



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111123361 B

(45) 授权公告日 2021.07.02

(21) 申请号 201811287593.9

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2018.10.31

G01V 1/50 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 杨传锋

申请公布号 CN 111123361 A

(43) 申请公布日 2020.05.08

(73) 专利权人 中国石油天然气股份有限公司

地址 100007 北京市东城区东直门北大街9

号中国石油大厦

专利权人 大庆油田有限责任公司

(72) 发明人 陈可洋 陈树民 杨微 王建民

吴清岭 范兴才

(74) 专利代理机构 北京三高永信知识产权代理

有限责任公司 11138

代理人 周静

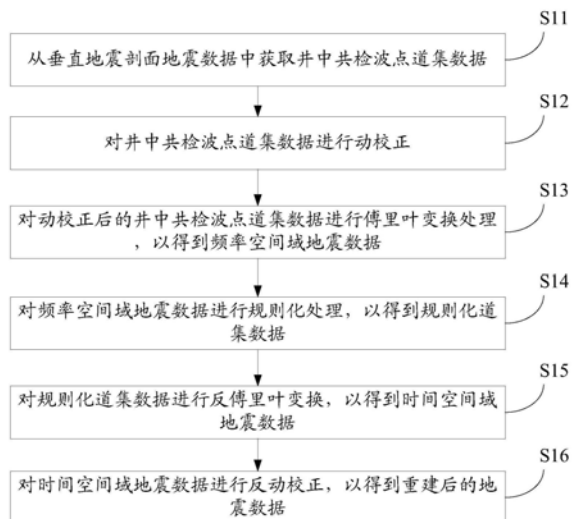
权利要求书2页 说明书8页 附图13页

(54) 发明名称

垂直地震剖面地震数据规则化重建方法及装置、存储介质

(57) 摘要

本发明公开了一种垂直地震剖面地震数据规则化重建方法及装置、存储介质,属于地震勘探技术领域。该方法包括:从垂直地震剖面地震数据中获取井中共检波点道集数据;对井中共检波点道集数据进行动校正;对动校正后的井中共检波点道集数据进行傅里叶变换处理,以得到频率空间域地震数据;对频率空间域地震数据进行规则化处理,以得到规则化道集数据;对规则化道集数据进行反傅里叶变换,以得到时间空间域地震数据;对时间空间域地震数据进行反动校正,以得到重建后的地震数据,通过重建可以恢复垂直地震剖面地震数据中缺失的地震道,并使地震道规则分布。



1. 一种垂直地震剖面地震数据规则化重建方法,其特征在于,所述方法包括:
 从垂直地震剖面地震数据中获取井中共检波点道集数据;
 对所述井中共检波点道集数据进行动校正;
 对动校正后的所述井中共检波点道集数据进行傅里叶变换处理,以得到频率空间域地震数据;

根据变换公式

$$X = (G^T G + \lambda I)^{-1} G^T Y$$

对所述频率空间域地震数据进行规则化处理,以得到规则化道集数据,

其中, X 为所述规则化道集数据, $G = (b + \text{dis}_1^c)^{1/a}$, dis_1 为所述频率空间域地震数据中的两两炮点之间的空间间距, $a \geq 1, b \geq 1, c \geq 1, G' = (b + \text{dis}_2^c)^{1/a}$, dis_2 为在所述频率空间域地震数据和所述规则化道集数据中相同炮点的空间距离, Y 为所述频率空间域地震数据, λ 为正则化因子, I 为单位矩阵;

对所述规则化道集数据进行反傅里叶变换,以得到时间空间域地震数据;

对所述时间空间域地震数据进行反动校正,以得到重建后的地震数据。

2. 根据权利要求1所述的垂直地震剖面地震数据规则化重建方法,其特征在于, $a=2, b=1, c=2$ 。

3. 根据权利要求1或2所述的垂直地震剖面地震数据规则化重建方法,其特征在于,所述动校正为无拉伸动校正。

4. 根据权利要求1或2所述的垂直地震剖面地震数据规则化重建方法,其特征在于,在所述从垂直地震剖面地震数据中获取井中共检波点道集数据之前,所述方法还包括:

对所述垂直地震剖面地震数据进行预处理,所述预处理包括去噪声、反褶积、能量补偿、波场分离中的至少一种。

5. 一种垂直地震剖面地震数据规则化重建装置,其特征在于,所述垂直地震剖面地震数据规则化重建装置包括:

提取模块,用于从垂直地震剖面地震数据中获取井中共检波点道集数据;

处理模块,用于对所述井中共检波点道集数据进行动校正,并对动校正后的所述井中共检波点道集数据进行傅里叶变换处理,以得到频率空间域地震数据,并根据变换公式

$$X = (G^T G + \lambda I)^{-1} G^T Y$$

对所述频率空间域地震数据进行规则化处理,以得到规则化道集数据,

其中, X 为所述规则化道集数据, $G = (b + \text{dis}_1^c)^{1/a}$, dis_1 为所述频率空间域地震数据中的两两炮点之间的空间间距, $a \geq 1, b \geq 1, c \geq 1, G' = (b + \text{dis}_2^c)^{1/a}$, dis_2 为在所述频率空间域地震数据和所述规则化道集数据中相同炮点的空间距离, Y 为所述频率空间域地震数据, λ 为正则化因子, I 为单位矩阵,对所述规则化道集数据进行反傅里叶变换,以得到时间空间域地震数据,对所述时间空间域地震数据进行反动校正,以得到重建后的地震数据。

6. 根据权利要求5所述的垂直地震剖面地震数据规则化重建装置,其特征在于, $a=2, b=1, c=2$ 。

7. 根据权利要求5或6所述的垂直地震剖面地震数据规则化重建装置,其特征在于,所述处理模块用于对所述井中共检波点道集数据进行无拉伸动校正。

8. 根据权利要求5或6所述的垂直地震剖面地震数据规则化重建装置,其特征在于,所

述垂直地震剖面地震数据规则化重建装置还包括预处理模块,用于在所述提取模块从垂直地震剖面地震数据中获取井中共检波点道集数据之前,对所述垂直地震剖面地震数据进行预处理,所述预处理包括去噪声、反褶积、能量补偿、波场分离中的至少一种。

9. 一种垂直地震剖面地震数据规则化重建装置,包括存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器被配置为执行所述计算机程序时实现如权利要求1~4任一项所述的垂直地震剖面地震数据规则化重建方法中所执行的操作。

10. 一种可读存储介质,所述可读存储介质中存储有至少一条指令,所述指令由处理器加载并执行以实现如权利要求1~4任一项所述的垂直地震剖面地震数据规则化重建方法中所执行的操作。

垂直地震剖面地震数据规则化重建方法及装置、存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及地震勘探技术领域,特别涉及一种垂直地震剖面地震数据规则化重建方法及装置。

背景技术

[0002] 地震勘探技术是利用人工激发的地震波在地层内传播来勘探地下的地质情况。在地面某处激发的地震波向地下传播时,遇到不同弹性的地层分界面就会产生反射波或折射波返回地面,用专门的仪器可记录这些波,以获取到地震数据,通过分析所记录的波的特点(如波的传播时间、振动形状等),能较准确地测定这些界面的深度和形态,判断地层的岩性。

[0003] VSP(英文:Vertical Seismic Profiling,中文:垂直地震剖面)是一种地震观测方法,该方法是在井中观测地震波场,通过将检波器置于井中不同深度来记录地面震源所产生的地震信号,从而获取到地震数据。

[0004] 在采用VSP技术进行地震观测时,会在井外地面上间隔布置多个炮点,理想化的情况下,炮点应该是均匀分布的,这样获取到的地震数据才是规则和均匀的,但是在实际中,井口周围(井口外几千米内)存在较多障碍会影响炮点的布置,这就会使得实际获取到的地震数据中存在地震道缺失地、震道分布不均等情况,影响对地震数据的分析。

发明内容

[0005] 本发明实施例提供了一种垂直地震剖面地震数据规则化重建方法及装置、存储介质,能够解决采用VSP技术进行地震观测时,获取到的垂直地震剖面地震数据中存在地震道缺失地、震道分布不均等情况,影响对地震数据的分析的问题。所述技术方案如下:

[0006] 一方面,本发明实施例提供了一种垂直地震剖面地震数据规则化重建方法,所述方法包括:

[0007] 从垂直地震剖面地震数据中获取井中共检波点道集数据;

[0008] 对所述井中共检波点道集数据进行动校正;

[0009] 对动校正后的所述井中共检波点道集数据进行傅里叶变换处理,以得到频率空间域地震数据;

[0010] 根据变换公式

$$[0011] \quad X = (G^T G + \lambda I)^{-1} G^T Y$$

[0012] 对所述频率空间域地震数据进行规则化处理,以得到规则化道集数据,

[0013] 其中, X 为所述规则化道集数据, $G = (b + \text{dis}_1^c)^{1/a}$, dis_1 为所述频率空间域地震数据中的两两炮点之间的空间间距, $a \geq 1, b \geq 1, c \geq 1, G' = (b + \text{dis}_2^c)^{1/a}$, dis_2 为在所述频率空间域地震数据和所述规则化道集数据中相同炮点的空间距离, Y 为所述频率空间域地震数据, λ 为正则化因子, I 为单位矩阵;

[0014] 对所述规则化道集数据进行反傅里叶变换,以得到时间空间域地震数据;

[0015] 对所述时间空间域地震数据进行反动校正,以得到重建后的地震数据。

[0016] 进一步地, $a=2, b=1, c=2$ 。

[0017] 可选地,所述动校正为无拉伸动校正。

[0018] 可选地,在所述从垂直地震剖面地震数据中获取井中共检波点道集数据之前,所述方法还包括:

[0019] 对所述垂直地震剖面地震数据进行预处理,所述预处理包括去噪声、反褶积、能量补偿、波场分离、去多次波中的至少一种。

[0020] 另一方面,本发明实施例提供了一种垂直地震剖面地震数据规则化重建装置,所述垂直地震剖面地震数据规则化重建装置包括:

[0021] 提取模块,用于从垂直地震剖面地震数据中获取井中共检波点道集数据;

[0022] 处理模块,用于对所述井中共检波点道集数据进行动校正,并对动校正后的所述井中共检波点道集数据进行傅里叶变换处理,以得到频率空间域地震数据,并根据变换公式

$$[0023] \quad X = (G^T G + \lambda I)^{-1} G^T Y$$

[0024] 对所述频率空间域地震数据进行规则化处理,以得到规则化道集数据,

[0025] 其中, X 为所述规则化道集数据, $G = (b + \text{dis}_1^c)^{1/a}$, dis_1 为所述频率空间域地震数据中的两两炮点之间的空间间距, $a \geq 1, b \geq 1, c \geq 1, G^T = (b + \text{dis}_2^c)^{1/a}$, dis_2 为在所述频率空间域地震数据和所述规则化道集数据中相同炮点的空间距离, Y 为所述频率空间域地震数据, λ 为正则化因子, I 为单位矩阵,对所述规则化道集数据进行反傅里叶变换,以得到时间空间域地震数据,对所述时间空间域地震数据进行反动校正,以得到重建后的地震数据。

[0026] 进一步地, $a=2, b=1, c=2$ 。

[0027] 可选地,所述处理模块用于对所述井中共检波点道集数据进行无拉伸动校正。

[0028] 可选地,所述垂直地震剖面地震数据规则化重建装置还包括预处理模块,用于在所述提取模块从垂直地震剖面地震数据中获取井中共检波点道集数据之前,对所述垂直地震剖面地震数据进行预处理,所述预处理包括去噪声、反褶积、能量补偿、波场分离、去多次波中的至少一种。

[0029] 第三方面,本发明实施例还提供了一种垂直地震剖面地震数据规则化重建装置,包括存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器被配置为执行所述计算机程序时实现如前所述的垂直地震剖面地震数据规则化重建方法中所执行的操作。

[0030] 第四方面,本发明实施例还提供了一种可读存储介质,所述可读存储介质中存储有至少一条指令,所述指令由处理器加载并执行以实现如前所述的垂直地震剖面地震数据规则化重建方法中所执行的操作。

[0031] 本发明实施例提供的技术方案带来的有益效果至少包括:在从垂直地震剖面地震数据中获取到井中共检波点道集数据后,对井中共检波点道集数据进行动校正,再对动校正后的井中共检波点道集数据进行傅里叶变换处理,可以得到频率空间域地震数据,再通过对频率空间域地震数据进行规则化处理,可以得到规则化道集数据,然后通过反傅里叶变换和反动校正对规则化道集数据进行还原,从而可以得到重建后的地震数据,通过重建可以恢复垂直地震剖面地震数据中缺失的地震道,并使地震道规则分布。

附图说明

[0032] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0033] 图1是本发明实施例提供的一种垂直地震剖面地震数据规则化重建方法流程图;

[0034] 图2是本发明实施例提供的另一种垂直地震剖面地震数据规则化重建方法流程图;

[0035] 图3是本发明实施例提供的一种炮点分布示意图;

[0036] 图4是本发明实施例提供的一个共检波点道集数据图;

[0037] 图5是本发明实施例提供的一种重建后的炮点分布示意图;

[0038] 图6是本发明实施例提供的一种重建后的共检波点道集数据示意图;

[0039] 图7是基于三维岩丘模型采用地震波正演模拟程序按照3DVSP观测方式合成的一个共检波点道集理论模型示意图;

[0040] 图8是该三维岩丘模型的等时切片;

[0041] 图9是抽稀处理后的共检波点道集示意图;

[0042] 图10是抽稀处理后的三维岩丘模型的等时切片;

[0043] 图11是重建后的共检波点道集示意图;

[0044] 图12是重建后的三维岩丘模型的等时切片;

[0045] 图13是本发明实施例提供的一种垂直地震剖面地震数据规则化重建装置的结构框图;

[0046] 图14是本公开实施例提供的一种垂直地震剖面地震数据规则化重建装置的结构示意图。

具体实施方式

[0047] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

[0048] 图1是本发明实施例提供的一种垂直地震剖面地震数据规则化重建方法流程图。如图1所示,该方法包括:

[0049] S11:从垂直地震剖面地震数据中获取井中共检波点道集数据。

[0050] S12:对井中共检波点道集数据进行动校正。

[0051] S13:对动校正后的井中共检波点道集数据进行傅里叶变换处理,以得到频率空间域地震数据。

[0052] S14:对频率空间域地震数据进行规则化处理,以得到规则化道集数据。

[0053] 可以根据变换公式

$$[0054] X = (G^T G + \lambda I)^{-1} G'^T Y \quad (1)$$

[0055] 对频率空间域地震数据进行规则化处理,以得到规则化道集数据,

[0056] 其中, X 为规则化道集数据, $G = (b + \text{dis}_1^c)^{1/a}$, dis_1 为频率空间域地震数据中的两两炮点之间的空间间距, $a \geq 1, b \geq 1, c \geq 1, G' = (b + \text{dis}_2^c)^{1/a}$, dis_2 为在频率空间域地震数据和

规则化道集数据中相同炮点的空间距离, Y 为频率空间域地震数据, λ 为正则化因子, I 为单位矩阵。

[0057] S15: 对规则化道集数据进行反傅里叶变换, 以得到时间空间域地震数据。

[0058] S16: 对时间空间域地震数据进行反动校正, 以得到重建后的地震数据。

[0059] 在从垂直地震剖面地震数据中获取到井中共检波点道集数据后, 对井中共检波点道集数据进行动校正, 再对动校正后的井中共检波点道集数据进行傅里叶变换处理, 可以得到频率空间域地震数据, 再通过对频率空间域地震数据进行规则化处理, 可以得到规则化道集数据, 然后通过反傅里叶变换和反动校正对规则化道集数据进行还原, 从而可以得到重建后的地震数据, 通过重建可以恢复垂直地震剖面地震数据中缺失的地震道, 并使地震道规则分布。

[0060] 图2是本发明实施例提供的另一种垂直地震剖面地震数据规则化重建方法流程图。如图2所示, 该方法包括:

[0061] S21: 对垂直地震剖面地震数据进行预处理。

[0062] 步骤S21为可选步骤。具体地, 预处理可以包括去噪声、反褶积、能量补偿、波场分离、去多次波中的至少一种。通过对垂直地震剖面地震数据进行预处理, 可以提高垂直地震剖面地震数据的品质, 使重建后的垂直地震剖面地震数据更加准确。

[0063] 垂直地震剖面地震数据是采集于时间域的地震数据, 垂直地震剖面地震数据可以为二维井中VSP地震数据或是三维井中VSP地震数据。

[0064] 此外, 垂直地震剖面地震数据也可以是采用本方法规则化重建过至少1次之后的垂直地震剖面地震数据, 或者是采用本方法规则化重建过至少1次之后的垂直地震剖面地震数据与原始垂直地震剖面地震数据构成的地震数据, 规则化重建可以减少缺失的地震道, 使得地震道分布更加均匀, 平均的道间距更小, 通过多次进行规则化重建, 可以使道间距的平均值满足所需要的尺寸。

[0065] S22: 从垂直地震剖面地震数据中获取井中共检波点道集数据。

[0066] 垂直地震剖面地震数据通常包括多个井中共检波点道集数据, 通过对所有井中共检波点道集数据进行重建, 就可以得到重建后的垂直地震剖面地震数据。

[0067] 在获取井中共检波点道集数据后, 可以以井口为坐标原点, 以井的深度方向为 Y 方向, 水平方向为 X 方向建立平面坐标系, 以便于后续步骤的执行。

[0068] 图3是本实施例提供的一种研究区域内的炮点分布示意图, 其中每一个点100均表示一个炮点, 空白区域101表示障碍物, 井口102位于图3的中心位置, 如图3所示, 炮点由于障碍物的存在分布十分不均匀。图4是获取于图3所示研究区域的垂直地震剖面地震数据中的一个井中共检波点道集数据图, 图4中 t 方向表示时间, n 方向表示炮检距, 多个地震道沿 n 方向间隔排列。该垂直地震剖面地震数据截取的道长度为4秒 (即在时间 t 方向的长度), 图4中炮检距不超过 n_0 的地震道共有6000个, 图4所示, 获取到的井中共检波点道集数据极其不规则, 数据显示杂乱, 难以辨认出完整的地震道信息。

[0069] S23: 对井中共检波点道集数据进行动校正。

[0070] 动校正可以消除炮检距对反射波传播时间的影响。

[0071] 优选可以对井中共检波点道集数据进行无拉伸动校正。无拉伸动校正相较于传统的动校正方式, 其对波形的影响更小, 可以减小波形被拉伸的程度。

[0072] 在进行无拉伸动校正时,可以采用高精度插值(High Accuracy Interpolating)的方法对逐个地震道进行校正,也可以采用其他的无拉伸动校正方法。

[0073] S24:对动校正后的井中共检波点道集数据进行傅里叶变换处理,以得到频率空间域地震数据。

[0074] 通过傅里叶变换可以将动校正后的井中共检波点道集数据转换到频率空间域中,从而得到频率空间域地震数据。

[0075] 在得到频率空间域地震数据之后,根据频率空间域地震数据的波形,确定各个炮点在平面坐标系中的坐标,以获取两两炮点之间的空间距离。

[0076] S25:对频率空间域地震数据进行规则化处理,以得到规则化道集数据。

[0077] 具体可以根据前述的变换公式(1)对频率空间域地震数据进行规则化处理,以得到规则化道集数据。

[0078] 在进行规则化处理时,可以只对频率空间域地震数据的有效频带宽度内的数据进行处理,以提高规则化处理的效率。

[0079] 变换公式(1)可以根据如下方式得到。对具有M个地震道的频率空间域地震数据Y,规则化处理后可以得到具有N个地震道的规则化道集数据X,规则化道集数据X与频率空间域地震数据Y满足等式:

$$[0080] \quad G'_{M \times N} X = Y \quad (2)$$

[0081] 其中, $G'_{M \times N} = (b + \text{dis}_2^c)^{1/a}$, $G'_{M \times N}$ 为M×N阶矩阵。根据等式(2)可以得到如下等式:

$$[0082] \quad G'^T_{N \times M} G'_{M \times N} X = G'^T_{N \times M} Y \quad (3)$$

[0083] 其中, $G'^T_{N \times M}$ 为 $G'_{M \times N}$ 的转置矩阵,为N×M阶矩阵, $G'^T_{N \times M} G'_{M \times N}$ 为N阶方阵。以 $G'^T_{N \times M} G'_{M \times N}$ 替换 $G'^T_{N \times M} G'_{M \times N}$,可以得到如下等式:

$$[0084] \quad G^T_{N \times N} G_{N \times N} X = G'^T_{N \times M} Y \quad (4)$$

[0085] 其中, $G_{N \times N} = (b + \text{dis}_1^c)^{1/a}$, $G_{N \times N}$ 为N阶方阵, $G^T_{N \times N}$ 为 $G_{N \times N}$ 的转置矩阵。

[0086] 根据等式(4)可以得到如下等式:

$$[0087] \quad X = (G^T_{N \times N} G_{N \times N})^{-1} G'^T_{N \times M} Y \quad (5)$$

[0088] 其中, $(G^T_{N \times N} G_{N \times N})^{-1}$ 为 $G^T_{N \times N} G_{N \times N}$ 的逆矩阵。引入正则化因子 λ ,对等式(5)进行修正,得到如下等式:

$$[0089] \quad X = (G^T_{N \times N} G_{N \times N} + \lambda I_{N \times N})^{-1} G'^T_{N \times M} Y \quad (6)$$

[0090] 通过引入正则化因子 λ 可以使求逆稳定,上述等式(6)即为前述的变换公式(1)。

[0091] 优选地, $a=2, b=1, c=2$,通过测试,当 $a=2, b=1, c=2$ 时可以得到较好的重建后的地震数据。

[0092] 具体地, $\lambda = (0 \sim 0.2)k$, k 为位于矩阵 $G^T G$ 中主对角线上的数据, $G^T G$ 为对称矩阵,因此 k 可以取自 $G^T G$ 中主对角线上的任意一个数据, λ 优选可以为 $0.01k \sim 0.05k$ 。

[0093] S26:对规则化道集数据进行反傅里叶变换,以得到时间空间域地震数据。

[0094] 通过反傅里叶变换可以将规则化道集数据转换到时间空间域中,从而得到时间空间域地震数据。

[0095] S27:对时间空间域地震数据进行反动校正,以得到重建后的地震数据。

[0096] 具体可以对时间空间域地震数据进行无拉伸反动校正。无拉伸反动校正的过程与无拉伸动校正的过程相反,是无拉伸动校正的逆过程,通过反动校正处理后,可以将时间空

间域地震数据还原为井中共检波点道集数据。在将从垂直地震剖面地震数据中获取的所有井中共检波点道集数据经过步骤S23~S27处理后,就可以得到重建后的地震数据,相比于步骤S21中处理后的地震数据,重建后的地震数据中恢复了缺失的地震道,使得可以更加准确的对地震数据进行分析。

[0097] 图5是本发明实施例提供的一种重建后的炮点分布示意图,对比图5和图3,重建后的炮点围绕井口201分布更加均匀,且数量也更多,图6是本发明实施例提供的一种重建后的井中共检波点道集数据示意图,对比图6和图4,重建后的井中共检波点道集数据中,炮检距不超过 n_0 的地震道共有26011个,通过对比,可以看出上述重建可以恢复地震数据中缺失的地震道,使地震道均匀分布。

[0098] 图7是基于三维岩丘模型采用地震波正演模拟程序按照3DVSP观测方式合成的一个共检波点道集理论模型示意图,该共检波点道集包括114244个地震道,道长7秒,井位于模型地表中心。图8是该三维岩丘模型的等时切片,本实施例对该三维岩丘模型中的地震道进行随机抽稀,图9是抽稀处理后的共检波点道集示意图,图10是抽稀处理后的三维岩丘模型的等时切片,对比图9和图7、图10和图8,抽稀处理后,地震数据中缺失了部分地震道。通过采用前述实施例中的重建方法对抽稀后的地震数据进行重建,重建后的共检波点道集如图11所示,等时切片如图12所示,通过对比图11和图7、图12和图8可知,本发明实施例所提供的方法对地震数据规则化重建后可以恢复地震数据中缺失的地震道,使地震道均匀分布。

[0099] 图13是本发明实施例提供的一种垂直地震剖面地震数据规则化重建装置的结构框图,如图13所示,该垂直地震剖面地震数据规则化重建装置包括提取模块10和处理模块20。

[0100] 其中,提取模块10用于从垂直地震剖面地震数据中获取井中共检波点道集数据。处理模块20用于对井中共检波点道集数据进行动校正,并对动校正后的井中共检波点道集数据进行傅里叶变换处理,以得到频率空间域地震数据,对频率空间域地震数据进行规则化处理,以得到规则化道集数据,对规则化道集数据进行反傅里叶变换,以得到时间空间域地震数据,对时间空间域地震数据进行反动校正,以得到重建后的地震数据。在对频率空间域地震数据进行规则化处理,以得到规则化道集数据时,处理模块20可以根据前述的变换公式(1)对频率空间域地震数据进行规则化处理,以得到规则化道集数据。

[0101] 在从垂直地震剖面地震数据中获取到井中共检波点道集数据后,对井中共检波点道集数据进行动校正,再对动校正后的井中共检波点道集数据进行傅里叶变换处理,可以得到频率空间域地震数据,再通过对频率空间域地震数据进行规则化处理,可以得到规则化道集数据,然后通过反傅里叶变换和反动校正对规则化道集数据进行还原,从而可以得到重建后的地震数据,通过重建可以恢复垂直地震剖面地震数据中缺失的地震道,并使地震道规则分布。

[0102] 提取模块10可以根据前述方法实施例中的步骤S22获取井中共检波点道集数据。处理模块20可以根据前述方法实施例中的步骤S23~S27对井中共检波点道集数据进行处理。

[0103] 优选地,垂直地震剖面地震数据规则化重建装置还可以包括预处理模块30,预处理模块30用于在提取模块10从垂直地震剖面地震数据中获取井中共检波点道集数据之前,

对垂直地震剖面地震数据进行预处理,预处理包括去噪声、反褶积、能量补偿、去多次波中的至少一种。通过对垂直地震剖面地震数据进行预处理,可以提高垂直地震剖面地震数据的分辨率,使重建后的地震数据更加准确。

[0104] 此外,垂直地震剖面地震数据规则化重建装置还可以包括存储模块,用以存储垂直地震剖面地震数据。

[0105] 垂直地震剖面地震数据是采集于时间域的地震数据,垂直地震剖面地震数据既可以是二维井中VSP地震数据又可以是三维井中VSP地震数据。

[0106] 垂直地震剖面地震数据可以是采集于时间域的垂直地震剖面地震数据,采集时间域的垂直地震剖面地震数据的方法可以参考相关技术。

[0107] 优选地,处理模块20可以用于对井中共检波点道集数据进行无拉伸动校正。动校正可以消除炮检距对反射波传播时间的影响。优选可以对井中共检波点道集数据进行无拉伸动校正。无拉伸动校正相较于传动的动校正方式,其对波形的影响更小,可以减小波形被拉伸的程度。

[0108] 可选地,处理模块20可以用于对动校正后的井中共检波点道集数据进行傅里叶变换,以得到频率空间域地震数据。通过傅里叶变换可以将动校正后的井中共检波点道集数据转换到频率空间域中,从而得到频率空间域地震数据。

[0109] 在获取井中共检波点道集数据后,处理模块20可以以井口为坐标原点,以井的深度方向为Y方向,水平方向为X方向建立平面坐标系,以便于后续步骤的执行。在得到频率空间域地震数据之后,根据频率空间域地震数据的波形,可以确定各个炮点在平面坐标系中的坐标,以获取两两炮点之间的空间距离。

[0110] 通过反傅里叶变换可以将规则化道集数据转换到时间空间域中,从而得到时间空间域地震数据。

[0111] 图14是本公开实施例提供的一种垂直地震剖面地震数据规则化重建装置的结构示意图。该垂直地震剖面地震数据规则化重建装置可以为计算机等设备。

[0112] 如图14所示,示例性地,计算机1700包括中央处理单元(CPU)1701、包括随机存取存储器(RAM)1702和只读存储器(ROM)1703的系统存储器1704,以及连接系统存储器1704和中央处理单元1701的系统总线1705。计算机1700还包括帮助计算机内的各个器件之间传输信息的基本输入/输出系统(I/O系统)1706。

[0113] 基本输入/输出系统1706包括有用于显示信息的显示器1708和用于用户输入信息的诸如鼠标、键盘之类的输入设备1709。其中显示器1708和输入设备1709都通过连接到系统总线1705的输入输出控制器1710连接到中央处理单元1701。基本输入/输出系统1706还可以包括输入输出控制器1710以用于接收和处理来自键盘、鼠标、或电子触控笔等多个其他设备的输入。类似地,输入输出控制器1710还提供输出到显示屏、打印机或其他类型的输出设备。

[0114] 不失一般性,计算机可读介质可以包括计算机存储介质和通信介质。计算机存储介质包括以用于存储诸如计算机可读指令、数据结构、程序模块或其他数据等信息的任何方法或技术实现的易失性和非易失性、可移动和不可移动介质。计算机存储介质包括RAM、ROM、EPROM、EEPROM、闪存或其他固态存储其技术,CD-ROM、DVD或其他光学存储、磁带盒、磁带、磁盘存储或其他磁性存储设备。当然,本领域技术人员可知计算机存储介质不局限于上

述几种。

[0115] 根据本公开的各种实施例,计算机1700还可以通过诸如因特网等网络连接到网络上的远程计算机运行。也即计算机1700可以通过连接在系统总线1705上的网络接口单元1711连接到网络1712,或者说,也可以使用网络接口单元1711来连接到其他类型的网络或远程计算机系统(未示出)。

[0116] 上述存储器还包括一个或者一个以上的程序,一个或者一个以上程序存储于存储器中,被配置由CPU执行。当CPU执行存储器中的程序时,可以实现图1-图2中任一幅所示的方法。

[0117] 在示例性实施例中,还提供了一种包括指令的计算机可读存储介质,例如包括指令的存储器,上述指令可由计算机1700的中央处理单元1701加载并执行以完成图1-图2中任一幅所示的方法。例如,计算机可读存储介质可以是ROM、随机存取存储器(RAM)、CD-ROM、磁带、软盘和光数据存储设备等。

[0118] 需要说明的是:上述实施例提供的前舱盖的垂直地震剖面地震数据规则化重建装置在进行垂直地震剖面地震数据规则化重建时,仅以上述各功能模块的划分进行举例说明,实际应用中,可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能模块完成,即将设备的内部结构划分成不同的功能模块,以完成以上描述的全部或者部分功能。另外,上述实施例提供的垂直地震剖面地震数据规则化重建装置与垂直地震剖面地震数据规则化重建方法实施例属于同一构思,其具体实现过程详见方法实施例,这里不再赘述。

[0119] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分步骤可以通过硬件来完成,也可以通过程序来指令相关的硬件完成,所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中,上述提到的存储介质可以是只读存储器,磁盘或光盘等。

[0120] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

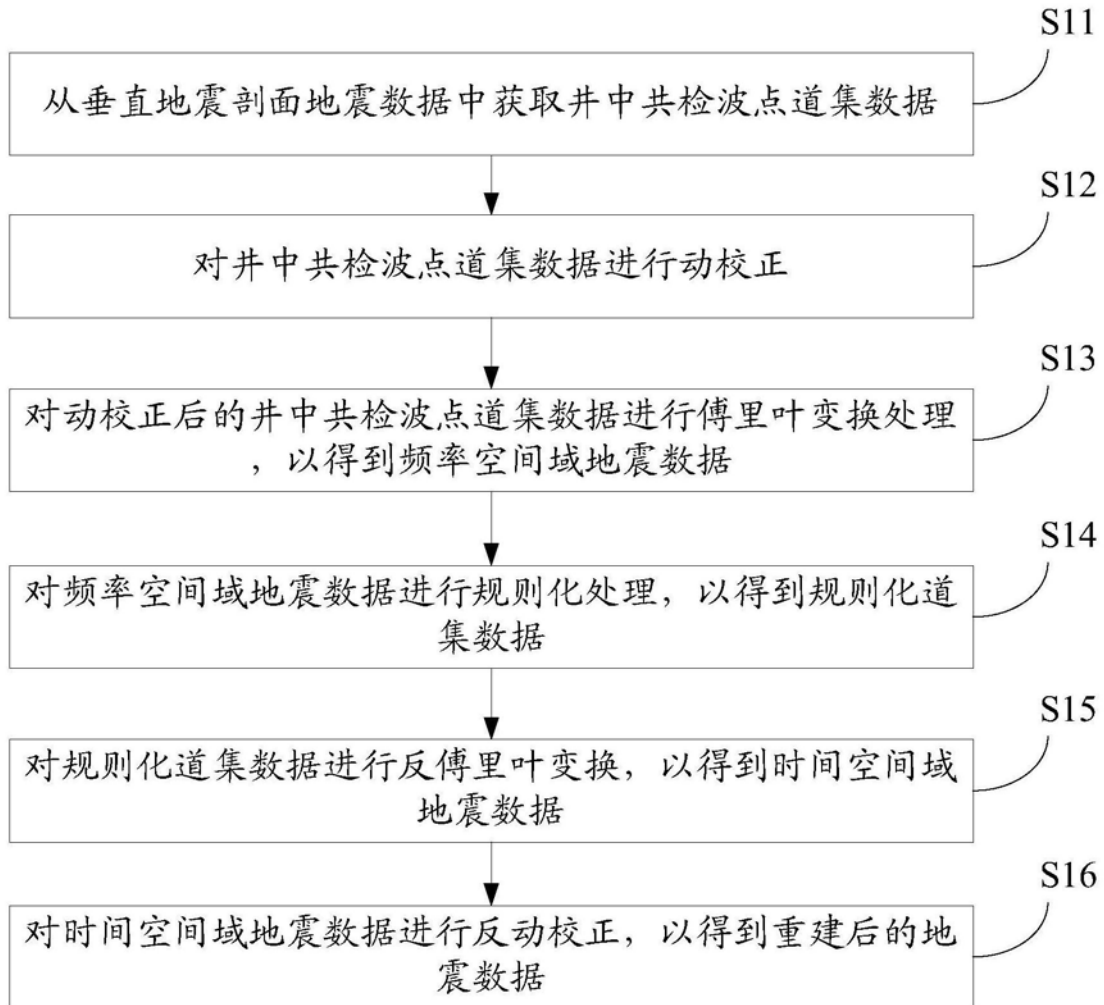


图1

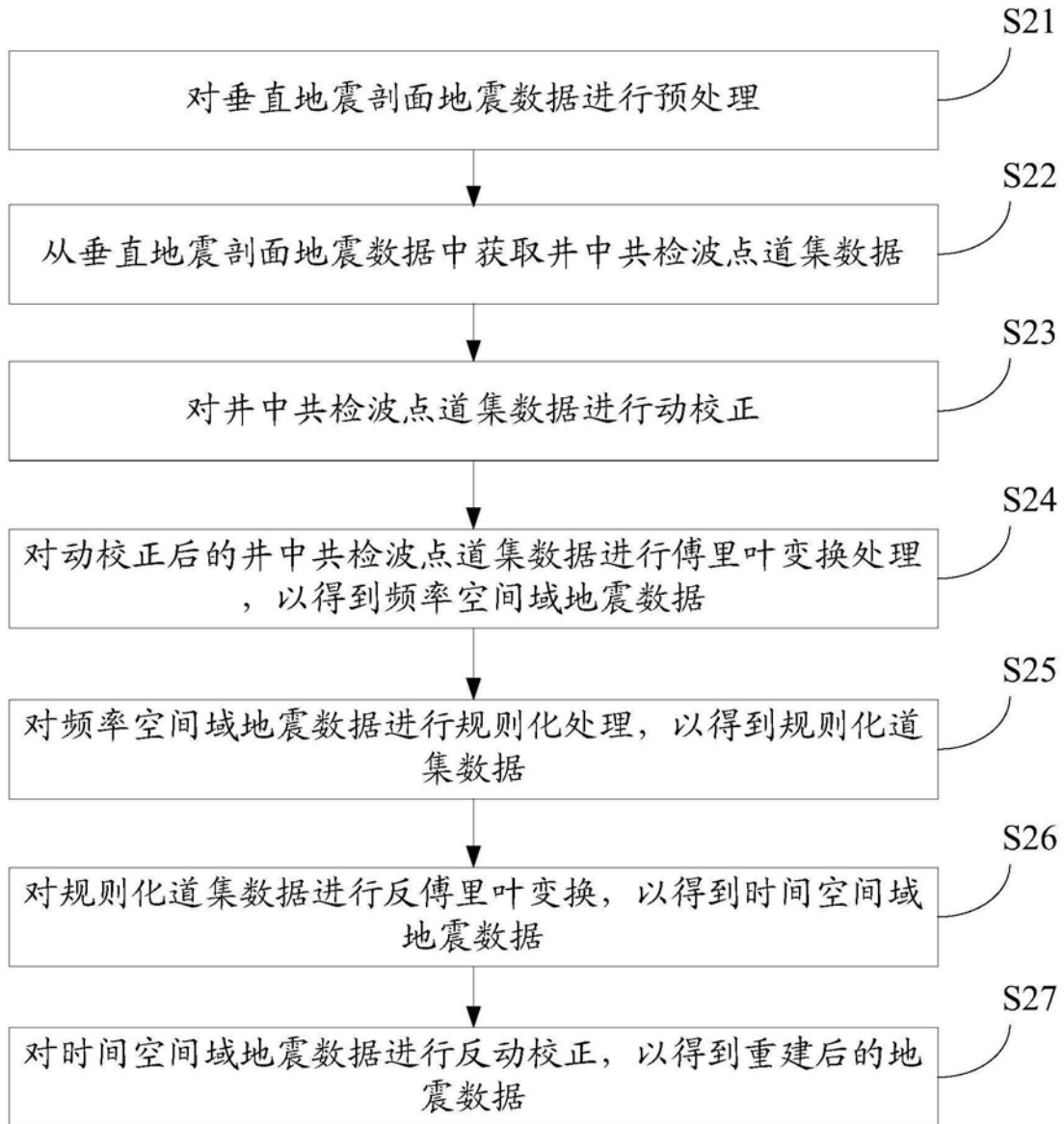


图2

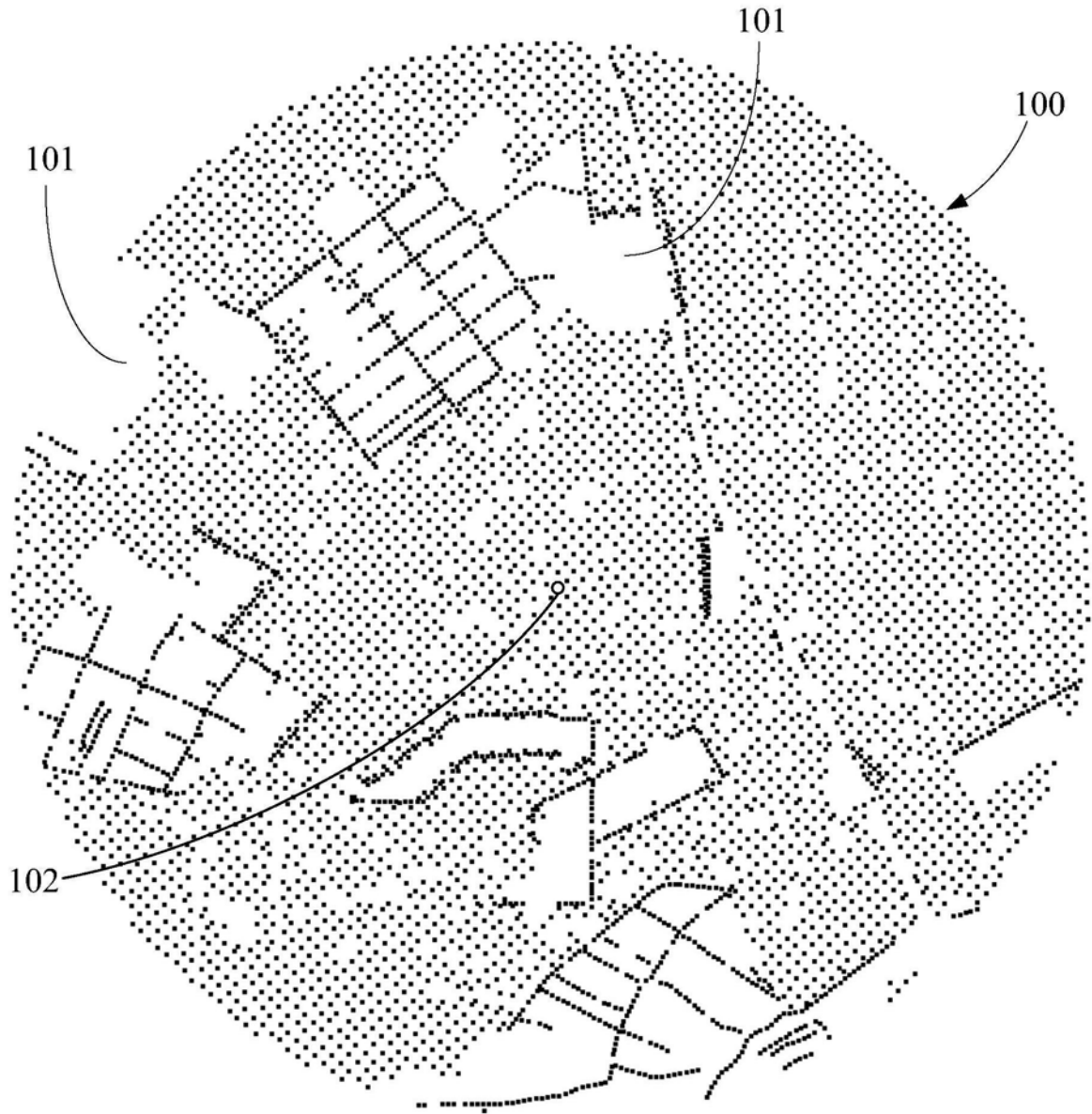


图3

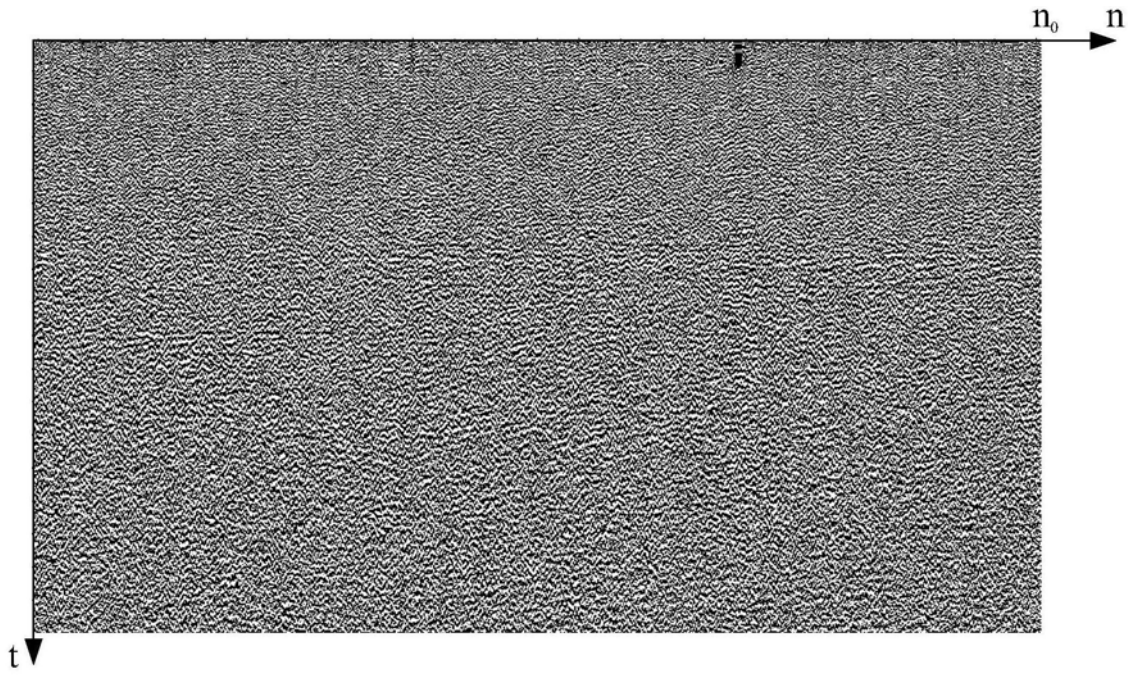


图4

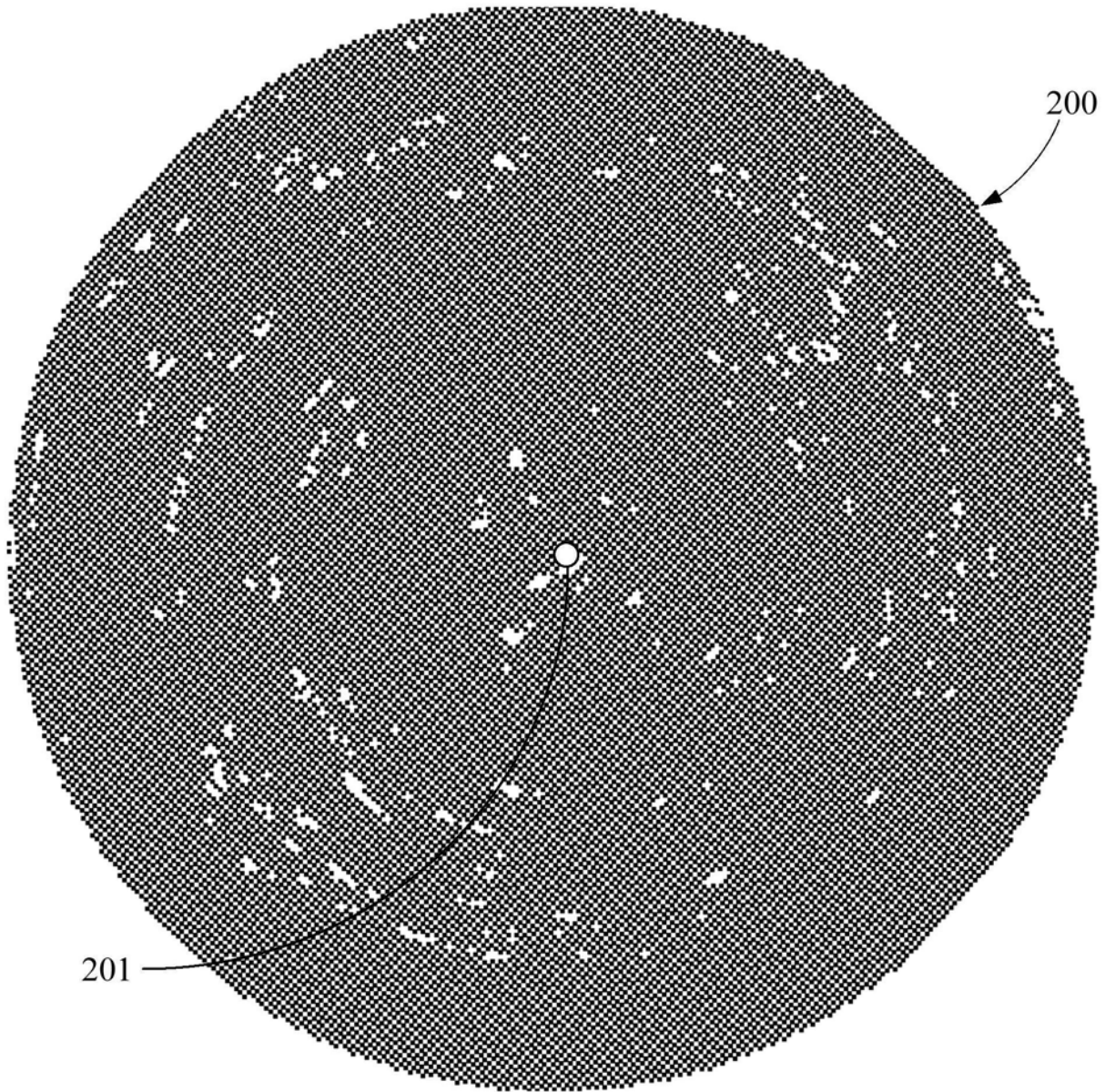


图5

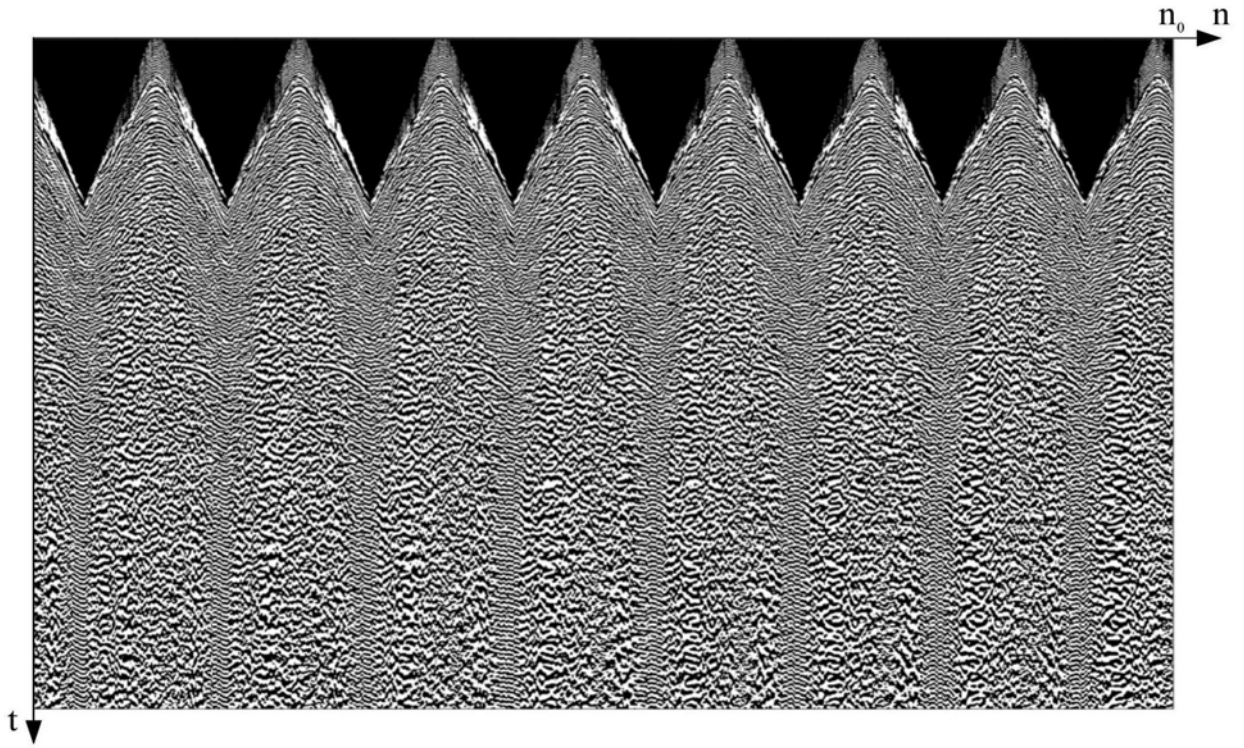


图6

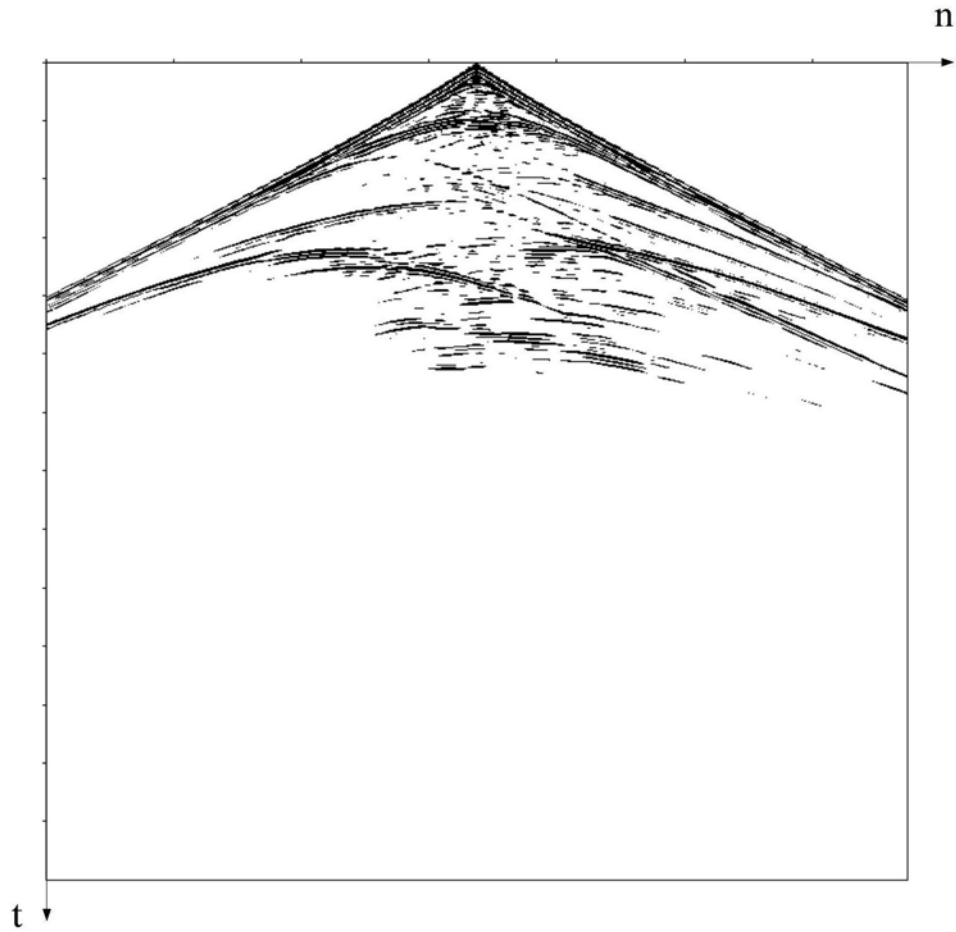


图7

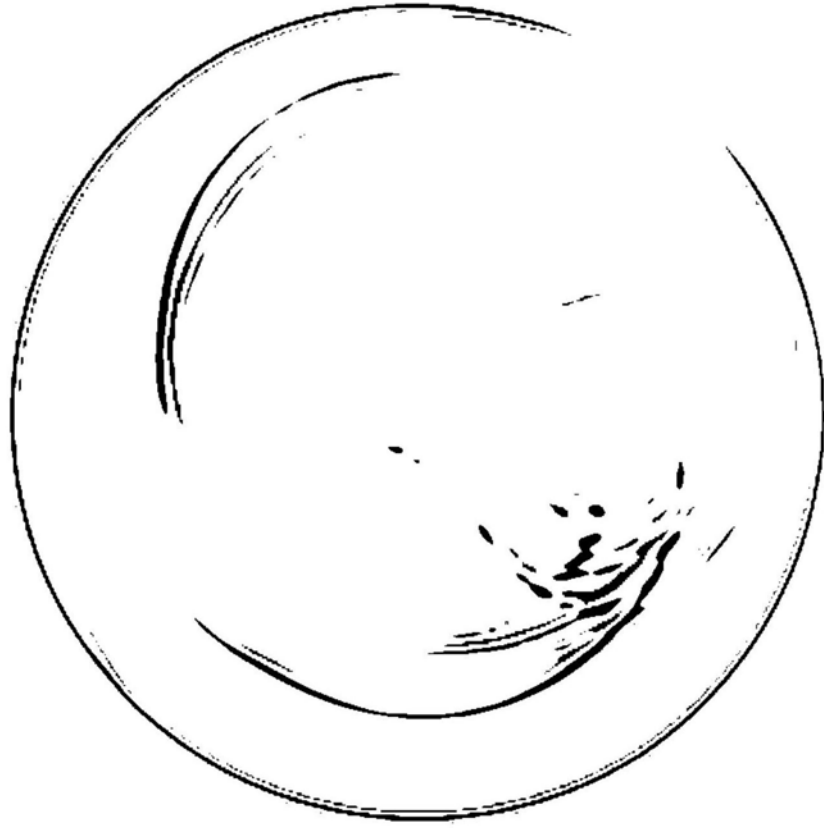


图8

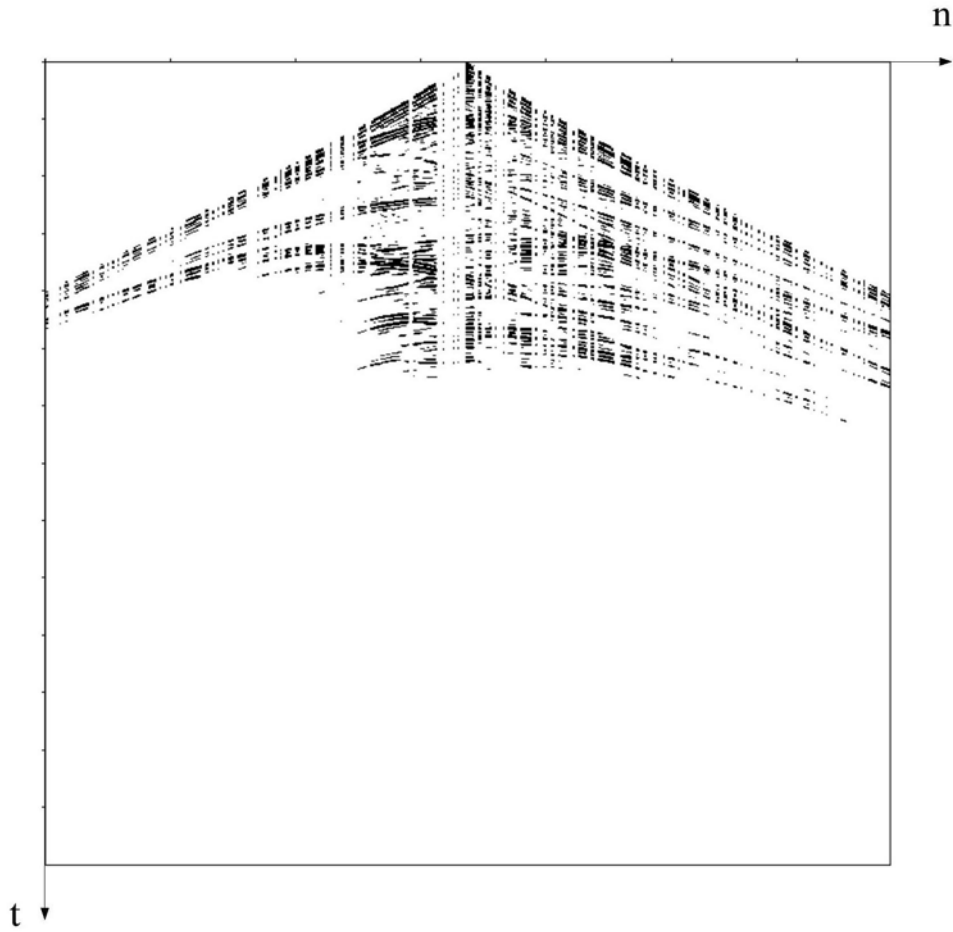


图9

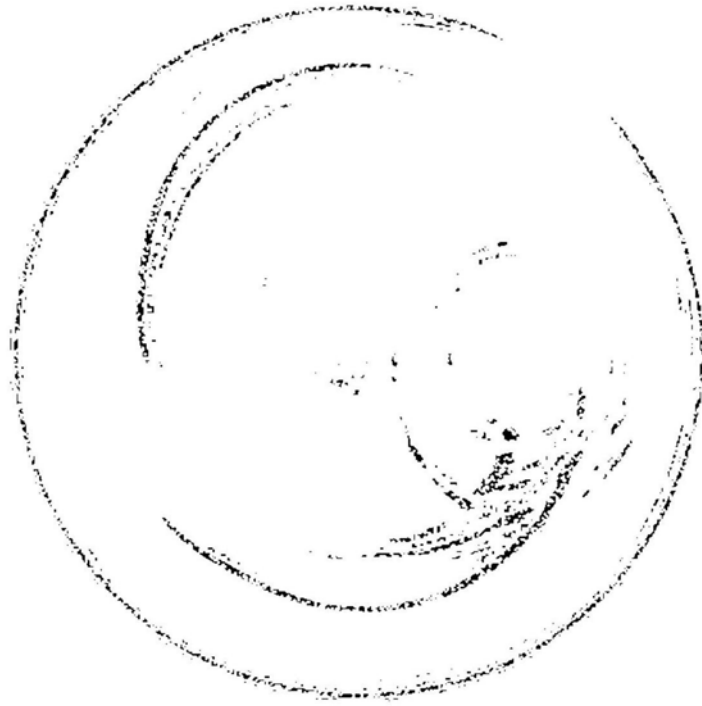


图10

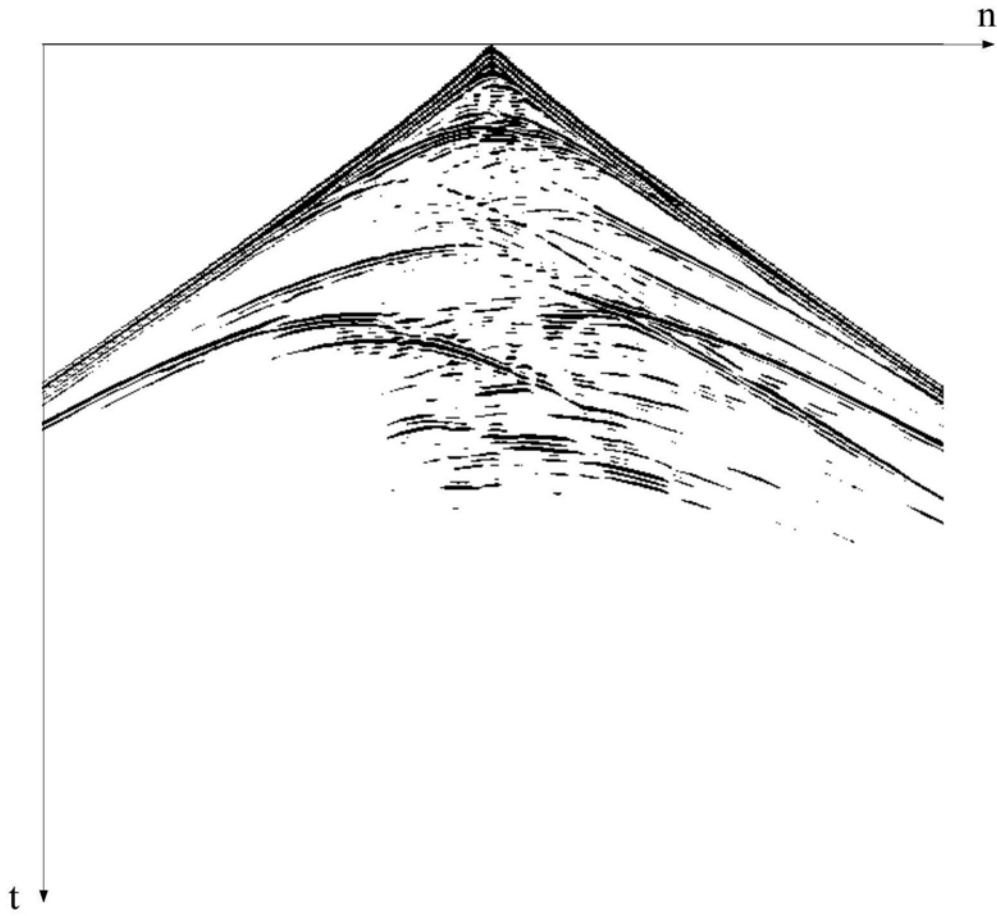


图11

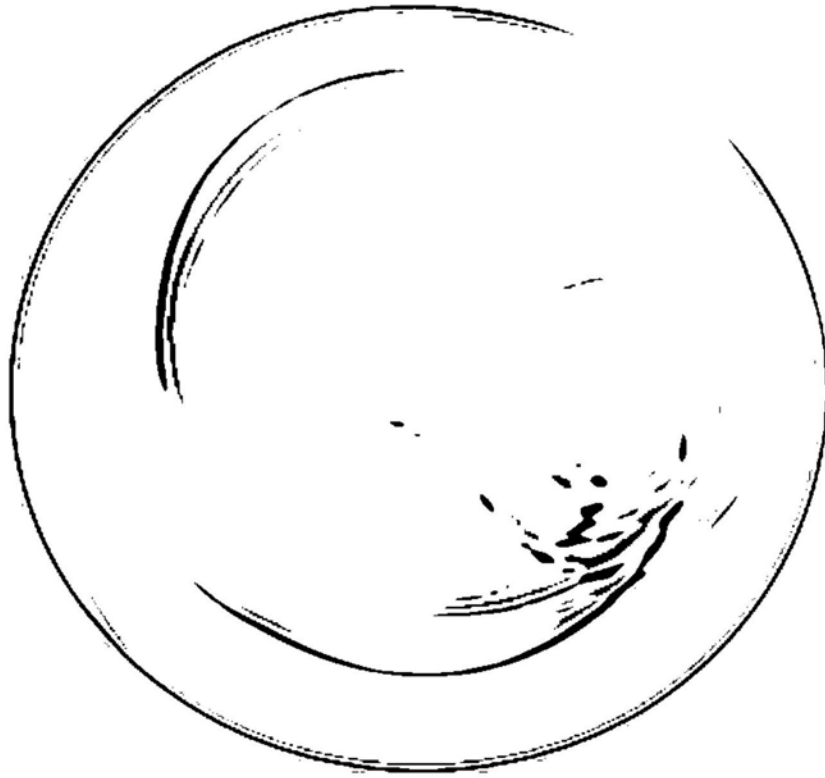


图12

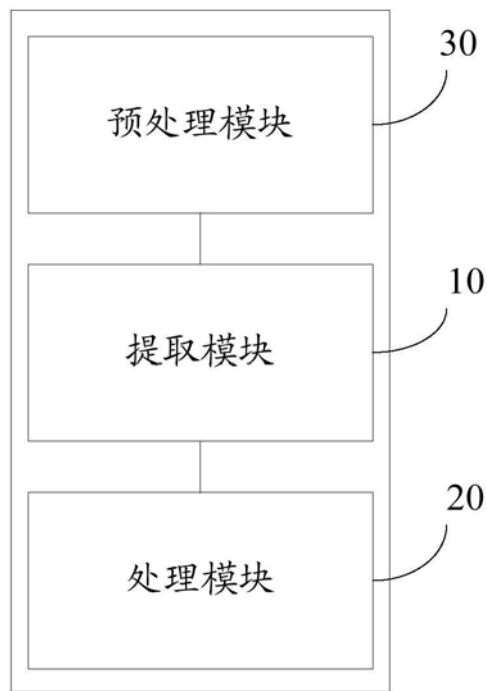


图13

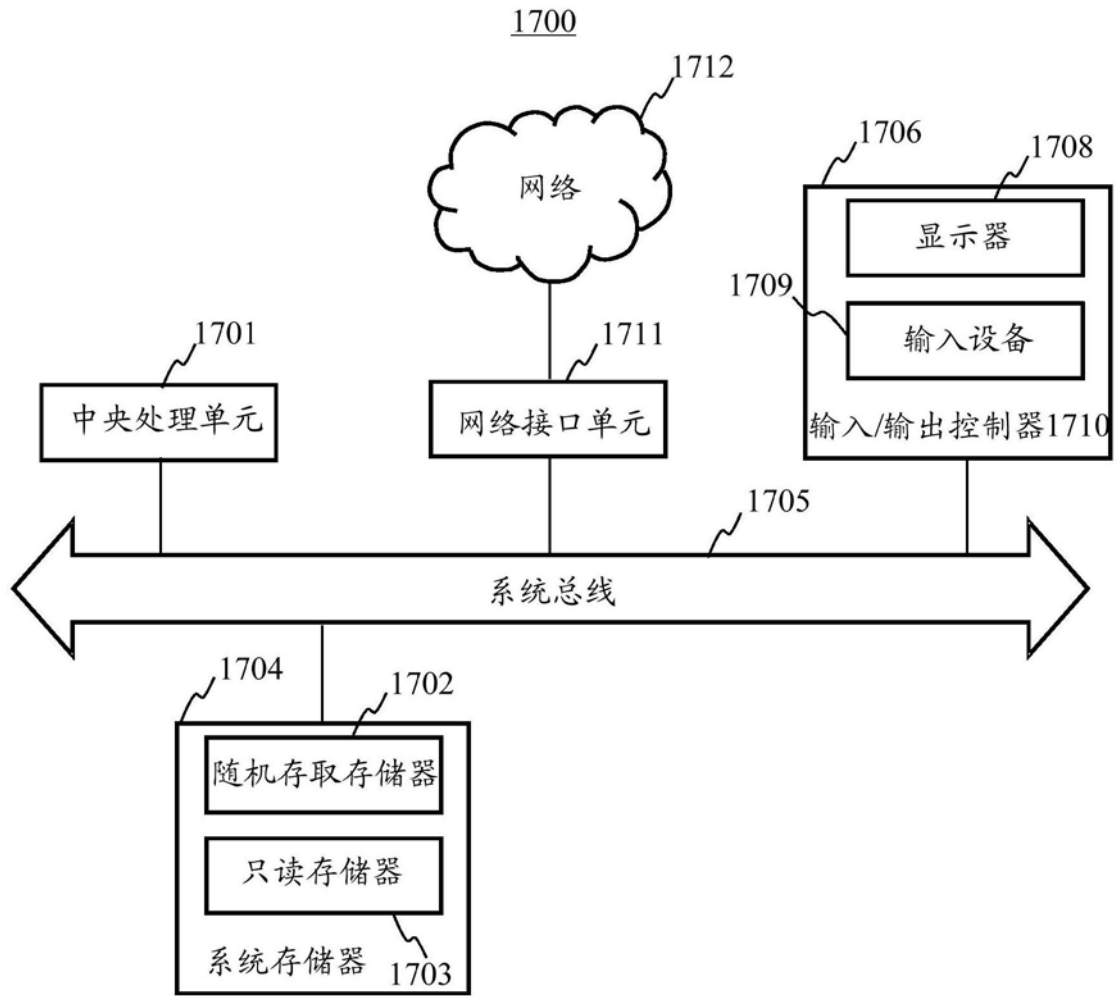


图14