

[19]中华人民共和国专利局

[11]授权公告号



[12] 发明专利说明书

CN 1022139C

[21] 专利号 ZL 90102058

[51]Int.Cl⁵

G01V 1/40

[45]授权公告日 1993年9月15日

[24]颁证日 93.7.10

[21]申请号 90102058.3

[22]申请日 87.3.18

分案原申请号 87101987.6

[30]优先权

[32]86.3.18 [33]US [31]841074

[73]专利权人 切夫伦研究公司

地 址 美国加利福尼亚州

[72]发明人 比耶尔恩·保尔森

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利

代理部

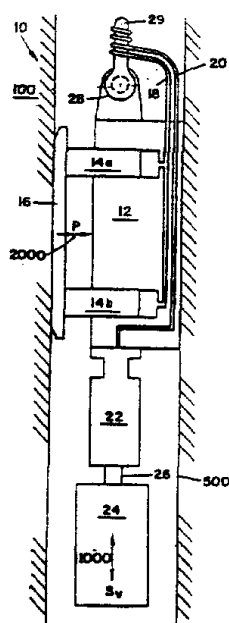
代理人 刘建国

说明书页数: 附图页数:

[54]发明名称 利用非破坏性井下地震源获得地质结构信息的方法

[57]摘要

本发明涉及利用一种非破坏性的井下地震源,它能够单独地或组合地产生 S_v —波, S_H —波和 P —波,以确定关于周围地质结构的信息的方法,包括实现井间层面照相和逆垂直地震剖面的方法,以及在钻孔内进行地震测井工作的方法。



权利要求书

1.一种从被钻井穿透的结构中获得信息的方法,包括如下步骤:

放入一非破坏性井下地震源,该非破坏性井下地震源具有能够在大约 10Hz 至 1500Hz 频率范围内以相对于所述钻井平行、垂直及扭转的方向进行运动的作用质量,从而产生一个力的输出传送到结构之中;

把所述地震源逐次停放在钻井中预定的位置上;

在地震源被停止时,将它卡紧在钻井上;

在地震源被卡紧后,用液压移动地震源中的作用质量,以产生一个用来传送地震波的力输出,其穿过卡紧装置并被送入结构之中;在所需位置检测所产生的地震波。

2.根据权利要求 1 的方法,进一步包括下述步骤:记录该地震波

3.根据权利要求 1 的方法,其中检测在一组位置上进行,它们可在地面上,在同一个钻井内,在一个邻近的钻井内,以及它们的组合。

4.根据权利要求 3 的方法,其中所说的产生地震波的步骤产生从一组 S_V —波, S_H 波, P—波,和这些波的组合中选出的地震波。

5.根据权利要求 3 的方法,其中检测的步骤由地震探测器来完成。

6.根据权利要求 2 的方法,其中检测与记录的步骤包括:

沿着从钻井向外延伸的地面安置一串地震探测器;

用这些地震探测器检测直接的和反射的地震波;

记录该直接的和反射的地震波;以及

处理该记录的地震波以产生 RVSP 图象。

7.根据权利要求 2 的方法,其中检测在一个邻近的井内进行并且对该记录的地震波处理,以产生关于该源井和该接收井之间的结构的井间层面照相的图象。

8.根据权利要求 4 的方法,其中所说的地震波的最大频率在大约 10 赫兹到 1500 赫兹之间。

9.根据权利要求 1 的方法,其中该地震波可从 0 赫兹到大约 10 赫兹到 1500 赫兹之间的一个频率

扫描地产生。

10.根据权利要求 1 的方法,其中该地震波可以从大约 10 赫兹到 1500 赫兹之间的一个频率下降到 0 赫兹扫描地产生。

11.根据权利要求 2 的方法,其中该地震探测器安放在地面上,并且对记录的震波进行处理以产生一个 RVSP 图象。

12.根据权利要求 1 的方法,其中用液压产生的地震波由同一个钻井中但在地震源上面或下的探测器检测。

13.根据权利要求 1 的方法,其中用液压产生地震波的步骤包括下述步骤:

以预定的频率改变施加在钻进上的卡紧力。

14.根据权利要求 1 的方法,其中用液压产生地震波的步骤包括:

(1) 施加

(a) 一个较小的卡紧力,它至少等于为保持该源于固定位置所需的卡紧力;以及

(b) 一个比上述较小卡紧力大一些的卡紧力;

(2) 在上述两个卡紧力之间以预定的频率改变卡紧力。

15.一种产生一个地质结构的井间层面照相图形的方法,该地质结构处于至少两个穿过该结构的钻井之间,其中所说的一个钻井是地震源井,而所说的另一个钻井是与前一个井分离的接收井,所述方法包括:

放入一个井下地震源,该地震源具有能够在大约 10Hz 到 1500Hz 频率范围内以相对于所述钻井平行、垂直及扭转的方向进行运动的作用质量,从而产生一个力的输出,传送到所述源井周围的结构之中;

把所述地震源逐次停放在所述源井之中的预定位置处;

在所述地震源被停止时,将它卡紧在井中;

在所述地震源被卡紧后,用液压移动地震源中的作用质量,以产生地震波,从而产生用来传送地震波的力输出,其穿过卡紧装置并被送入结构之中;

在所接收的接收井内悬挂至少一个地震探测器;以及

通过悬挂在所述接收井内的至少一个地震探测

器记录由所述地震源产生的地震波。

16.根据权利要求 15 的方法,其中所产生的地震波是从 S_v —波, P —波, S_H —波,和所说的这些波的组合中选择的。

17.根据权利要求 16 的方法,其中所产生的初始地震波位于该地质结构的风化层下面的深处。

18.根据权利要求 17 的方法,其中多个地震探测器是在接收井中。

19.一种产生关于一个井的地质结构的地震测量记录的方法,该方法包括:

放入一个井下液压地震源,该地震源具有能够在大约 10Hz 到 1500Hz 频率范围内以相对于所述钻井平行、垂直和扭转地进行运动的作用质量,以产生一个力的输出,传送到井周围的结构之中;

把所说的地震源逐次停放在所述井之中的预定位置处;

在所说的地震源被停止后,把它卡紧在井中;

在地震源被卡紧在井内后,用液压移动地震源中的作用质量,以产生传递地震波的力输出,其穿过卡紧装置并被传送到该结构之中。

20.根据权利要求 19 的方法,还包括至少一个井内悬挂的运动检测装置,它从地震探测器,加速度计,或它们的组合中选择。

21.根据权利要求 19 的方法,地一步包括在所说的井中的一个悬挂的第二运动检测装置,所说的第二运动检测装置与所说的地震源以及其它运动检测装置是声频隔离的。

本发明涉及利用非破坏性的液压的井下地震源获得被至少一个钻井穿过的地下结构的信息的方法。

在钻一口井的过程中或钻完了一口井后,常常希望得到关于该钻井周围的结构的信息,在所钻的井进入或穿过含有碳氢化合物的结构的区域时,要求具有得到有关这些生产区的信息的技术。测井曲线图常常被用来决定诸如电阻率、电导率等参数,以及可用来导出油和产油结构的特性,给出该钻井周围环境的较清楚的图案的其它一些参数。

一种测量技术包括在地面地震源产生穿过该地质结构的地震波的同时,使用放入钻井下面的地震探测器,该地震探测器感受这些波,对由这些波所

产生的记录进行随后的处理,提供钻井周围环境的较清楚的图案。然而,地壳的风化层使地震源的能量在到达钻井周围感兴趣的结构区域之前显著地减弱了。在风化层以下,在钻井内提供一个地震源并在离开一段距离的另外的钻井中放置地震探测器可以消除风化层的影响。

典型地,通过在钻井内用水泥固定一个套筒形成一口井的结构。在钻井中使用的任何源必须能够把所需量的能量传入将要在地面或者在邻近的钻井中检测的结构中。然而,能量的形式必须不产生能使套筒和水泥分离的剪切或压缩钻孔的应力。这种应力应小于推荐的在套管水泥界面上的最大剪切应力,它大约为 20 磅/平方英寸 (PSi),这是由美国石油学会提出的 (API, RP2A, 1984 年 10 月 22 日)。

图 12 与图 13 中比较了已知的破坏性井下源,即 1.1 磅 (500 克) 的甘油炸药,40 立方英寸 (655 立方厘米) 的气枪和本发明的输出为 4,000 磅 (18,000 牛顿) 的地震源之间在钻孔应力和有效能量上的区别。这些值适用于 100 赫兹附近,这频率处于常用的频带之间。这些图表明该地震振动源达到了高的有效能量而具有低的钻孔应力。由本发明的地震源产生的 10psi 的钻孔应力只是根据美国石油学会标准 (API RP2A 1984 年 10 月 22 日) 推荐的在套管水泥界面上的最大允许剪切应力的一半。

当前,采用一种称为“垂直地震剖面” (VSP) 的技术获得关于钻井周围结构内感兴趣的特殊区域的信息。典型地,这种技术要求在提供诸如甘油炸药那样的各种地面地震能源的同时在钻井内放入地震探测器,把地震能量传入结构中,被地震探测器接收。该地震探测器放在钻井中的指定深度处,一个地面地震能源放在地面上,把地震能量传入结构中,由地震探测器检测与记录。把地震探测器移到不同的深度,并重复此过程。把地面地震能源移到离钻井不同距离的各种位置,并重复此过程。这种过程是极其费钱和费时的。这样重复地使用破坏性的地面源使得这种方法不宜用于人口稠密地区,并且不受土地所有的欢迎。

如果能把一个非破坏性的地震源放入钻井中并使用逆 VSP (RVSP) 方法,可以节省大量时间与费用。RVSP 方法需要在钻井中的一个源和在地面

上的许多地震探测器,由地面上的地震探测器来检测地震源所产生的地震能量。由于大量的地震探测器可以相对于钻井放置成一个二维阵列,因而可以移动地震源,同时,保持地震探测器的位置不动,而不是要求同时移动地震源和地震探测器。

假定可以将一个非破坏性的地震源放在一个钻井中,而在分开一段距离的一个邻近的钻井中放置一个或多个地震探测器。由于源可以放在引起衰减的地壳风化层之下,所以可以使用生产井的井间层面照相的高级方法。

在研究陆下结构时,要求接收并分析许多不同类型的地震波,例如 P -波, S_V -波, S_H -波。这样,极其希望有一种仪器能够在一个钻井中非破坏性地产生一种或几种这样类型的波。由放在地面或一个邻近的钻井中的地震探测器接收以推断出关于结构的信息,还希望有一个能在风化层以下非破坏性地产生频率超过 100 赫兹的源,以进行井间层面照相和井间剖面图,目前不能用油井来实现相邻钻井之间的井间层面照相,是因为现在市售的井下地震源(诸如甘油炸药或空气枪)为得到可检测的地面地震波都是产生超过 API 标准规定的剪应力的脉冲力。用地面数据采集源(例如地震探测器)形成层面照相图家库的企图已经失败,其原因是风化层的衰减效应和高频滤波性质以及不恰当的源—接收器的结构。

我已经发明了一种非破坏性的井下地震源,它能够产生可检测的地震波,亦即,可被放在钻井本身内、地面上或一个邻近的钻进内的敏感装置所检测的波。该源可单独地或组合地产生 P -波, S_V -波和 S_H -波以完成 RVSP,井间层面照相和其它为确定关于结构的信息的有用操作,通过用与井下振动器放在同一井内的接收器记录地震信号,该地震源还可以被用来记录井内的日常地震状况。该接收器应以夹紧的方式离开地震源一段距离但与地震源相连,在源与接收器之间有一个衰减隔离物,阻尼沿着含源与接收器的器具传播的振动,该非破坏性井下地震源最好不仅产生低频振动,还产生超过 100 赫兹直到 500 赫兹或更高的高频振动,随着所产生的地震波的频率增加,任何测量的分辨率也增加,因而可以分析结构中更细小的区域的性质,这将使生产工程师可以研究一种特殊的技术,使生产区之间的碳氢化合物的产量达到最大和/或延长生

产区的寿命。另外,该地震源可以从仅约 300 磅(136 公斤)的作用质量获得 4000 磅(18,000 牛顿)的非破坏性输出力,这个功率在数量级上大于迄今存在的可用的井下振动源,诸如气动振动器,其它具有高振动功率输出的脉冲源会破坏钻井。

图 1 表示在钻井剖面图中的井下地震源的一个实施例。

图 2 表示在钻井中的井下地震源的又一个实施例。

图 3 表示在钻井中的由图 2 表示的井下地震源的顶视图。

图 4 表示在钻井剖面图中的井下地震源的又一个实施例。

图 5 表示图 4 表示的实施例的顶视图。

图 6 表示在钻井剖面图中的井下地震源的另一个实施例。

图 7 给出由图 2 表示的一个井下液压式地震源的力输出图。

图 8 说明井下地震源如何产生地震 S_V -波和 P -波。

图 9 说明由井下地震源产生的另一个地震波。

图 10 说明使用井下地震源的三维逆垂直地震剖面图;以及

图 11 说明使用井下地震源的井间层面照相。

图 12 是使用甘油炸药、空气枪和本发明的 4,000 磅地震源的井下源所产生的钻孔应力的比较图;以及

图 13 是比较使用甘油炸药、空气枪和本发明的振动源的井下源所产生的有效能量的比较图。

参照着附图可以更清楚地说明本发明的各种方法和装置的实施例,图 1 表示在一个被钻井 500 穿过的地球结构 100 内的井下地震源 10。放入钻井 500 中的地震源 10 带有一根与一个适当的锚具 28 连结的缆绳 29。

该地震源 10 包括一个与适当的夹具结合在一起的上体 12,以保持该源可靠地放于钻井内预先确定的位置上,该夹具应产生足够的力在套管或钻井中固定源 10,但不打破钻井、套管、套筒或破坏水泥,该夹具产生的力应该至少大于地震源运行状态下产生的力输出。通常比所产生的振动力大一倍,但在任何情况下要小于使套管或钻井套筒破裂或使水泥破坏所需要的力,源 10 中的一种适用的

夹具表示为由板 16 连结在一起的液压活塞 14a 和 14b 组成的液压夹具, 夹具工作期间, 作为缆绳 29 的一部分的输液管道 18 由地面加压, 强制活塞 14a 与 14b 从它们的套筒中伸出, 使平板 17 顶住钻井 500。

一个液压致动器装置 22 用任何适当的方式, 诸如螺栓、焊接等与上体 12 相连接, 在致动器装置 22 中的活塞 26 可以使平行于钻井与其相连的作用质量 24 运动, 产生如图 8 所示的水平方向的 S_v —波以及从垂直到接近垂直 (离垂直 0—45 度) 的 P—波, 所述方向 (例如水平, 垂直) 适用于典型的垂直定向井。作用质量 24 产生地震波的运动表示为 1000。液压致动器 22 由通过管路 20 从地面来的高压流体所驱动, 该质量的大小以及移动的距离是要求产生的地震波的振幅与频率的函数。

可以期望致动器 22 能够适于使与它相连的作用质量 24 在垂直于钻井的方向上运动, 产生水平压缩的 P—波 (如图 9 所示) 和从垂直到接近垂直 (离垂直 0—45 度) 的垂直剪切波 (S_v —波)。在图 9 中以 2000 表示作用质量 24 产生地震波的运动。

装置 10 还可按另一方式运行以产生地震波, 即通过对活塞 14a 和 14b 加压, 使夹板 16 去顶钻井 500, 以扫频方式改变由活塞 14a 及 14b 所施加的力将产生水平压缩的 P—波 (如图 9 所示) 和从垂直到接近垂直 (离垂直 0—45 度) 的垂直剪切波 (S_v —波) 以 2000 表示活塞产生地震波的运动。虽然可以由夹板 16 撞击钻井 500 来产生地震波, 但是, 较好的方法是使板 16 始终以必需的力与钻井 500 相接触以保持该源于固定位置。然后, 以脉冲的、定常的或振荡的方式通过板 16 对该钻井施加附加压力, 以便在结构 100 中产生要求的地震波, 自然, 地震波 2000 的强度和幅度受不破坏钻井套管或结构的要求所限制。

图 2 与 3 表示另一种地震源 30。源 30 包含一个壳体或主体 32, 它包括两个连在夹板 36 上的液压致动活塞 34a 和 34b, 使源 30 在钻井 500 内处于固定位置。在此实施例中, 一个标为 38 的由电动机驱动的液压泵与活塞 34a 和 34b 相连, 通过缆绳 58 中的电线 54 使得液压泵 38 中的阀门引起液压活塞 34a 及 34b 的运动, 活塞 34a 和 34b 的

运动强制夹具 36 与钻井 500 相接。可选 Vicker's Inc. Jackson, Mississippi 或 Moog, Inc. Buffalo, New York 的适用的电动机和液压泵装置, 能够在 100 ° F 下工作并在 5gpm 液体流量下产生 5, 000 psi 压力的任何泵与电机的组合对本发明均是适用的。

主体 32 还包含一个运动检测装置 50, 它在电气上与地面联络, 以便在运动期间能够测量钻井内的该装置的运动。用于钻井环境的标准加速度计与地震探测器适用于本申请。

与主体 32 的基础相连的是一个电子控制的液压致动器 40, 它能够通过在线性加速装置 42 中的液压驱动活塞 44 的运动使作用质量 46 运动, 一个适于用作液压致动器线性加速装置组合的源是由 Moog Corporation, Buffalo, N.Y. 所制造的, 此致动器—加速装置组合可以把在很大范围内变化的频率传送给作用质量 46, 它们通过导线 56 送来的电信号由地面控制。导线 54 和 56 是缆绳 58 的电气部分, 缆绳 58 具有足够的强度可在钻井 500 内放下和提升源 30, 缆绳 58 在缆绳锚具 52 处与源 30 相连。

作用质量 46 应该另外提供包含运动检测装置 48 (例如一个加速度计) 的空间, 以便为运行时产生的频率提供基线测量。

图 3 表示放在钻井中的源 30 的顶视图。主体 32 的边沿具有锯齿状或者堆垛状的部分 32a 和 32b, 以使对夹板 36 加压时主体 32 可靠地定位在钻井 500 内。夹板 36 也可以有锯齿形的表面 36a, 当夹板 36 接触钻井 500 时, 锯齿 36a, 32a 和 32b 产生很高的点力, 从而消除或者大大减小滑动, 有效地使该夹具成为一个机械刚性装置。

在图 2 中以 30 表示的实施例具有不要求从地面来的液压管道的附加好处。源 30 是由地面进行电力驱动的, 并且有一个为使作用质量 46 往复运动和使夹具顶住钻井所必需的独立的液压功率源装置。此实施例避免了当源放在一个深井中而由地面提供液压功率, 在长流体管道中遇到的十分严重的压力损失。缩短流体管道, 即, 使仪器成为独立的, 避免了在长流体管道中发生的液体摩擦损失, 并且可以以更高频率使作用质量 46 往复运动和使板 36 运动, 以产生更高频率的更大的力, 具有来自地面的流体管道的示于图 1 的实施例对于浅的应

用场合是更方便的。

对于图2和图3描述的装置,图7中给出了作用质量为25磅(11公斤)和75磅(34公斤)时的作用力频率范围。这些曲线代表了作用质量平行于钻井500的振动,它产生图2中由运动1000所表示的S波。

图4和图5说明本发明的一个较佳实施例,该井下地震源被标为60。源60有一个带有四个夹板66a, 66b, 66c和66d的主体62,它们对称地径向分布在该源的外面,平板66a-d通过活塞64a-h与钻井500紧紧相接,从而形成一个把源60可靠地夹紧在钻进500内的装置。该夹紧装置可以把来自源60的地震 S_v 波, S_H 波和径向的P一波传入该结构。在一个较佳的脉动模式中,活塞64a-h可以同时径向脉动,改变加于钻井500上的力,产生地震波并传入该结构中,当然,如果证明在三角形对心上有优点,源60最好可以设计为仅有三个夹板,此装置的一个优点是可以通过全向型板对该结构施加振荡形的力来产生径向地震波,避免单向地震波产生时的问题,具有一个或几个夹板的该装置可以用来实现本发明的方法。

该装置的功能如下,从地面来的信号通过缆绳58送到电动机67,电动机67使液压泵68工作,伺服控制阀69(伺服阀)通过液压管道72和活塞致动器阀门74来推动活塞64a-h。活塞致动器阀门74还控制活塞64a-h的作用,通过反向的各对活塞的脉动来产生径向地震波,伺服阀69将流体引向与作用质量73相连的垂直致动器70或者转动致动器71。一个运动检测装置50(例如一个加速度计)监测地震源60的输出,该电动机和该液压泵组合的适用来源包括Reda pump, Bartlesville, Oklahoma和vickers, Inc.由Moog, Inc提供的伺服阀和带有液压活塞的致动器是合用的。

井下地震源60还包含运动检测装置79,它由可扩展的保护罩78固定于钻井壁500。适用的检测装置79包括为检测钻井壁500的振动而设计的地震探测器和加速度计。检测装置79通过一个隔声装置75与地震源的其它部分隔离开来,但由电线76与装置60相连。电线76的终端在组件77中,它包含检测装置79的电气部分。可扩展的保护罩78的一个合适的来源是得克萨斯州休斯敦的

Baker Tool.

在地震源60中的另一个运动检测装置50并不与该装置地震源发生部分相隔离。比较来自被隔离的检测装置79的信号和来自没隔离的装置50的信号,可以得到关于夹具的有效性以及能量传入该结构的信息。电子组件77接收来自地面的指令信号,并控制地震源的各个部件。该电子组件还接收来自运动检测装置79和50的信号,并将它们传送到地面最好用声频隔离装置75把电子组件77与致动器的振动隔离开来,以避免震坏灵敏的电子仪表。将电子组件77安放在保护罩78和运动检测装置79的下面可以达到进一步的防震作用。

在这一较佳实施例中,源60是用一个与上面实施例中的夹具不同的独立的夹具来固定位置的。分成不同的部分来分别完成产生地震源和夹具的功能,可以更可靠地把地震源60卡紧在钻井500内,使得产生地震波时地震源60没有产生滑动的潜在危险,在夹具的主体部分80内有一个与液压驱动双向活塞81相连的传动楔82,通过82的金属对金属的接触产生可靠的卡紧动作,当传动楔82向下运动时,它强制楔子83a和83b与钻井500接触;当传动楔82向上移动时,它使楔子83a及b与钻井500脱离接触,传动楔82与接触楔83a和83b之间金属对金属的接触比在活塞气缸中流体运动产生更为可靠的卡紧动作。接触楔83a和83b上还可以装有弹簧,以便当钻井500中的源60不可靠时缩回到源60内(例如,在工具断电时这是有好处的)。当然,在任何其它的实施例中,若要求更为可靠的卡紧动作,均可采用这种楔子卡紧装置。

图4中的楔子卡紧设计特别适用于致动器垂直定向情况下,致动器的振动运动方向和夹具致动器相同的工况,夹具致动器的充满液体的活塞起着振动吸收器的作用,它破坏或吸收原应传入该结构的振动能量。一个诸如液压活塞81或机械螺旋(没有画出)的驱动机构用来驱动平行于钻孔500的传动楔82,传动楔82又推动接触楔83a和83b,楔83a和83b与传动楔82楔形接合,向外与钻井500相接触。这样的楔子卡紧设计不依赖于振动运动方向上的液体压力,因而使该工具更可靠。

该较佳实施例按如下方法工作。本发明的装置60将能够每次一种地发生径向的、扭转的或垂直

的力, 作用质量 73 既作为垂直伺服致动器 70 的, 又作为转动(扭转)伺服致动器 71 的负载, 为了满足尺寸上的限制, 作用质量可用重金属, 例如 Kennertium (R) 的作用质量大约是直径 3.5 英寸 (9 厘米), 长 45 英寸 (114 厘米) 的圆柱体, 工作时, 在质量 73 上面的垂直伺服致动器 70 轴向地上下驱动质量 73。用来驱动质量 73 的力通过装置壳体 62、夹具 64/66, 反作用于钻井壁 500。同一个作用质量 73 与转动伺服致动器 71 相连, 工作时, 转动伺服致动器 71 扭转地驱动作用质量 73。

径向力最好由独立的作用质量来产生。同步工作和直接作用在井筒壁上的一些线性伺服致动器产生径向力。这些致动器安放在上述质量的下面, 它们径向地动作, 并且互相对称地分开安置, 如图 5 所示, 四个夹具 64/66 互相分开 90° 地安放, 三夹具方案(没有画出)时夹具应互相分开 120° 地安放。这样定位可以提供多方向力的输出。

产生力的每个轴需要适当的电子装置来驱动相应的伺服阀和提供控制那个轴的闭环伺服致动器, 垂直伺服致动器是一个位置控制伺服系统, 一个装在作用质量底部的线性可变位移传感器(LVDT 位置传感器)给出该轴伺服控制系统的质量位置反馈, 一个加在垂直伺服致动器上的正弦形位置指令将使得质量的位置、速度和加速度波形也是正弦形的。

转动伺服致动器也是一个位置控制伺服系统, 一个装在作用质量底部的转动 LVDT 位置传感器给出该转动伺服致动器的角位置反馈, 在使该转动轴往复运动之前, 在垂直位置回路上加一个恒定的位置指令, 使上述质量处于某个轴端停止位的额定位置上, 这样, 加在转动伺服致动器上的正弦形角位置指令将使得质量的角位置、速度和加速度波形也是正弦形的, 该正弦形的加速度通过夹具装置反作用于井筒的壁上, 其力矩等于该质量的转动惯量和该角加速度的乘积。

径向伺服致动器是一个压力控制伺服系统, 一个独立的三路操作方式的伺服阀驱动三个致动器的每一个的控制侧, 一个用于检测这个共同的控制压力的压力传感器给出径向伺服致动器的压力反馈, 在沿径向轴往复运动之前, 施加一个额定的压力指令, 使径向致动器通过衬垫压紧在井筒壁上, 一个

叠加在该额定负载指令信号上的正弦形压力指令信号使一个正弦形变化的力径向地施加在井筒壁上, 每一个致动器衬垫上的力等于控制压力和每个致动器的净面积的乘积。利用制动弹簧, 径向致动器可以缩回到每个衬垫的中心处, 对每一正弦形的位置指令信号, 质量的位置为 $X_m \sin(\omega t)$, X_m 是质量位移的峰值, ω 是振动的角频率, 该质量的速度为 $X_m \omega \cos(\omega t)$, 该质量的加速度为 $-X_m \omega^2 \sin(\omega t)$, 所以, 最后输出的力是

$$F = m X_m \omega^2 \sin(\omega t)$$

通过限制脉动量、压力源、伺服阀流量和伺服阀动态特性, 对作为频率之函数的最大输出力加以限制。

如前所述, 转动轴力矩(力)发生器使用一个位置伺服系统, 对于正弦形的角位置指令信号, 该质量的角位置将是 $\theta_m \sin(\omega t)$, θ_m 是质量角位移的峰值, ω 是振动的角频率, 该质量的角速度是 $\theta_m \omega \cos(\omega t)$, 该质量的角加速度是 $-\theta_m \omega^2 \sin(\omega t)$, 所以, 最后输出的力矩是

$$T = J \theta_m \omega^2 \sin(\omega t)$$

其中 J 是作用质量关于垂直轴的转动惯量, 最后在筒壁上的扭转力是

$$F = T / r$$

其中 r 是井筒壁的内径

通过限制脉动量、压力源、伺服阀流量和伺服阀动态特性, 对作为频率的函数的最大输出力矩(力)加以限制。

如前所述, 径向力发生器是一个压力控制伺服系统, 一个额定的静态压力指令信号产生一个对所有三个致动器共同的控制压力(P_0)。附加于此额定指令上的正弦形压力指令信号给出共同的输出压力 $P_0 + P_c \sin(\omega t)$, P_c 是输出压力对于额定值(P_0)的变化量的峰值, ω 是振动的角频率, 所以, 在三个径向致动器的各自的板和筒壁界面处的力是

$$F = P_0 A + P_c A \sin(\omega t)$$

其中 A 是每个径向致动器的净面积。

通过限制压力源、伺服阀流量和伺服阀动态特性, 对作为频率的函数的最大径向输出力加以限制, 径向力是真正直接传向筒壁的, 它不依赖于力通过夹具装置传递的途径。

可以期望本发明的致动器能够产生 1000 到

18,000 牛顿 (220 到 4000 磅) 甚至更高的力。对于许多应用而言, 较佳的功率水平是 4000 到 18000 牛顿, 而对于诸如深的 VSP 测定这种要求高功率的应用场合, 较佳的功率范围是 12000 到 18000 牛顿, 产生大于 18000 牛顿的力将对套筒水泥发生近于最大允许的应力。在所有情况下, 特别是当产生近于 18000 牛顿或更高的力时, 应该检查水泥的工作情况, 以保证不损坏水泥。

图 6 说明非破坏性井下地震源 90 的又一个实施例。地震源 90 包含一个壳体 91, 91 包括一个通过液压活塞 92a 和 92b 与结构 100 中的钻井 500 卡紧的夹具 (92a 和 b 以及 93), 液压泵 88 对活塞 92a 及 92b 和伺服阀 95 提供功率, 伺服阀 95 通过活塞 96 使作用质量 97 振动, 形成 S_H —波, 活塞 96 产生 S_H —波的扭转运动标为 3000。

当然, 上述任一产生 S_V —波, 径向 P—波, S_H —波和 P—波的实施例可以和各种实施例一起使用, 以满足井下液压源所需的特殊应用。

图 8 以图形形象地说明本发明的井下源 30 (诸如图 1 中的源 10, 图 2 中的源 30, 图 4 中的源 60, 或图 6 中的源 90) 在钻井中产生地震波的工作情况。带有缆绳 300 的测井卡车 200 通过一个适当的钻塔 400 把源 30 吊装入钻井 500。形象的图形说明表示出作用质量在钻井中作标为 1000 的往复运动时, 所产生的径向 S_V —波和 P—波分量。该作用质量的运动产生 S_V —波和一个较弱的 P—波分量。

图 9 以图形形象地说明本发明的井下源 30 (诸如图 1 中的源 10, 图 2 中的源 30, 图 4 中的源 60, 或图 6 中的源 90) 在运行以产生水平方向的主体 P—波 (相对于垂直钻井) 时, 所产生的 P—波和 S—波分量。由源 30 所产生的反作用力垂直于钻井。该运动在图 9 中被标为 2000。这里的水平 P—波分量比图 8 中的明显增大了。

图 10 形象地给出了使用本发明的井下源 30 (诸如图 1 中的源 10, 图 2 中的源 30, 图 4 中的源 60, 或图 6 中的源 90) 进行 RVSP 运行时的三维截面图。通过使用井下地震源 30 产生地震波, 以及使用表示为一串地震探测器 650a—d 的与记录用卡车 600 相连的许多地面地震探测器 675, RVSP 可以容易且快速地完成, 并得到比 SVP 更有利的结果。测井卡车 200 放下地震源 30, 该地

震源工作时产生感兴趣的地震波, 亦即 S_V —波, P—波或 S_H —波, 同时地震探测器记录直接的与反射的地震波 (1000/2000)。因为不必把精巧的地震探测器放入钻井环境中, 并且可以使用地面地震探测器的庞大列阵, 所以可以比 VSP 更快且更有效地做出该结构的剖面。

图 11 说明利用本发明的井下地震源 30 (诸如图 1 中的源 10, 图 2 中的源 30, 图 4 中的源 60, 或图 6 中的源 90) 完成井间的层面照相。在井间层面照相中, 包含钻井 500a 的第一口井 400a 包括至少一个或多个地震源, 例如 30, 产生要求的地震波, 亦即 S_V —波, S_H —波, 或 P—波, 并将这些波传入该结构中, 传向至少一个包含钻井 500b 的接收井 400b。

井 400b 含有悬挂在里面但与地面上适当的记录用卡车 (没有画出) 相连的地震探测器 650a—n。当地震源或者说在井 400a 中的源 30 产生地震波时, 这些波由钻井 400b 中的接收器 650a—n 所记录, 并产生一幅在井 400a 和 400b 之间的地质结构的地震图。因为风化层通常使地面上产生的地震波严重衰减, 所以使得地面的层间照相不能在频率大于约 100 赫兹的情况下进行。当然, 频率越低, 读数精度越差, 因为这时地震波的波长越长, 分辨率越低, 使用井下地震源能够产生高频的, 亦即大于 100 赫兹的地震波来提高分辨率, 因而可以识别给定结构中越来越小的异常区域。这对生产区域相当小的应用情况是极其有价值的, 它们难于得到这样的信息。

利用液压泵和致动器产生的力输出是用已有的气动致动器的力输出的 100 倍, 是用已有的电磁致动器的力输出的 20—40 倍。液压致动器的频率输出在 10 赫兹到 1500 赫兹之间, 气动振动器的最大频率约为 100—200 赫。这一频率输出的差异是由于气体与液体在刚性上有巨大差异。

图 1 中所示的运动检测装置 78 还使本发明可以当作一个井下地震探测工具来使用。由致动器 30 所产生的地震振动传入结构 100 中, 它们被折射或反射回来, 并由检测装置 78 所检测。分析所检测到的信号, 可以导出关于钻井周围结构的信息, 大多数地面地震记录在 10 赫兹到 200 赫兹的范围内。本发明的井下振动器可以产生与地面地震源记录到的同样频率的地震信号。在使用和地面产

生的地震数据相同的频率时，由本发明得到的测井数据比起在更高频率下工作的已有探测工具所得到的测井数据，更相符于地面产生的地震数据，因为具有更大的功率输出能力，本发明和已有的工具相比，还具有更强的波穿透能力。

对运动传感器 78 而言，用三个分地震探测器更好，虽然图 4 只给出了一个运动传感器组件 (76 和 78)，但是可以设想有一串独立的栓在一起的传感器组件，每一个传感器组件对于其它传感器组件和地震源壳体 32 都是声频隔离的。

参考使用井下地震源的具体的较佳方法和井下液压地震振动源的具体的较佳实施例叙述了本发明，对本领域中一般技术人员来说是显然的修改，都认为属于本发明的范围内。

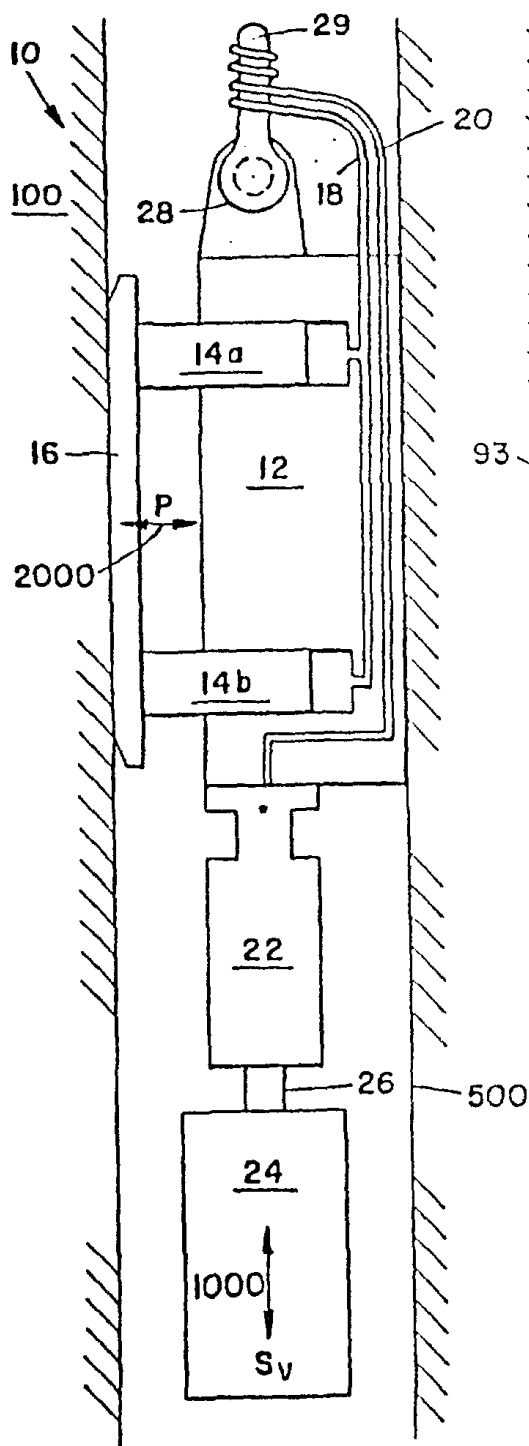


图.1

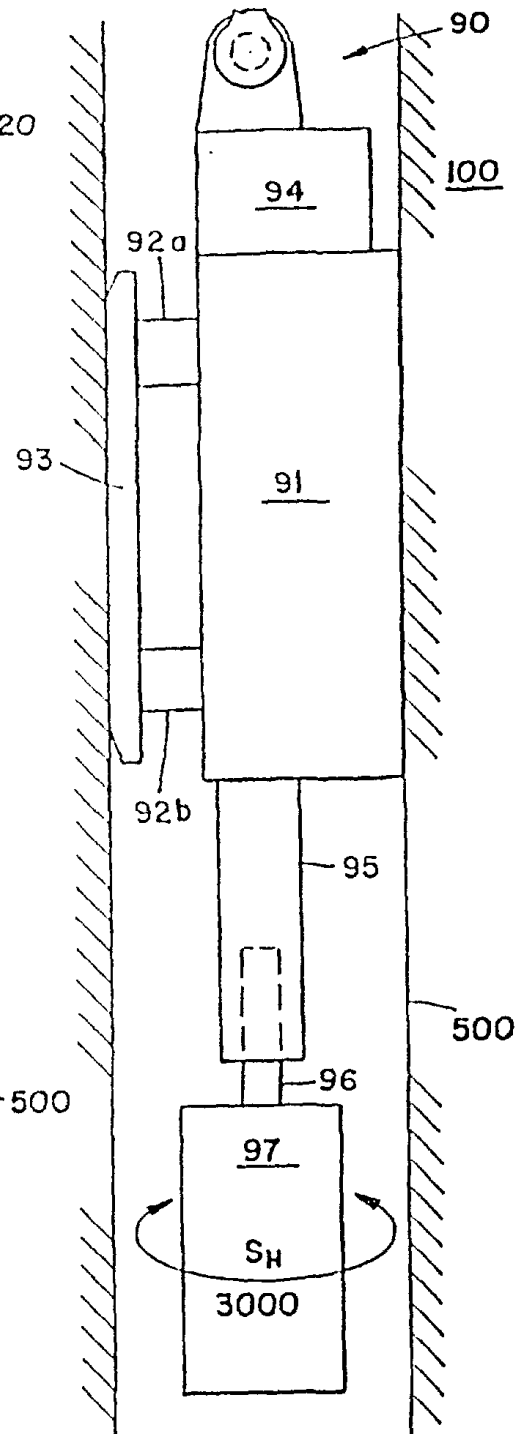


图.6

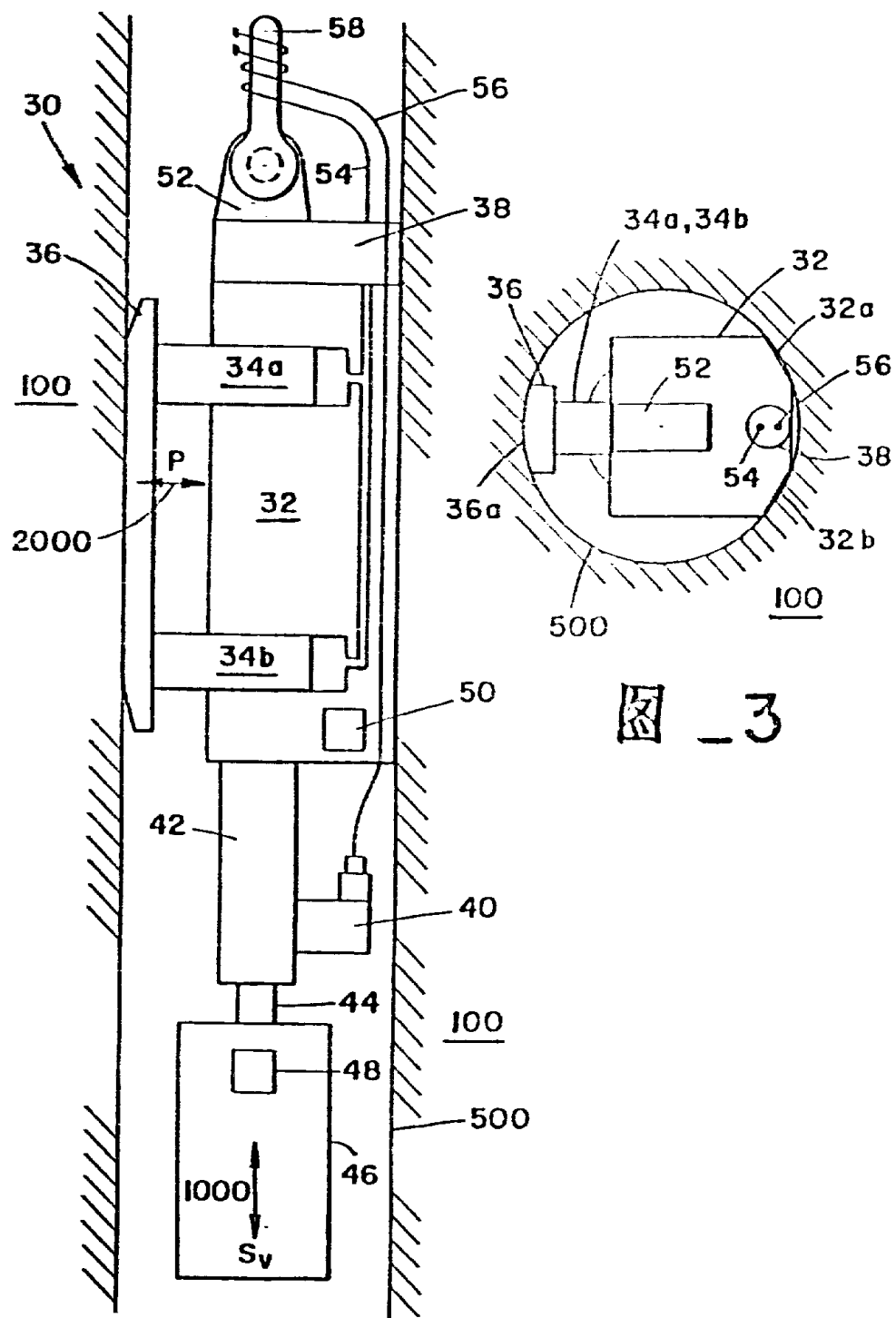
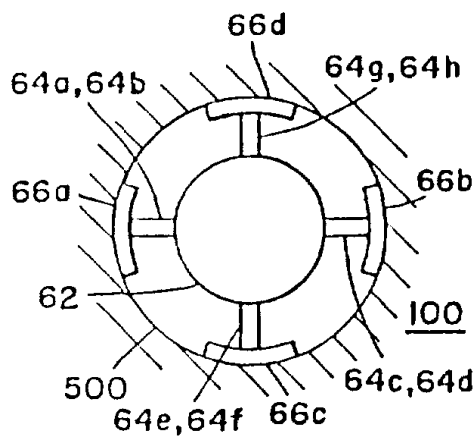
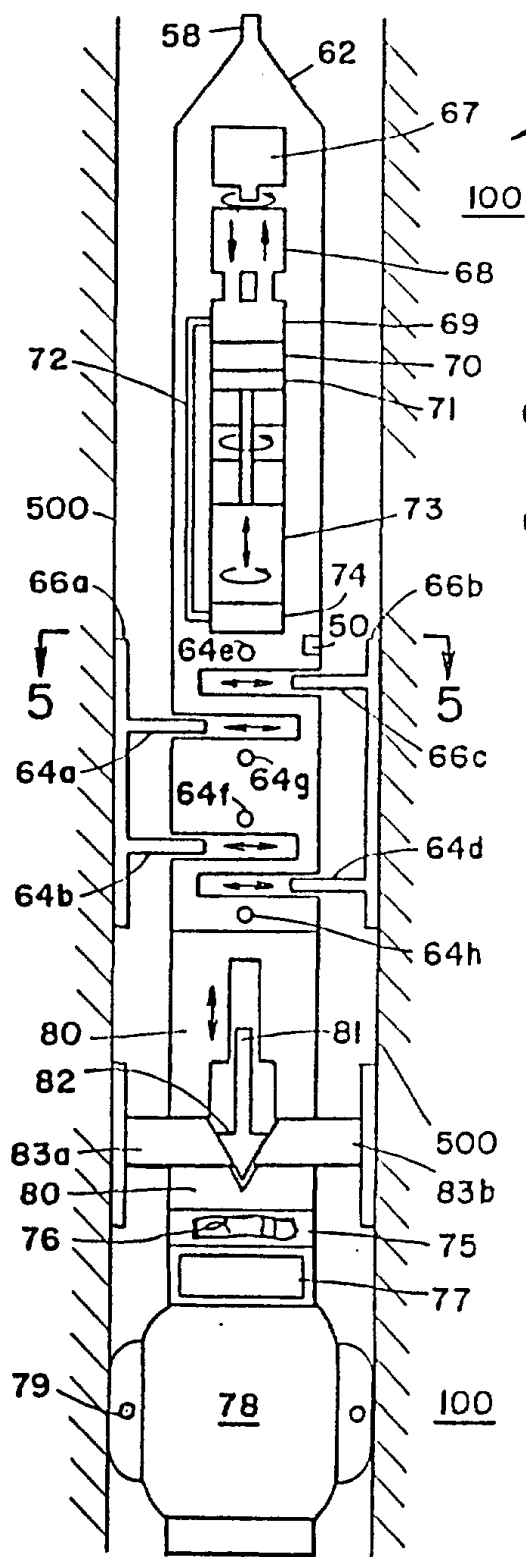


图-2

图-3



图_5

图_4

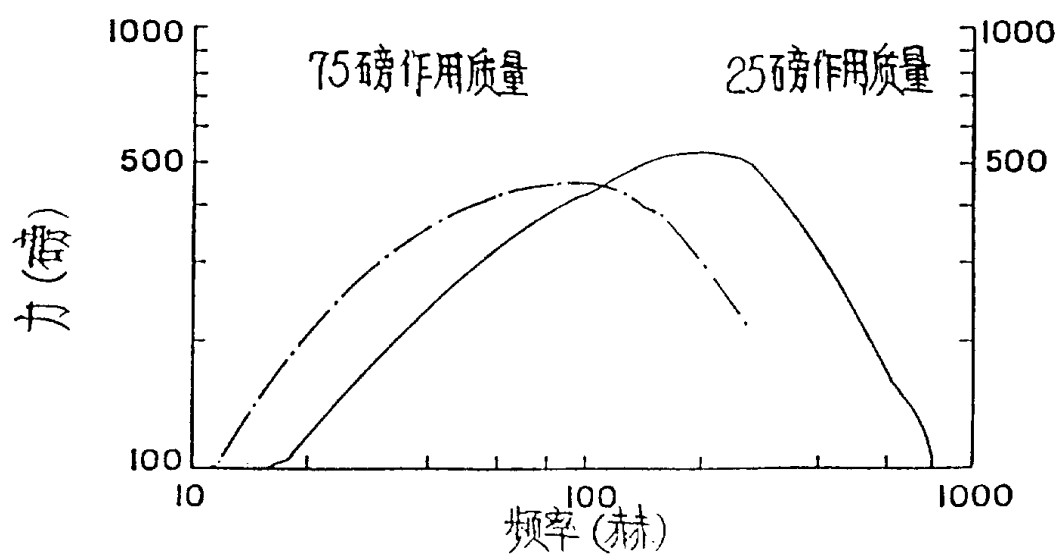


图 - 7

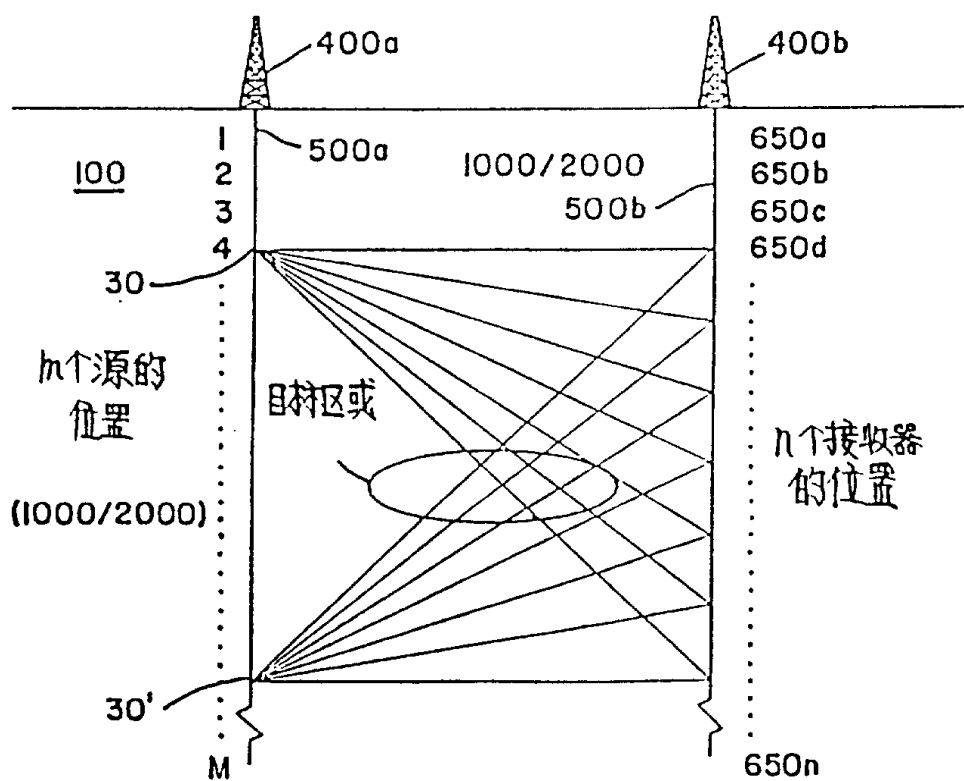


图 - 11

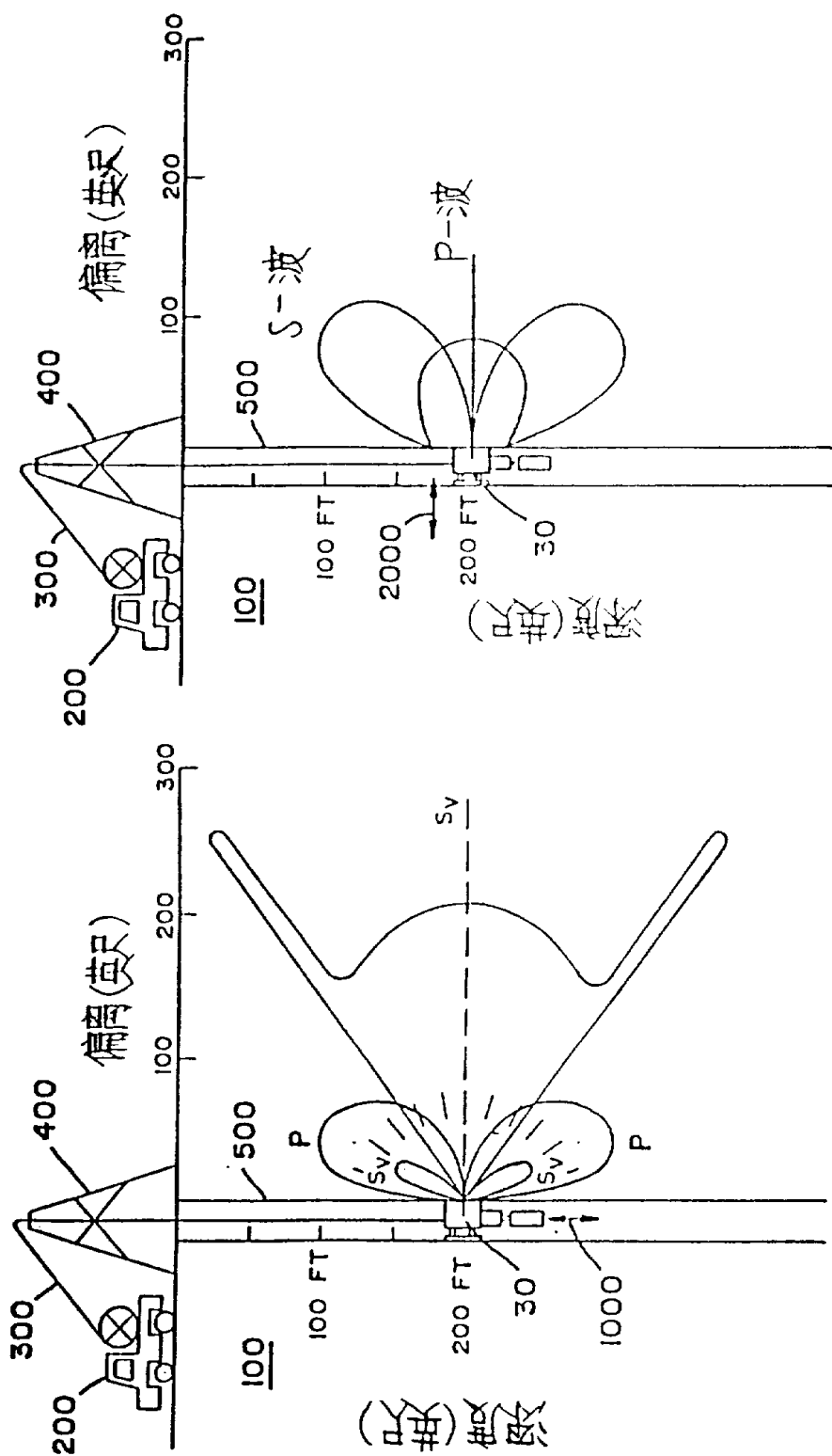


图-8

图-9

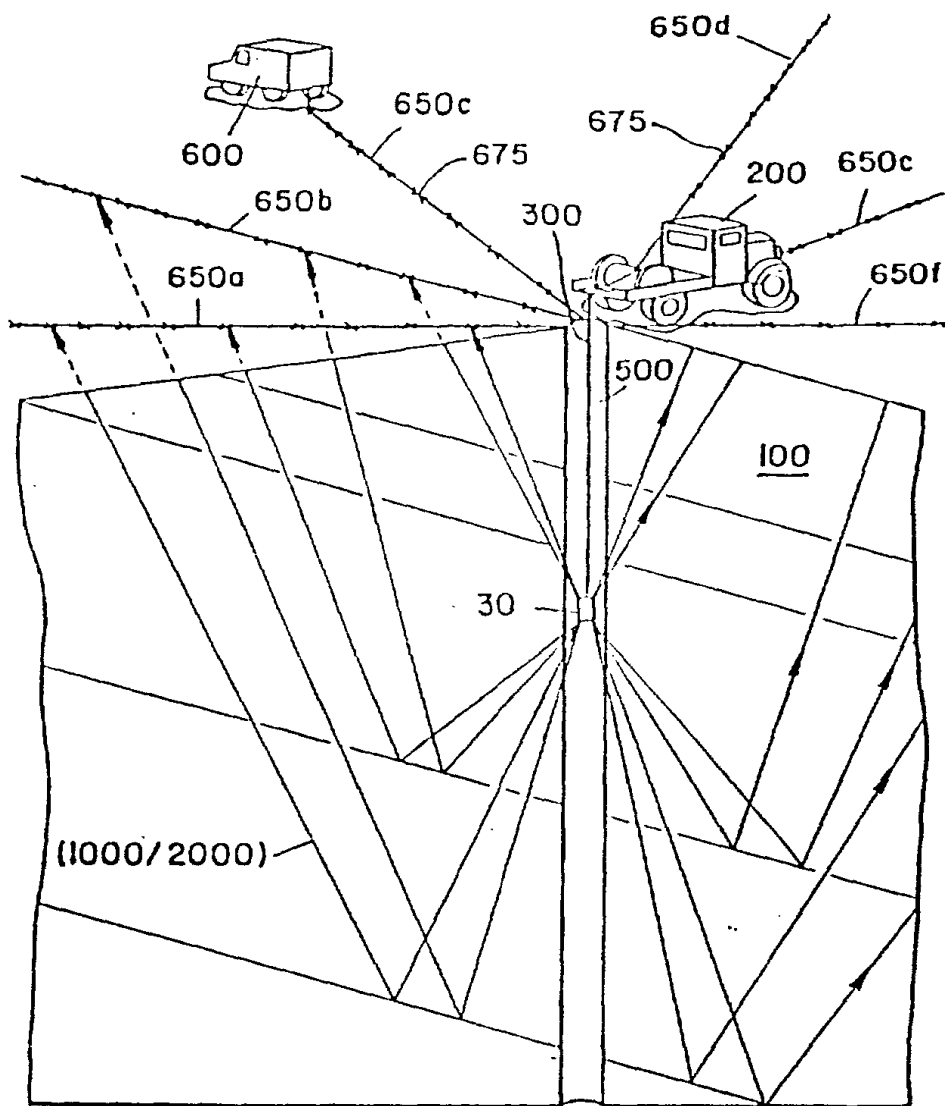


图 - 10

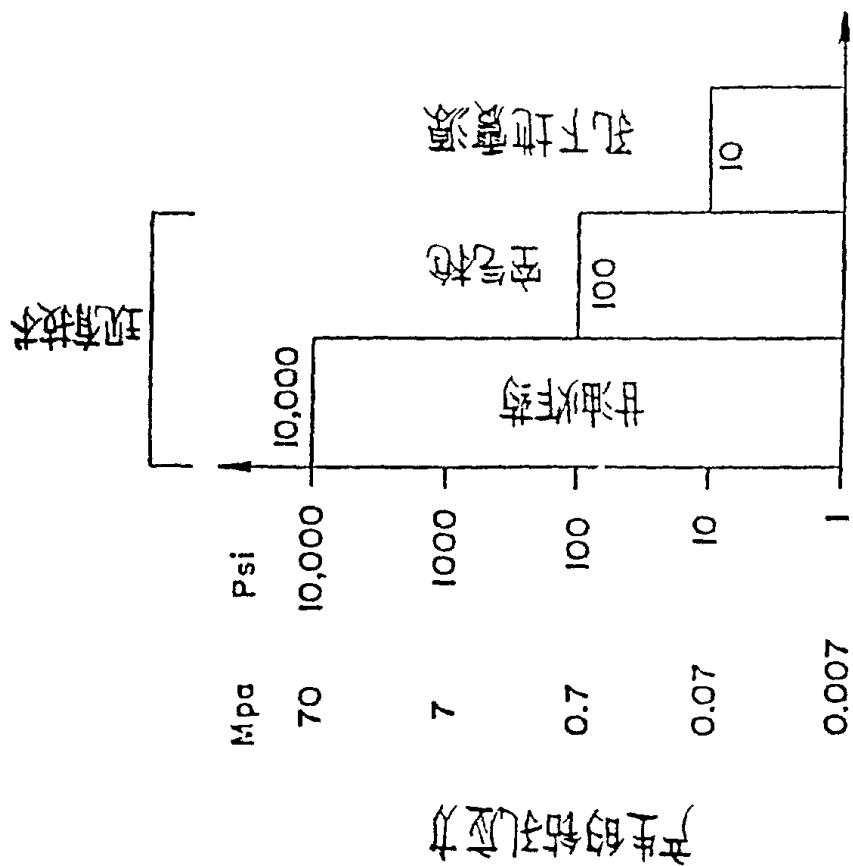


图-12

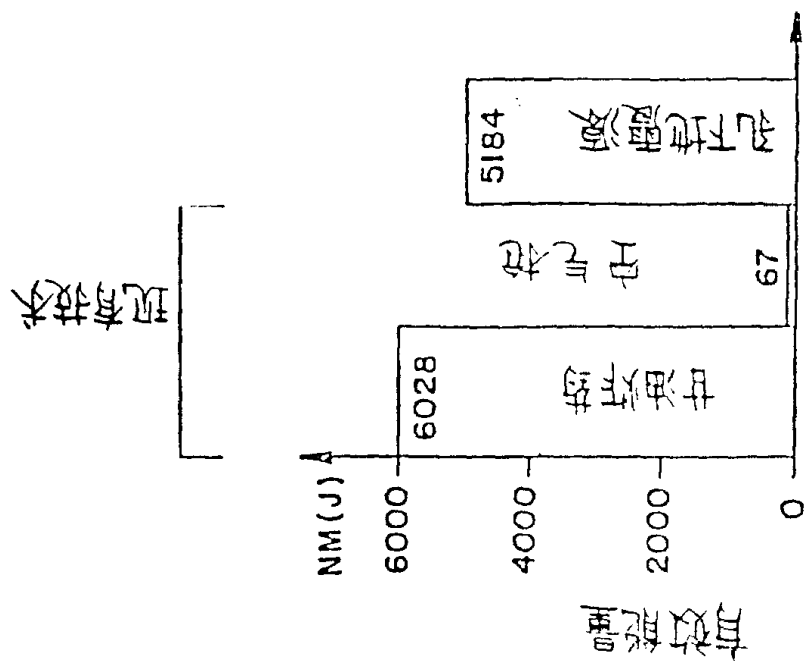


图-13