 29 NO

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 02. 24

(86) PCT申请的申请数据

PCT/N02010/000281 2010. 07. 12

(87) PCT申请的公布数据

W02011/008106 EN 2011. 01. 20

(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 P·巴尔苏科夫

E·B·法因贝格

(74) 专利代理机构 北京润平知识产权代理有限公司

公司 11283

代理人 陈潇潇 周建秋

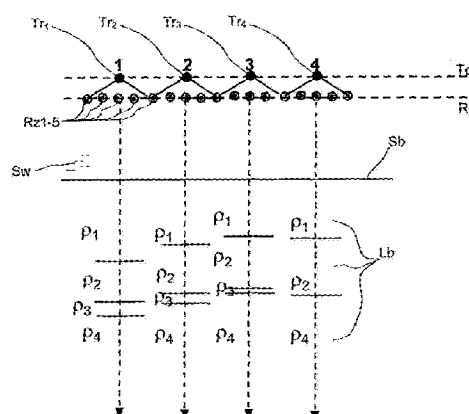
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 2 页

(54) 发明名称

CDP 电磁海洋数据获取和处理

(57) 摘要

公开了一种用于获取、处理和转换海洋 CSEM 数据的方法和设备。根据本发明，系统提供了由布置在发射器周围的不同距离处的近区中和部分中间区中的多个接收器同时测量到的响应的数据获取和处理。



1. 一种用于获取、处理和转换由系统记录的海洋电磁数据的方法,所述系统由多个同步工作的设备 ($Tr_1, \dots, Tr_4, Rz1, \dots, Rz9, Rz1-1, \dots, Rz2-9$) 构成,当电磁场由安装在船(V)甲板上的脉冲生成器(Sg)泵入海水(Sw)中的电流脉冲所激发时,所述多个同步工作的设备 ($Tr_1, \dots, Tr_4, Rz1, \dots, Rz9, Rz1-1, \dots, Rz2-9$) 被布置成记录电磁场并被安装在海底(Sb)上或海底(Sb)附近,所述海洋电磁数据是共深度点(CDP)海洋电磁数据,其特征在于,所述 CDP 海洋电磁数据是在发射器 ($Tr_1, \dots, Tr_4$) 与接收器 ($Rz1, \dots, Rz9; Rz1-1, \dots, Rz2-9$) 之间的距离(偏移)(r) 在时域中测量到的电磁场的多个原始记录中选出的数据,所述距离满足以下条件:

a) CDP 海洋电磁数据只由电磁场的电模式组成;以及

b) 所有接收器 ($Rz1, \dots, Rz9; Rz1-1, \dots, Rz2-9$) 都位于满足条件 $r_1 < r < r_2$ 的距离(偏移)(r),其中 r_1 是与所述发射器 ($Tr_1, \dots, Tr_4$) 的距离,在该距离 r_1 处感应极化效应与所测量的响应信号相比不明显,而 r_2 是与所述发射器 ($Tr_1, \dots, Tr_4$) 的距离,在该距离 r_2 处测量到的响应信号与噪声相比仍然相当大,并且接收器 ($Rz1, \dots, Rz9; Rz1-1, \dots, Rz2-9$) 仍然位于由条件 $r \leq \sqrt{10^7 \rho t / 2}$ 确定的电磁场的近区内。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述处理包括相对于存在于地球内部的地层(Lb)的电阻率和所述地层(Lb)的垂直程度来转换所述 CDP 电磁数据。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于,所述共深度点(CDP)电磁数据通过执行包括以下步骤的海洋电磁勘测操作来获得:

安装发射器 (Tr_1, Tr_2),所述发射器 (Tr_1, Tr_2) 在位于之前被识别为可能包含海底碳氢化合物油藏的区域中的所选接收器多边形的中心处在海水(Sw)中发射电流脉冲,同时被配置成寄存电磁场响应的多个接收器 ($Rz1, \dots, Rz9, Rz1-1, \dots, Rz2-9$) 被安装在所述发射器 (Tr_1, Tr_2) 周围的可能满足根据权利要求 2 所述的条件 a) 和 b) 的一定距离(r)处;

寄存和处理电磁场的响应,显示所述响应并评估它们是否满足根据权利要求 1 所述的条件 a) 和 b);在一些或所有数据不满足这些条件的情况下,修改所述接收器 ($Rz1, \dots, Rz9, Rz1-1, \dots, Rz2-9$) 的位置并重复测量;

为所述地层的电阻率(ρ)和所述地层的垂直程度分配起始参数、对满足根据权利要求 1 所述的条件 a) 和 b) 的所有获取的数据执行联合转换、以及确定所述地层(Lb)的电阻率(ρ)和所述垂直程度;

用不同的起始模型来重复所述转换,并评估所发现的地层的厚度和电阻率精度;

在根据权利要求 1 所述的条件 a) 和 b)、确定共深度点(CDP)电磁数据的有效性得到满足的所选接收器多边形内安装附加接收器 ($Rzn-1, \dots, Rzn-9$),并且如果所获得的精度不满足要求则反复获取共深度点(CDP)电磁数据;

沿着延伸到之前被识别为可能包含海底碳氢化合物油藏的区域中的指定轮廓(Tr, Rp)将所述发射器 (Tr_1, Tr_2) 和所述接收器 ($Rz1, \dots, Rz9, Rz1-1, \dots, Rz2-9$) 从当前的接收器多边形移动到邻近的接收器多边形,并且重复上述所有步骤;

在之前被识别为可能包含海底碳氢化合物油藏的所有区域上重复上面描述的所有操作、联结由所述地层的电阻率和垂直程度组成的所有部分、以及 3D 可视化所构建的电阻率模型。

4. 一种用于获取、处理和转换海洋电磁数据的设备,其特征在于,所述海洋电磁数据是从在发射器 ($Tr_1, \dots, Tr_4$) 与接收器 ($Rz1, \dots, Rz9, Rz1-1, \dots, Rz1-9, Rz2-1, \dots, Rz2-9$) 之间的距离 (偏移) (r) 在时域中测量到的多个电磁场记录中选出的共深度点 (CDP) 海洋电磁数据,所述距离满足下列条件:

a) CDP 海洋电磁数据只由电磁场的电模式组成;以及

b) 所述接收器 ($Rz1, \dots, Rz9, Rz1-1, \dots, Rz1-9, Rz2-1, \dots, Rz2-9$) 位于满足条件 $r_1 < r < r_2$ 的距离 (偏移) (r), 其中 r_1 是与所述发射器 ($Tr_1, \dots, Tr_4$) 的距离,在该距离 r_1 处感应极化效应与所测量的响应信号相比不明显,而 r_2 是与所述发射器 ($Tr_1, \dots, Tr_4$) 的距离,在该距离 r_2 处测量到的响应信号与噪声相比仍然相当大,并且所述接收器 ($Rz1, \dots, Rz9, Rz1-1, \dots, Rz1-9, Rz2-1, \dots, Rz2-9$) 仍然位于由所述发射器 ($Tr_1, \dots, Tr_4$) 产生的电磁场的近区内。

5. 根据权利要求 4 所述的设备,其特征在于,该设备包括:

被配置成存储从海洋电磁勘测操作接收的原始电磁数据的装置;

主计算机,该主计算机包括被配置成接受操作者命令的装置和被配置成从所述被配置成存储原始数据的装置接收数据并且将原始数据与所述操作者命令一起传送到阵列处理器单元的装置;以及

阵列处理器单元,该阵列处理器单元被配置成从所述主计算机单元接收所述命令和所述原始数据,并根据所述操作者命令来处理 and 转换所述数据,以及实质上实时地可视化结果;

其中所述操作者命令涉及满足根据权利要求 4 的条目 a) 和 b) 的 CDP 条件的数据的选择、在时间和空间中累积的 CDP 数据的处理和转换、所构建的目标模型的 3D 可视化、关于所构建的目标模型的认可和继续测量或改变所述发射器 ($Tr_1, \dots, Tr_4$) 和所述接收器 ($Rz1, \dots, Rz9, Rz1-1, \dots, Rz1-9, Rz2-1, \dots, Rz2-9$) 的位置的决策。

CDP 电磁海洋数据获取和处理

[0001] 描述了用于海洋 CSEM 数据的获取、处理和转换的方法和装置。根据本发明,该系统提供由布置在发射器周围的不同距离处的近区和部分布置在中间区中的多个接收器所同时测量到的响应的数据获取和处理。

[0002] CSEM(控制源电磁)勘探的一般方法是通过在海底上沿着直线定位多个电磁记录器来完成。强有力的电流源(发射器)被定位在船上,而且将电流脉冲推入浸在海水中的线缆中会产生电磁场,该电磁场诱发了海底结构中的电磁场。记录所生成的电磁场,以用于以后的分析。CSEM 在例如 US 2003/0052685A(埃林瑟等,2003)、US 6628119B1(艾德斯姆等,2003)、WO 02/14906A1(埃林瑟等,2002)、WO 03/034096A1(辛哈等,2003)、WO 03/048812A1(麦格雷戈等,2003)和 WO 2007/053025(巴尔苏科夫等,2007)中被描述。

[0003] CSEM 勘探的公知问题是将在海底结构中感应的期望电磁信号与源自地磁震动、潮汐、水流、风和浪涌的电磁信号以及由仪器(ADC(模数转换器)、电极漂移等)和移动发射器和接收器线缆而产生的其它内部信号相区分。所有这些信号都被记录并且通常被称作“噪声”。用于抑制噪声的公知技术通常称作“堆垛(stacking)”。

[0004] 这种堆垛技术包括使用长而重复的测量,这降低了 CSEM 勘测的生产率。同时,该技术仅在噪声是时间的随机函数的情况才够能最小化噪声。很多时候,噪声源自不依赖于时间的源,例如,源自海底地形的局部异常、记录线的倾斜、水流等。在这些情况下,在时间上的堆垛是没有用的。

[0005] 然而,在这些情况下,可以采用抑制噪声的另一种方式,即在空间域中的堆垛。这种方法被称为共深度点(CDP)或者在一些情况中被称为共中心点(CMP),并被广泛用于地震学中。CDP 方法的基本构思是从位于源和接收器的不同位置处的普通片层中堆垛(累积和平均)波的反射。此外,其假设层的边界轻微地倾斜(小于 3 度)。沙弗(US 4430643)于 1984 年提出将这种方法用于雷达数据的处理。贝洛夫等人证实了将 CDP 处理应用于探地雷达(GPR)的高频电磁(EM)数据的成功示例。

[0006] 然而,地震学一方面与高频 EM 测深、另一方面与 CSEM 测深有着原则性的不同。雷达以非常高的频率范围进行工作(从 10MHz 到 5MHz),并且 EM 场对应于与地震场相同的波公式。在这种情况下,CDP 地震技术能够被直接用在 EM 数据上。但是在这样高的频率范围内,EM 场在导电的海水中地下结构中非常快速地衰减,因此不能用于碳氢化合物的勘探。

[0007] 斯特拉克(US 0071709A1,2008)已经提出了一种将被称为“共中心点”(CMP)的 EM 数据与随后的“常规时差校正(normal moveout correction)”进行累加的方法作为地震学方法。根据该方法,所有的 EM 测量均被重新计算成视电阻率并然后被取平均值。对于视电阻率的计算,使用后期的渐进和长距离(偏移),实际上是通过大偏移的直流方式,并且不利用瞬态。因此,就考虑碳氢化合物而言,这种测探具有低的空间分辨率。

[0008] 汤姆森等人(US 7502690B2,2009 年)提出了主要作为地震数据的 t-CSEM 数据的处理(t-CSEM 技术)。他提到,原则上,在 t-CSEM 技术中使用的 EM 场与地震场不同,但是仍然建议分析 EM 场的残留(其并不存在于扩散 EM 场中),然后将数据与一些经验权重相堆垛。通过采用这样的限制,接收到的结果和它们的分辨率不能被检测。

- [0009] 本发明目的在于纠正或减小现有技术的至少一个缺陷。
- [0010] 该目的通过在下面的说明书和所附权利要求书中指定的特征来实现。
- [0011] 本发明的目的是提供用于获得关于海底碳氢化合物结构的更大数目的高质量数据的新的和改进的 CSEM 数据获取方法。
- [0012] 本发明的另一目的是提供新的和改进的 CSEM 处理方法,以便能够抑制由截面的局部地磁多相性、由仪器、水流等导致的噪声。
- [0013] 本发明的又一目的是提供抑制新的和改进的 CSEM 方法,该方法具有控制数据获取的过程与数据的处理同时进行的可能性。
- [0014] 本发明涉及用于电磁 (EM) 数据获取、处理和转换的新方法和设备,用于提供包含地下结构 (地层) 的信息和电特性 (电阻率) 的 EM 响应的有效累积 (堆垛)。该信息能够与地震、测井和其它地质和地球物理数据一起来确定在油藏中是否有碳氢化合物或水。
- [0015] 本发明提供一种用于 CSEM 测探中的电磁数据获取的新方法。该方法进一步被命名为控制源电磁共深度点 (CSEM CDP),并且该方法基于时域和空间域中的响应电磁信号的联合堆垛的思想,其目的在于最小化任何噪声和最大化信噪比。
- [0016] 优选地,两个条件作为 CSEM CDP 的基础:
- [0017] a) 所应用的测深方法必须工作在时域中,以及
- [0018] b) 地形和其它地层在测深区域附近平滑地变化。
- [0019] 优选地,在沿着轮廓 (profile) 或在之前被识别为可能包含海底碳氢化合物油藏的一系列群中完成电磁勘测。每个 CDP 群由被安装并工作在发射器周围的近区中的海底上的多个接收器组成。
- [0020] 发射器在浸入海水中的线缆上施加具有陡峰的电流脉冲,而接收器则测量 EM 响应。
- [0021] 优选地,所有的接收器都位于与发射器不同的距离 (偏移) 处;也就是说,足够远以避免影响 IP (感应极化) 效应并且足够近以具有测量可接受的信噪比。
- [0022] 优选地,存储在勘测期间由接收器记录的所有原始电磁数据,并且所述设备根据操作者的命令来本质上实时地执行所存储的海洋电磁数据的处理和转换。
- [0023] 优选地,一起转换在发射器与位于发射器周围的接收器之间的距离 r (即满足近区的条件——也就是说,足够大以用于 IP 效应的足够衰减并且足够小以提供 EM 响应的一致注册) 处测量到的所有数据,并且转换的结果涉及半径 r 的圆心,圆心是 CDP。
- [0024] 该过程可以通过数据的测量和累积来持续地控制,并且如果有必要,操作者可以安装其他接收器以提供可接受的结果质量。
- [0025] 在接收到一个共深度点 (CDP) 中的可接受的结果之后,发射器和多个接收器能够被移动到沿着轮廓或区域的下一个点。
- [0026] 在第一方面,本发明更特别地涉及用于针对由系统所记录的海洋电磁数据的获取、处理和转换的方法,所述系统由多个同步工作的设备组成,当电磁场被安装在船甲板上的脉冲生成器泵入海水中的电流脉冲所激发时,所述设备被布置成寄存电磁场并且被安装在海底上或海底附近,所述海洋电磁数据是共深度点 (CDP) 海洋电磁数据,其特征是,所述 CDP 海洋电磁数据是从在发射器与接收器之间的距离 (偏移) 处在时域中测量到的电磁场的多个原始数据中选出来的数据,并且所述距离满足以下条件:

[0027] a) CDP 海洋电磁数据只由电磁场的电模式 (galvanic mode) 组成 ; 以及

[0028] b) 所有的接收器都位于满足条件 $r_1 < r < r_2$ 的距离 (偏移) 处, 其中 r_1 是与发射器的距离, 并且在该距离处感应极化效应与所测量的响应信号相比不明显, 而 r_2 是与发射器的距离, 并且在该距离处测量到的响应信号与噪声相比仍然相当大, 而且, 接收器仍然位于由条件 $r \leq \sqrt{10^7 \rho t / 2}$ 所确定的电磁场的近区内。

[0029] 所述过程可以包括相对于存在于地球中的层的电阻率和所述层的垂直程度来转换所述 CDP 电磁数据。

[0030] 所述共深度点 (CDP) 电磁数据可以通过包括以下步骤的实现海洋电磁勘测操作来获得 :

[0031] 安装发射器, 该发射器在被布置在之前被识别为可能包含海底碳氢化合物油藏的区域中的所选接收器多边形的中心处在海水中发射电流脉冲, 同时用于寄存电磁场响应的多个接收器被安装在发射器周围的、满足上述条件 a) 和 b) 的一定距离处 ;

[0032] 寄存和处理电磁场响应、显示响应并评估它们是否满足上述条件 a) 和 b) ; 在一些或所有数据不满足这些条件的情况下, 改变记录器的位置并重复测量 ;

[0033] 为所述地层的电阻率和所述地层的垂直程度分配起始参数, 对满足上述条件 a) 和 b) 的所有获取的数据执行联合转换, 并且确定所述地层的电阻率和垂直程度 ;

[0034] 用不同的起始模型来重复转换, 并评估所发现的层的厚度和电阻率精度 ;

[0035] 在满足上述的用于确定共深度点 (CDP) 电磁数据的有效性的条件 a) 和 b) 的所选接收器多边形内部安装附加接收器, 并且如果所获得的精度不满足要求则反复地获取共深度点 (CDP) 电磁数据 ;

[0036] 在之前被识别为可能含有海底碳氢化合物油藏的区域中沿着所指定的轮廓将发射器和接收器从当前的接收器多边形移动到邻近的接收器多边形, 并且重复上面描述的所有步骤 ;

[0037] 在之前被识别为可能含有海底碳氢化合物油藏的所有区域上重复上面描述的所有操作, 联结 (stitch) 由所述层的电阻率和垂直程度组成的所有部分, 并 3D 可视化所构建的电阻率模式。

[0038] 在第二方面, 本发明更特别地涉及用于海洋电磁数据的获取、处理和转换的设备, 其特征在于, 所述海洋电磁数据可以是从小在发射器与接收器之间的满足下述条件的距离 (偏移) 处在时域中测量到的多个电磁场记录中选择的共深度点 (CDP) 海洋电磁数据 :

[0039] a) CDP 海洋电磁数据只由电磁场的电模式组成 ; 以及

[0040] b) 接收器位于满足条件 $r_1 < r < r_2$ 的距离 (偏移) 处, 其中 r_1 是与发射器的距离, 并且在该距离处感应极化效应与所测量的响应信号相比不明显, 而 r_2 是与发射器的距离, 并且在该距离处, 测量到的响应信号与噪声相比仍然相当大, 而且, 接收器仍然位于由发射器产生的电磁场的近区内。

[0041] 所述设备可以包括 :

[0042] 用于存储从海洋电磁勘测操作接收到的原始电磁数据的装置 ;

[0043] 主计算机, 该主计算机包括用于接受操作者命令的装置和用于接收来自用于存储原始数据的所述装置的数据并将所述操作者命令与原始数据一起传送给阵列处理器单元的装置 ; 以及

[0044] 阵列处理器单元,该阵列处理器单元用于从所述主计算机接收所述命令和所述原始数据,并根据所述操作者命令来处理和转换所述数据,并且将结果实质上实时地可视化;

[0045] 然而,所述操作者命令涉及满足根据以上条目 a) 和 b) 的 CDP 条件的数据的选择、在时间和空间中累积的 CDP 数据的处理和转换、所构建的目标模型的 3D 可视化、关于所构建的目标模型的认可和继续测量或改变发射器和接收器的位置的必要性的判定。

[0046] 为了更好地理解本发明以及本发明的其他和进一步的目的和特点、所提出的方法的优点和用于碳氢化合物的海洋电磁勘测的现有方法的缺点,请参照附图来参考下面对本发明的描述。

[0047] 图 1 描述了在地平面上,根据 TEMP-VEL 技术的通常的 CSEM 轮廓勘测的方案(巴尔苏科夫等,2007 年)。发射器 Tr 的轮廓 T_p 和接收器 Rz1、Rz2、Rz3 等的轮廓 R_p 之间的距离(偏移)是 r_1 ,而 r_2 确定了 EM 场的近区和中间区的区域;

[0048] 图 2 描述了 CSEM CDP 阵列的简单实施方式的部分侧视图、部分平面图(发射器和接收器的轮廓 T_p 、 R_p)。数字 1、2、3、4 示出 4 个共深度点区域的位置。每个区域包括由沿着发射器轮廓 T_p 定位的发射器 Tr 和沿着接收器轮廓 R_p 定位的 5 个接收器 Rz 组成的群。4 个示意截面图源自 4 个数据组、关于 4 个共深度点的群的联合转换。

[0049] 图 3 描述了在地平面上,CSEM CDP 实施方式的另一示例。由于沿着 2 个轮廓 R_{p1} 和 R_{p2} 安装的接收器同时测量响应信号,所以勘测的效率增加了。

[0050] 图 4 示出了通常的示意设备阵列的侧视图。

[0051] 在附图中,Tr、 $Tr_1 \dots, Tr_4$ 表示用于在海水和包括具有不同电阻率 $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4$ 的一个或多个层 Lb 的地下结构中感应电磁场的发射器。发射器 Tr、 $Tr_1 \dots, Tr_4$ 安装在位于海底 Sb 的上方的海水 Sw 中,并且与信号生成器 Sg 进行信号通信(见图 4),信号生成器 Sg 被布置在海洋表面 S 上的船 V 上。 T_p 表示发射器轮廓。

[0052] 多个接收器 Rz, $Rz1 \dots, Rz9$; $Rz1-1 \dots, Rz1-9$; $Rz2-1 \dots, Rz2-9$ 用于记录场强并且将信号值传递到数据存储装置(未示出)。 R_p 、 R_{p1} 和 R_{p2} 表示接收器轮廓。

[0053] 主计算机(未示出)包括用于接受操作者命令的装置和用于接收来自所述数据存储装置的数据的装置。

[0054] 阵列处理器单元(未示出)用于接收来自主计算机的所述命令和所述数据,并且根据所述操作者命令转换所述数据和基本上实时地将结果进行可视化。

[0055] 在示出了普通 CSEM 轮廓勘测中的发射器/接收器方案的地平面的图 1 中, r_1 表示发射器 Tr 的轮廓 T_p 和接收器 Rz1、Rz2、Rz3 等的轮廓 R_p 之间的距离(偏移),而 r_2 定义满足针对 EM 场的近区或中间区的条件的距离(偏移)。

[0056] 在示出了针对 CSEM CDP 轮廓勘测的发射器/接收器方案的地平面的图 3 中, $Rz1-1 \dots, Rz1-5, Rz2-1 \dots, Rz2-5$ 表示发射器 Tr1 周围的所谓的接收器多边形的示例。接收器多边形所包括的接收器展示了满足近区条件的距离 r_2 。

[0057] 众所周知,为了增加信噪比,采用两种方式对来自电场结果的测量的信号进行累积,即时间上的累积和空间上的累积。时间上的累积对于所有的现有 CSEM 方法来说是方便的。

[0058] 然而,并不是用于碳氢化合物海洋电磁勘探的所有现有 CSEM 方法都能够通过空

间累积来改善。这可以通过工作在频域中并基于几何测深原理的方法（例如，SBL 方法（埃林瑟等，2003 年；艾德斯姆等，2002 年，2003 年；格里尔等，2004 年；麦格雷戈等，2000 年，2003 年，2004 年；友科等，2004 年；维克朗德等，2004 年；辛哈等，2003 年等）的低的分辨率来解释，其中，该方法是 C. 施伦贝格尔于 19 世纪 20 年代提出的众所周知的直流探测方法的海洋修改。

[0059] 只有在被应用于以近区中的 EM 场的电模式进行操作的瞬变电磁方法时，空间上的累积才是可能的；例如，TEMP-VEL 和 TEMP-OEL 方法只使用电场的垂直分量。

[0060] 对位于源（发射器） $Tr_1, \dots, Tr_4$ 周围的小范围内的 N 个接收器 $Rz_1, \dots, Rz_N$ 中的电场的垂直分量同时进行测量和平均能够增加与因子 $\sqrt{N}$ 成比例的信噪比，因为这些接收器 $Rz_1, \dots, Rz_N$ 中的噪声是不相关的，这是因为来自噪声的电场的垂直分量主要由局部多相性所导致，因此对于位于不同地方的所有接收器来说不可能是相同的。

[0061] 然而，有 2 个限制，使得使用信号的直接平均是没有可能的。

[0062] 第一，包含关于截面的有用信息的感应信号依赖于发射器和接收器之间的距离（偏移），因此在不同的距离处具有不同的幅度。

[0063] 第二，这个有用信号被感应极化效应所复杂化，感应极化效应掩盖了信号并且使所获数据的转换和解释变得困难。

[0064] 这些限制的问题能够通过距离（偏移）的恰当选择得到解决。理想的 CDP 区域（圆环）必须满足条件 $r_1 < r < r_2$ ，其中， r_1 是环的内半径（偏移）， r_2 是外半径。两个半径都能从以下考虑中找到。

[0065] 最大距离（ r_2 边界）由 EM 场的远区的末端确定。在时域中，远区的边界在时间 t 处发生，其中在时间 t 处 EM 信号改变它的符号。时间 t 主要依赖于沉积岩的电阻率 ρ （直到 ~ 500 ）和距离（偏移）： $r \sim \sqrt{10^7 \rho t / 2}$ 。最大距离 r_2 被选择，以便能够在不少于 $t_{\max} / t > 30$ 的时间范围内提供有效的转换，其中 $t_{\max}$ 是信号寄存的最大时间（这个时间由噪声水平确定）。例如，如果 $\rho = 2 \Omega m$ ， $t_{\max} = 10s$ 并且 $t \sim 0.3s$ ，那么 $r < 1.7km$ 。

[0066] IP 效应强制使用距离 $r > r_{IP}$ ；这里， r_{IP} 是在其处 IP 效应足够小的距离。例如，在 $IP \sim 0.3\%$ （背景值）和 $\rho = 2 \Omega m$ 处，距离 $r_{IP} > 1km$ 提供了在时间 $t_{\max} = 10s$ 处足够将 IP 失真抑制到 30% 的条件。

[0067] 因此，在我们的示例中，CDP 区域位于 $1km < r < 1.7km$ 的圆环内。

[0068] CDP 方法中的空间累积由通过同时使用多个瞬变过程的 1D 转换方案的方法来实现；也就是说，与位于点 $r_1, r_2, \dots, r_N$ 中的接收器相对应的实验响应 $Ez(r_1)$ ，

$Ez(r_2), \dots, Ez(r_N)$ 所针对的分层截面的参数的搜索确实最小化函数 $\Omega = \sum_{i=1}^{i=N} \|Rz_i - Ez(r_i)\|$ ，

其中， $Rz_1, Rz_2, \dots, Rz_N$ 是与所找到的模型相对应的计算后响应。最终部分给出针对群 $Tr-Rz_1-Rz_2, \dots$ 的公共结果。

[0069] 图 1 所示的发射器和接收器位置的最简单的轮廓方案能够用于使用 TEMP-VEL/OEL 方法的 CSEM CDP 勘测。在第一阶段，在每个点处测量到的全部响应被及时地堆垛，然后如图 2 所示那样在距离 $r_1 < r < r_2$ 内对它们进行分组并用于 1D 转换。

[0070] 图 3 示出了 CDP 方法的高级空间变形，其中两个接收器轮廓 Rp_1, Rp_2 被同时使用。如果有必要改善数据的精度，则能够增加接收器的数目。

[0071] 能够通过应用于产生处理和转换同时测量原始数据获取的装置来增加勘测的效率,并且如果有必要的话,决定增加接收器和重复测量。

[0072] 参考目录

[0073] 美国专利出版物

[0074]

2003/0052685 A1	03/2003	埃林瑟等
6628119 B1	10/2003	艾德斯姆等
4430653	02/1984	库恩等
0071709 A1	03/2008	斯特拉克
7502690 B2	03/2009	汤姆森等

[0075] 其他专利

[0076] WO 02/14906A1 02/2002 埃林瑟等

[0077] WO 03/034096A1 04/2003 辛哈等

[0078] WO 03/048812A1 06/2003 麦格雷戈等

[0079] WO/2007/053025 05/2007 巴尔苏科夫等

[0080] 其他出版物:

[0081] 贝洛夫 A., 撒波库 G., 克林斯林 P., Pulse GPR research. <http://radio.rphf.spbstu.ru/a263/pulsepic>.

[0082] 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。

[0083] 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。

[0084] 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。

[0085] 考克斯 C. S., 康斯特布尔 S. C., 沙夫 A. D., 韦伯 S. C. ;1986:Controlled source electromagnetic sounding of the oceanic lithosphere. 自然, 320, 第 52-54 页 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。

[0086] 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。

[0087] 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。

[0088] 格里尔A. A., 麦格雷戈L. M., 威尔R. ;2004年:Remote mapping of hydrocarbon extent using marine Active Source EM sounding. 第66届EAGE会议与展览, 巴黎, 法国, 2004年6月6日-10日。

[0089] 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。

[0090] 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。

[0091] 考夫曼A. A. 和凯勒G. V. ;1983年:Frequency and transient soundings:阿姆斯特丹, 爱思唯尔科学出版公司, 第411-454页。

[0092] 麦格雷戈L., 辛哈M. ;2000年:Use of marine controlled-source electromagnetic sounding for sub-basalt exploration. 地球物理探索, v. 48, 第1091-1106页。

[0093] 麦格雷戈L., 汤普金斯M., 维闻R., 巴克尔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。

[0094] 汤普金斯M., 威尔R., 麦格雷戈L. ;2004年:Sensitivity to hydrocarbon targets using marine active source EM sounding:Diffusive EM mapping method. 第66届EAGE会议与展览, 巴黎, 法国, 2004年6月6日-10日。

[0095] 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。

[0096] 维克隆德T. A., 发纳握S. ;2004年:挪威的海洋:SBL情况研究。第66届EAGE会议与展览, 巴黎, 法国, 2004年6月6日-10日。

[0097] 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。

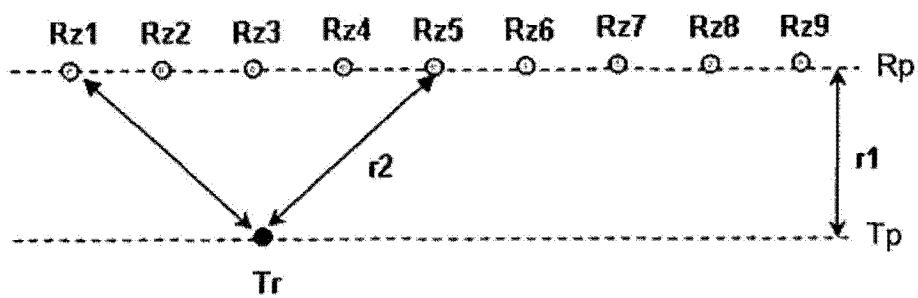


图 1

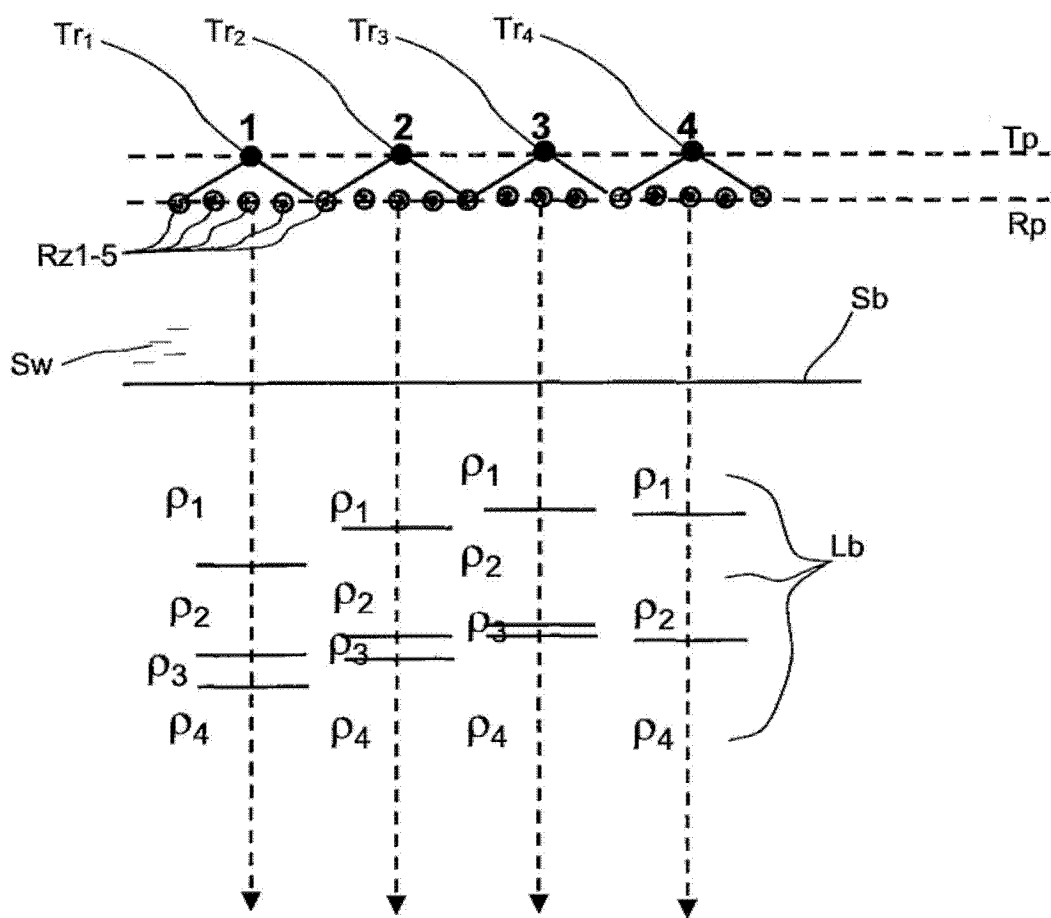


图 2

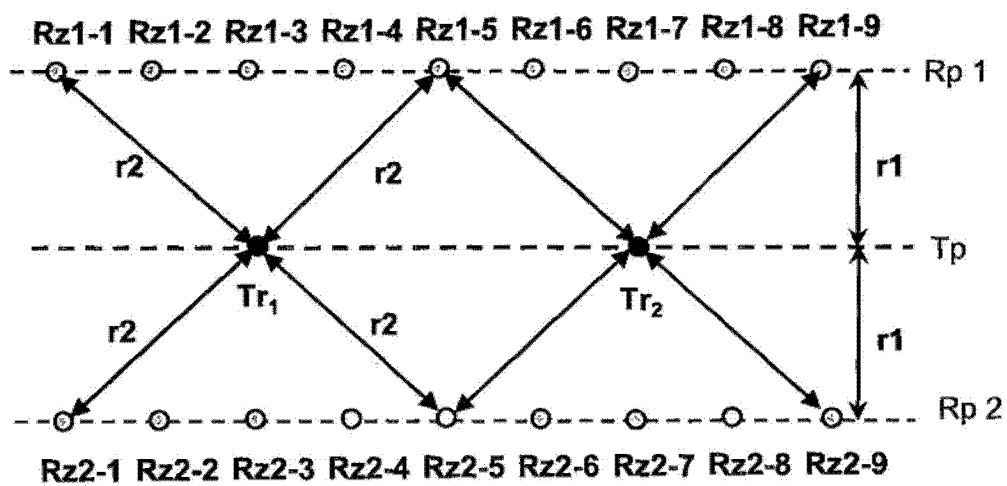


图 3

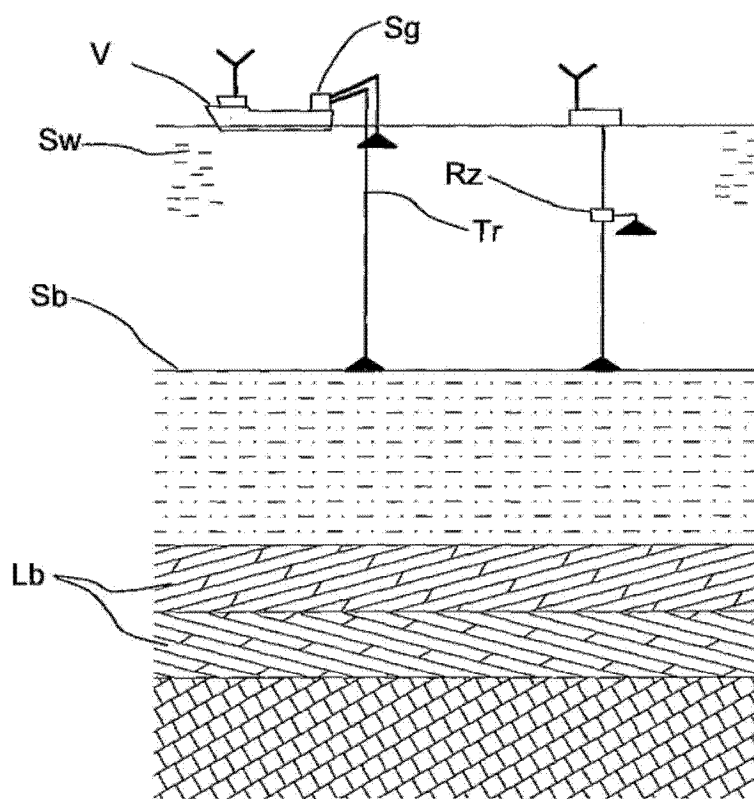


图 4