

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2025 年 6 月 19 日 (19.06.2025)



(10) 国际公布号
WO 2025/123774 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01V 1/50 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2024/114513
- (22) 国际申请日: 2024 年 8 月 26 日 (26.08.2024)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202311726822.3 2023年12月14日 (14.12.2023) CN
- (71) 申请人: 中国石油天然气股份有限公司 (PETROCHINA COMPANY LIMITED) [CN/CN]; 中国北京市东城区东直门北大街9号 100007 (CN)。
- (72) 发明人: 邹强(ZOU, Qiang); 中国新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州库尔勒市石化大道66号 841000 (CN)。刘正文(LIU, Zhengwen); 中国新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州库尔勒市石化大道66号 841000 (CN)。赵锐锐(ZHAO, Ruirui); 中国新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州库尔勒市石化大道66号 841000 (CN)。

郑多明(ZHENG, Duoming); 中国新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州库尔勒市石化大道66号 841000 (CN)。段文胜(DUAN, Wensheng); 中国新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州库尔勒市石化大道66号 841000 (CN)。王兴军(WANG, Xingjun); 中国新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州库尔勒市石化大道66号 841000 (CN)。李亚林(LI, Yalin); 中国河北省保定市涿州市范阳西路189号 072751 (CN)。金德刚(JIN, Degang); 中国河北省保定市涿州市范阳西路189号 072751 (CN)。秦龙(QIN, Long); 中国新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州库尔勒市石化大道66号 841000 (CN)。周昌(ZHOU, Chang); 中国新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州库尔勒市石化大道66号 841000 (CN)。

(74) 代理人: 北京润平知识产权代理有限公司 (RUNPING & PARTNERS); 中国北京市海淀区北四环西路9号银谷大厦515室 100190 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,

(54) Title: STRATUM QUALITY FACTOR EXTRACTION METHOD AND APPARATUS, AND DEVICE AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 地层品质因子提取方法、装置、设备及存储介质

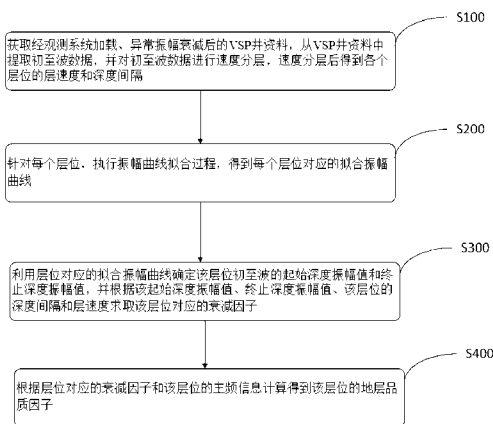


图 2

- S100 Acquire VSP well data, which is loaded by an observation system and is subjected to anomalous amplitude attenuation, extract first-arrival wave data from the VSP well data, perform velocity stratification on the first-arrival wave data, and after the velocity stratification, obtain the depth interval and horizon velocity of each horizon
- S200 For each horizon, execute an amplitude curve fitting process, so as to obtain a fitted amplitude curve corresponding to each horizon
- S300 Use the fitted amplitude curve corresponding to each horizon to determine the amplitude value at the start depth of first-arrival waves in the horizon, and the amplitude value at the end depth of the first-arrival waves in the horizon, and on the basis of the amplitude value at the start depth, the amplitude value at the end depth, and the depth interval and horizon velocity of the horizon, calculate an attenuation factor corresponding to the horizon
- S400 On the basis of the attenuation factor corresponding to the horizon and dominant-frequency information of the horizon, perform calculation to obtain a stratum quality factor of the horizon

(57) Abstract: The present invention belongs to the technical field of petroleum seismic exploration data processing. Provided are a stratum quality factor extraction method and apparatus, and a device and a storage medium. The method comprises: extracting first-arrival wave data from VSP well data, and performing velocity stratification on the first-arrival wave data; for each horizon, executing an amplitude curve fitting process, so as to obtain a fitted amplitude curve corresponding to each horizon; using the fitted amplitude curve corresponding to each horizon to determine the amplitude value at the start depth of first-arrival waves in the horizon, and the amplitude value at the end depth of the first-arrival waves in the horizon, and on the basis of the amplitude value at the start depth, the amplitude value at the end depth, and the depth interval and horizon velocity of the horizon, calculating an attenuation factor corresponding to the horizon; and on the basis of the attenuation factor corresponding to the horizon and dominant-frequency information of the horizon, performing calculation to obtain a stratum quality factor of the horizon. In the present invention, multi-point amplitude curve fitting of each horizon is integrated with formulas for accurately calculating an attenuation factor and a Q value, such that the Q-value is extracted at a high accuracy, high stability and high convenience.

BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本发明提供了一种地层品质因子提取方法、装置、设备及存储介质, 属于石油地震勘探资料处理技术领域。所述方法包括: 从VSP井资料中提取初至波数据, 并对初至波数据进行速度分层; 针对每个层位, 执行振幅曲线拟合过程, 得到每个层位对应的拟合振幅曲线; 利用每个层位对应的拟合振幅曲线确定该层位初至波的起始深度振幅值和终止深度振幅值, 并根据该起始深度振幅值、终止深度振幅值、该层位的深度间隔和层速度求取该层位对应的衰减因子; 根据层位对应的衰减因子和该层位的主频信息计算得到该层位的地层品质因子。本发明结合了各层位的多点振幅曲线拟合、衰减因子和Q值的精确计算公式, 实现了高准确度、高稳定性和高便捷性的Q值提取。

地层品质因子提取方法、装置、设备及存储介质

技术领域

本发明属于地震资料处理技术领域，具体地涉及一种地层品质因子提取方法、一种地层品质因子提取装置、一种设备及一种机器可读存储介质。

背景技术

地震波在地球介质中传播过程中，存在能量损失。能量损失主要有三种情况。第一种是球面扩散，就是地震波传播的距离越远，地震波的振幅就越弱，这种能量损失不因地震波的不同频率而改变，只与传播距离等因素有关，传播过程中不会导致地震波的频率降低。第二种是由于介质之间的摩擦，导致能量损失，这部分的损失与频率有关，即高频地震波衰减快，低频地震波衰减慢，形成地震波的主频随传播距离的增加而降低的情况。第三种是散射衰减，这部分的损失在强烈非均匀介质中非常明显，在层状介质为主的地球中，不是主要关注对象。在石油地震勘探资料处理领域，主要针对第二种损失，即吸收衰减。为了定量反映地震波在地层中传播过程中的衰减强弱，通常采用地层品质因子作为定量评价参数，在地球物理中，吸收衰减系数等于地层品质因子的倒数。在通常的地面地震勘探中，由于吸收衰减的影响，随着反射时间的增加（传播深度的增加），地震波主频逐渐降低，导致深层的地震波的分辨能力也逐渐降低，不利于识别深层的各种地质层位。在地震勘探资料处理解释过程中，常常通过两种方式来克服分辨率降低。一种是反褶积方式，另外一种吸收衰减补偿方式。吸收衰减补偿在地震勘探资料处理中是一个非常重要的环节，该环节中最重要的是如何获取准确的地层品质因子，即 Q 值，准确的 Q 值是吸收衰减补偿的基石。

针对地层品质因子 Q 值提取，通常有三种途径，第一种是岩石物理试验，第二种是通过地面地震资料来提取，第三种是通过 VSP（垂直地震剖面）井资料来提取。第一种方式较为昂贵且稀少（岩石取样少）。第二种方式因各种反射、多次反射，多层位反射信息重叠叠加，导致分析的精度较低，可靠性不够。第三种方式是当前地震勘探资料处理中最常见且最有效的方式。目前，基于 VSP 井资料的地层品质因子 Q 值提取方法常常采用峰值频移法、谱比法、频率重心移动法等。峰值频移法基于地震波随传播距离而增加地震波频率降低这一基本原理，此种方法存在以下不足：1) 峰值频率因初至波和其它波的混合难以准确确定；2)

峰值频率的轻微变化，会导致 Q 值出现较大、甚至巨大的变化；3) 峰值频移法进行 Q 值计算的基础公式是近似的，对强吸收衰减介质（即 Q 值低于 20 的）误差很大。谱比法基于地震波随传播距离增加而地震波的高频段频率会降低这一基本原理，在振幅谱上的比值近似线性函数，此种方法存在以下不足：1) 因初至波和其它波的混合，使得振幅谱随频率产生剧烈变化，因此需要较为干净的振幅谱；2) 线性函数的逼近，在很多情况下，凭使用者的经验，具有较大的随意性；3) 同峰值频移法的近似一样，对强吸收衰减介质（即 Q 值低于 20 的）误差很大。频率重心移动法基于地震波随传播距离增加而地震波的频谱的重心会出现向低频移动的特点，此种方法存在以下不足：1) 计算繁琐，复杂度高；2) 当地震数据含有随机噪声时，该方法受制于积分频带的选取，稳健性不足，选择不同的频带，估算的 Q 值往往差异很大；3) 该方法是在假设地震波的振幅谱或能量谱形态满足高斯型等前提下推导出来的，实际地震波振幅谱的形态与该假设存在一定的差异，因此该方法估算的 Q 值精度较低。图 1 为速度在 800m/s、频率为 40Hz 时采用峰值频移法、谱比法和频率重心移动法的 Q 值估算误差，在 Q 值低于 20 的情况下，上述 Q 值估算方法的误差较大，在极端情况下误差高达 50%~70%，而且出现了估算 Q 值低于最低极限 6.283 的情况。

基于上述各种算法的不足，对本领域技术人员而言，针对地层品质因子 Q 值的有效提取方法的研究实现很有必要。

发明内容

本发明实施例的目的是提供一种地层品质因子提取方法、装置、设备及存储介质，用以解决背景技术中所提出的基于 VSP 井资料的峰值频移法、谱比法和频率重心移动法等存在的一项或多项缺陷。

为了实现上述目的，本发明实施例的第一方面提供一种地层品质因子提取方法，所述方法包括：

从 VSP 井资料中提取初至波数据，并对初至波数据进行速度分层，速度分层后得到各个层位的层速度和深度间隔；

针对每个层位，执行振幅曲线拟合过程，得到每个层位对应的拟合振幅曲线；

利用层位对应的拟合振幅曲线确定该层位初至波的起始深度振幅值和终止深度振幅值，并根据该起始深度振幅值、终止深度振幅值、该层位的深度间隔和层速度求取该层位对应的衰减因子；

根据层位对应的衰减因子和该层位的主频信息计算得到该层位的地层品质

因子。

可选的，所述振幅曲线拟合过程具体为：

对在层位接收到的初至波数据进行时频变换，得到初至波数据中各个采集深度的振幅值，对初至波数据在频率域的主频单频、或主频附近窄带范围内的振幅值按照采集深度进行曲线拟合，得到该层位对应的拟合振幅曲线。

可选的，所述根据该起始深度振幅值、终止深度振幅值、该层位的深度间隔和层速度求取该层位对应的衰减因子时，采用如下公式进行计算：

$$\alpha = -\frac{v}{\Delta x} \ln \frac{\tilde{A}_i}{\tilde{A}_{i-1}};$$

其中， α 表示衰减因子， v 表示层速度， $\tilde{A}_i$ 表示终止深度振幅值， $\tilde{A}_{i-1}$ 表示起始深度振幅值， Δx 表示该层位的深度间隔。

可选的，所述根据层位对应的衰减因子和该层位的主频信息计算得到该层位的地层品质因子时，采用如下公式进行计算：

$$Q = 2\pi \frac{1}{1 - e^{-\alpha \frac{4\pi}{w}}};$$

其中， Q 表示地层品质因子， α 表示衰减因子， w 表示该层位的主频率。

可选的，所述对在层位接收到的初至波数据进行时频变换，得到初至波数据中各个采集深度的振幅值，对初至波数据在频率域的主频单频、或主频附近窄带范围内的振幅值按照采集深度进行曲线拟合，得到该层位对应的拟合振幅曲线，具体为：

选择在该层位接收到的初至波数据；

对该层位接收到的初至波数据进行傅里叶变换后得到该初至波数据在该层位内各个采集深度的频域表达；

针对每个采集深度，根据所述频域表达确定初至波数据在频率域的主频单频的振幅值、或主频附近窄带范围内各个振幅值的均值，并将主频单频的振幅值或该均值确定为该采集深度对应的主频振幅值，所述主频附近窄带范围为

$w_0 - \Delta w \sim w_0 + \Delta w$, w_0 表示该层位初至波数据的主频率, Δw 大于0;

对各个采集深度对应的主频振幅值按照采集深度进行曲线拟合, 得到拟合振幅曲线。

可选的, 对各个采集深度对应的主频振幅值按照采集深度进行对数坐标系下的曲线拟合。

可选的, 所述 Δw 的取值范围为2~5。

可选的, 所述从VSP井资料中提取初至波数据时, 按照第一预设规则进行初至波振幅拾取和切除, 所述第一预设规则具体为:

在从VSP井资料中拾取到初至波峰值振幅时间 t 后, 根据峰值振幅时间 t 向上移动, 移动时间点为第二个正负变化的时间点 t_1 ;

根据峰值振幅时间 t 向下移动, 移动时间点为第一个或第二个正负变化的时间点 t_2 ;

根据时间点 t_1 和时间点 t_2 设置过渡带, 过渡带间隔表示为 $taper$;

将 $t < t_1 - taper$ 和 $t > t_2 + taper$ 内的初至波的振幅设为0, $t_1 < t < t_2$ 内的初至波振幅保持不变, $t_1 - taper < t < t_1$ 内的初至波振幅乘以系数 k_1 , $t_2 < t < t_2 + taper$ 内的初至波振幅乘以系数 k_2 ;

其中, $k_1 = (t - t_1 + taper) / taper$; $k_2 = (t_2 - t + taper) / taper$ 。

本发明实施例的第二方面提供一种地层品质因子提取装置, 包括:

初至波提取模块, 用于从VSP井资料中提取初至波数据;

速度分层模块, 用于对从VSP井资料中提取到的初至波数据进行速度分层, 速度分层后得到每个层位的层速度和深度间隔;

振幅曲线拟合模块, 用于针对每个层位执行振幅曲线拟合过程, 得到每个层位对应的拟合振幅曲线;

衰减因子计算模块, 用于利用层位对应的拟合振幅曲线确定该层位初至波的起始深度振幅值和终止深度振幅值, 并根据该起始深度振幅值、终止深度振幅值、该层位的深度间隔和层速度求取该层位对应的衰减因子;

地层品质因子计算模块, 用于根据层位对应的衰减因子和该层位的主频信息计算得到该层位的地层品质因子。

本发明实施例的第三方面还提供一种设备, 所述设备包括存储器、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, 所述处理器执行

所述程序时实现如本发明实施例的第一方面所述的地层品质因子提取方法。

本发明实施例的第四方面还提供一种机器可读存储介质，其上存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现如本发明实施例的第一方面所述的地层品质因子提取方法。

可知的，地层品质因子 Q 值的物理定义为单频波传播一个波长的能量衰减比值（即：单位波长内的能量相对衰减量），背景技术中提到的传统谱比法、峰

值频移法和频率重心移动法为方便 Q 值计算常采用近似公式 $Q \approx \frac{\pi f}{\omega}$ ，此种近似公式在应对强吸收衰减介质的 Q 值估算时存在较大的误差，通过理论计算可知，其误差高达 50~70%，此外，如谱比法、峰值平移法等在进行 Q 值估算时，在近地表吸收衰减过程中会出现估算 Q 值低于最低极限 6.283 的情况，而且这种情况在近地表 Q 值估计时经常出现，然而本发明采用基于 Q 值物理定义的精确计算公式，在理论上误差为 0。与此同时，传统谱比法、峰值频移法和频率重心移动法大多采用每个层位逐点计算的方式，每个层位计算得到的 Q 值对数据源的变化非常敏感，从而导致所提取到的 Q 值不稳定，本发明在进行每个层位的 Q 值计算时，均采用多点拟合的技术构思进行振幅曲线的拟合，自动剔除了数据源中存在的大误差数据，此种基于回归统计的方式获得的 Q 值更为稳健；

综上所述，本发明将 VSP 井资料作为地层品质因子提取的数据源，提取时结合了精确的 Q 值计算公式和回归统计方法，实现了高精度、高稳定性和高便捷性的 Q 值提取。

本发明实施例的其它特征和优点将在随后的具体实施方式部分予以详细说明。

附图说明

附图是用来提供对本发明实施例的进一步理解，并且构成说明书的一部分，与下面的具体实施方式一起用于解释本发明实施例，但并不构成对本发明实施例的限制。在附图中：

图 1 为背景技术中提出的常规 Q 值提取方法采用近似公式进行 Q 值估算所产生的误差示意图；

图 2 为实施例实现的地层品质因子提取方法的一种示意性流程图；

图 3 为未进行杂波切除的初至波提取结果图；

图 4 为杂波切除不精细时的初至波提取结果图；

图 5 为基于第一预设规则进行精细切除时的初至波提取结果图；

图 6 为速度分层的一种示意图；

图 7 为振幅曲线拟合的结果示意图；

图 8 为实施例所得到的地层品质因子与采用峰值频移法所得到的地层品质因子对比图。

具体实施方式

以下结合附图对本发明实施例的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是，此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本发明实施例，并不用于限制本发明实施例。

参阅图 2，本发明实施例一方面提出了一种地层品质因子提取方法，具体包括下述实施步骤：

S100.获取经观测系统加载、异常振幅衰减、三分量方位旋转后的 VSP 井资料，从 VSP 井资料的 P 分量数据中提取初至波数据，并对初至波数据进行速度分层，速度分层后得到各个层位的层速度和深度间隔。每个层位的深度间隔是指该层位终止深度和起始深度之间的差值。

其中，结合图 6 所示，对初至波数据进行速度分层，可采用普通实施例中的已知速度分层模型或算法模块进行，例如：

S01.根据初至波数据计算层速度，计算公式如式一所示：

$$V=(\text{Depth}(i)-\text{Depth}(i-1))/(\text{t}(i)-\text{t}(i-1)) \quad (\text{式一}) ;$$

其中， $\text{Depth}(i)$ 表示采集深度 i ， $\text{Depth}(i-1)$ 表示采集深度 $i-1$ ， $\text{t}(i)$ 表示采集深度 i 处获取到初至波数据的时间， $\text{t}(i-1)$ 表示采集深度 $i-1$ 处获取到初至波数据的时间。

S02.对计算出的层速度进行平滑处理。

S03.根据平滑处理后的层速度进行分层，分层后得到各个层位的深度间隔。分层时可采用例如交互操作或利用层内差异、有序聚类、极值方差聚类等方法进行分层的自动计算，本实施例对该部分内容不进行详细描述。

此外，从 VSP 井资料的 P 分量数据中提取初至波数据时，对初至波的截取和滤波可采用普通实施例中的初至波预处理方法进行。

示例性地，在一个具体实施例中，对普通实施例中的初至波预处理方法进行

行了如下改进，具体为：

S100.获取经观测系统加载、异常振幅衰减、三分量方位旋转后的 VSP 井资料，从 VSP 井资料的 P 分量数据中提取初至波数据，并对初至波数据进行速度分层，速度分层后得到各个层位的层速度和深度间隔；

其中，从 VSP 井资料的 P 分量数据中提取初至波数据时，按照第一预设规则进行初至波振幅拾取和切除，第一预设规则为一种精细化的初至波波形截取和滤波规则。具体的，第一预设规则具体是指：

在从 VSP 井资料中拾取到初至波峰值振幅时间 t 后，根据峰值振幅时间 t 向上移动，移动时间点为第二个正负变化的时间点 t_1 ；

根据峰值振幅时间 t 向下移动，移动时间点为第一个或第二个正负变化的时间点 t_2 ；

根据时间点 t_1 和时间点 t_2 设置过渡带，过渡带间隔表示为 $taper$ ；

将 $t < t_1 - taper$ 和 $t > t_2 + taper$ 内的初至波的振幅设为 0， $t_1 < t < t_2$ 内的初至波振幅保持不变， $t_1 - taper < t < t_1$ 内的初至波振幅乘以系数 k_1 ， $t_2 < t < t_2 + taper$ 内的初至波振幅乘以系数 k_2 ；

其中， $k_1 = (t - t_1 + taper) / taper$ ； $k_2 = (t_2 - t + taper) / taper$ 。

优选地，上述 $taper$ 的取值可以预设为 5 或 10。

图 3~5 依次示出了未进行杂波切除的初至波提取结果图、杂波切除不精细得到的初至波提取结果图以及基于上述第一预设规则进行精细切除得到的初至波提取结果图，相比现有技术未进行杂波切除或杂波切除不精细而言，按照第一预设规则进行初至波的拾取和切除，滤除了初至波数据中的杂波干扰，有效地支撑了后续地层品质因子的提取精度。

S200.针对每个层位，执行振幅曲线拟合过程，得到每个层位对应的拟合振幅曲线。

其中，振幅曲线拟合过程具体为：

S201.对在层位接收到的初至波数据进行时频变换，得到初至波数据中各个采集深度的振幅值，对初至波数据在频率域的主频单频、或主频附近窄带范围内的振幅值按照采集深度进行曲线拟合，得到该层位对应的拟合振幅曲线。

示例性地，在一个实施例中，S201 具体包括如下子步骤：

S001.选择在该层位接收到的初至波数据。

S002.对该层位接收到的初至波数据进行傅里叶变换后得到该初至波数据在该层位内各个采集深度的频域表达。

$$F(x_i, w) = \int_0^{T \max} f(x, t) e^{-j\omega t} dt$$

其中，傅里叶变换的表达式为

$f(x, t)$ 表示该层位接收到的初至波数据， $T \max$ 表示该层位内各个采集深度 x_i 接收到初至波的最大时间间隔， w 表示频率， $F(x_i, w)$ 表示 $f(x, t)$ 的频域表达；

S003. 针对每个采集深度，根据上述频域表达确定初至波数据在频率域的主频单频的振幅值、或主频附近窄带范围内各个振幅值的均值，并将主频单频的振幅值或该均值确定为该采集深度对应的主频振幅值，主频附近窄带范围为

$w_0 - \Delta w \sim w_0 + \Delta w$ ， w_0 表示该层位初至波数据的主频率， Δw 大于 0。

其中，主频附近窄带范围内的各个振幅值表示为 $A(x_i, w_j) = |F(x_i, w_j)|$ ， $j = 1, 2, \dots, n$ ， w_j 表示主频附近窄带范围内的一个确定频率， n 表示确定频率的个数。

S004. 对各个采集深度对应的主频振幅值按照采集深度进行曲线拟合，得到拟合振幅曲线。拟合振幅曲线为基于例如最小二乘法所获取的最小误差曲线，可

表示为 $\tilde{A}(x, w_0) = \text{fitness}(A(x_i, w_0))$ ， fitness 表示拟合曲线函数，即各个采集深度对应的主频振幅值与采集深度之间的关系曲线。

在受频率偏移等影响下，若直接选取主频单频的振幅值进行振幅曲线拟合，会导致拟合振幅曲线不准确的问题，通过选取以层位初至波数据的主频率为中心的有效频带（主频附近窄带），进行有效频带内振幅值的均值计算较好地克服了上述问题，从而提升了拟合振幅曲线的准确度，其中 Δw 的取值可根据具体应用场景进行经验取值，例如 Δw 的取值范围优选为 2~5， Δw 可以取值 2 或 5。

示例性地，在一个实施例中：

S004. 对各个采集深度对应的主频振幅值按照采集深度进行曲线拟合，得到拟合振幅曲线；

其中，对各个采集深度对应的主频振幅值按照采集深度进行对数坐标系下的曲线拟合。如图 7 所示，基于各个采集深度对应的主频振幅值随着采集深度呈指数衰减的特征，在对数坐标系下振幅值和采集深度具有十分明显的线性特征，

通过对数坐标系下的拟合,较好的消除了振幅异常点,提升了振幅曲线拟合的精度。

S300.利用层位对应的拟合振幅曲线确定该层位初至波的起始深度振幅值和终止深度振幅值,并根据该起始深度振幅值、终止深度振幅值、该层位的深度间隔和层速度求取该层位对应的衰减因子。

示例性地,在一个实施例中,根据该起始深度振幅值、终止深度振幅值、该层位的深度间隔和层速度求取该层位对应的衰减因子时,采用式二进行计算:

$$\alpha = -\frac{v}{\Delta x} \ln \frac{\tilde{A}_i}{\tilde{A}_{i-1}} \quad (\text{式二});$$

其中, α 表示衰减因子, v 表示层速度, $\tilde{A}_i$ 表示终止深度振幅值, $\tilde{A}_{i-1}$ 表示起始深度振幅值, Δx 表示该层位的深度间隔。

S400.根据层位对应的衰减因子和该层位的主频信息计算得到该层位的地层品质因子。

示例性地,在一个实施例中,根据层位对应的衰减因子和该层位的主频信息计算得到该层位的地层品质因子时,采用式三进行计算:

$$Q = 2\pi \frac{1}{1 - e^{-\alpha \frac{4\pi}{w}}} \quad (\text{式三});$$

其中, Q 表示地层品质因子, α 表示衰减因子, w 表示该层位的主频率。

基于地层品质因子 Q 值的物理定义,地层品质因子 Q 值的计算公式为

$$Q = 2\pi \frac{E}{\Delta E} \quad (\text{式四});$$

式四可等价:

$$Q = 2\pi \frac{1}{1 - e^{-2\alpha\lambda}} \quad (\text{式五});$$

式五可等价:

$$Q = 2\pi \frac{1}{1 - e^{-\alpha \frac{4\pi}{w}}} \quad (\text{式三});$$

基于拟合振幅曲线，衰减因子的计算公式为：

$$\alpha = -\frac{v}{\Delta x} \ln \frac{\tilde{A}_i}{\tilde{A}_{i-1}} \quad (\text{式二})。$$

通过结合拟合振幅曲线、式二和式三所提取得到的地层品质因子，为一种基于 Q 值物理定义的精确计算方式，相比背景技术中传统提取方法采用的近似公式而言，达到理论上的 0 误差。

结合图 8 所示，AmpFit 曲线为采用本实施例所实现的地层品质因子提取方法所得到的 Q 值示意，PeakFreFit 曲线为采用背景技术中的传统峰值频移法所得到的 Q 值示意，对比可知，AmpFit 曲线更加稳健。

本发明另一方面还提供一种地层品质因子提取装置，具体包括初至波提取模块、速度分层模块、振幅曲线拟合模块、衰减因子计算模块和地层品质因子计算模块，速度分层模块分别与初至波提取模块和振幅曲线拟合模块连接，衰减因子计算模块分别与振幅曲线拟合模块和地层品质因子计算模块连接。

具体的，初至波提取模块用于获取经观测系统加载、异常振幅衰减、三分量方位旋转后的 VSP 井资料，从 VSP 井资料的 P 分量数据中提取初至波数据。速度分层模块用于对从 VSP 井资料中提取到的初至波数据进行速度分层，速度分层后得到每个层位的层速度和深度间隔。振幅曲线拟合模块用于针对每个层位执行振幅曲线拟合过程，得到每个层位对应的拟合振幅曲线。衰减因子计算模块用于利用层位对应的拟合振幅曲线确定该层位初至波的起始深度振幅值和终止深度振幅值，并根据该起始深度振幅值、终止深度振幅值、该层位的深度间隔和层速度求取该层位对应的衰减因子。地层品质因子计算模块用于根据层位对应的衰减因子和该层位的主频信息计算得到该层位的地层品质因子。

优选地，振幅曲线拟合过程具体为：对在层位接收到的初至波数据进行时频变换，得到初至波数据中各个采集深度的振幅值，对初至波数据在频率域的主频单频、或主频附近窄带范围内的振幅值按照采集深度进行曲线拟合，得到该层位对应的拟合振幅曲线。

优选地，衰减因子计算模块根据该起始深度振幅值、终止深度振幅值、该

层位的深度间隔和层速度求取该层位对应的衰减因子时,采用如下公式进行计算:

$$\alpha = -\frac{v}{\Delta x} \ln \frac{\tilde{A}_i}{\tilde{A}_{i-1}}, \text{ 其中, } \alpha \text{ 表示衰减因子, } v \text{ 表示层速度, } \tilde{A}_i \text{ 表示终止深度振幅值, } \tilde{A}_{i-1} \text{ 表示起始深度振幅值, } \Delta x \text{ 表示该层位的深度间隔。}$$

优选地,地层品质因子计算模块根据层位对应的衰减因子和该层位的主频信息计算得到该层位的地层品质因子时,采用如下公式进行计算:

$$Q = 2\pi \frac{1}{1 - e^{-\alpha \frac{4\pi}{w}}}; \text{ 其中, } Q \text{ 表示地层品质因子, } \alpha \text{ 表示衰减因子, } w \text{ 表示该层位的主频率。}$$

优选地,振幅曲线拟合模块执行振幅曲线拟合过程时,对在层位接收到的初至波数据进行时频变换,得到初至波数据中各个采集深度的振幅值,对初至波数据在频率域的主频单频、或主频附近窄带范围内的振幅值按照采集深度进行曲线拟合,得到该层位对应的拟合振幅曲线,具体过程为:

选择在该层位接收到的初至波数据;

对该层位接收到的初至波数据进行傅里叶变换后得到该初至波数据在该层位内各个采集深度的频域表达;

针对每个采集深度,根据频域表达确定初至波数据在频率域的主频单频的振幅值、或主频附近窄带范围内各个振幅值的均值,并将主频单频的振幅值或该均值确定为该采集深度对应的主频振幅值,主频附近窄带范围为

$$w_0 - \Delta w \sim w_0 + \Delta w, \quad w_0 \text{ 表示该层位初至波数据的主频率, } \Delta w \text{ 大于 } 0;$$

对各个采集深度对应的主频振幅值按照采集深度进行曲线拟合,得到拟合振幅曲线。

优选地,振幅曲线拟合模块执行振幅曲线拟合过程时,对各个采集深度对应的主频振幅值按照采集深度进行对数坐标系下的曲线拟合。

优选地, Δw 的取值范围为 2~5。

优选地,初至波提取模块从 VSP 井资料中提取初至波数据时,按照第一预设规则进行初至波振幅拾取和切除,第一预设规则具体为:

在从 VSP 井资料中拾取到初至波峰值振幅时间 t 后，根据峰值振幅时间 t 向上移动，移动时间点为第二个正负变化的时间点 t_1 ；

根据峰值振幅时间 t 向下移动，移动时间点为第一个或第二个正负变化的时间点 t_2 ；

根据时间点 t_1 和时间点 t_2 设置过渡带，过渡带间隔表示为 $taper$ ；

将 $t < t_1 - taper$ 和 $t > t_2 + taper$ 内的初至波的振幅设为 0， $t_1 < t < t_2$ 内的初至波振幅保持不变， $t_1 - taper < t < t_1$ 内的初至波振幅乘以系数 k_1 ， $t_2 < t < t_2 + taper$ 内的初至波振幅乘以系数 k_2 ，其中， $k_1 = (t - t_1 + taper) / taper$ ； $k_2 = (t_2 - t + taper) / taper$ 。

又一方面，本发明还提供一种设备，具体包括存储器、处理器及存储在该存储器上并可在该处理器上运行的计算机程序，处理器执行上述计算机程序时可实现上述实施例中提及的地层品质因子提取方法。

又一方面，本发明还提供一种机器可读存储介质，其上存储有计算机程序，计算机程序被处理器执行时可实现上述实施例中提及的地层品质因子提取方法。

最后应说明的是：以上实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

权利要求书

1、一种地层品质因子提取方法，其特征在于，包括：

从 VSP 井资料中提取初至波数据，并对初至波数据进行速度分层，速度分层后得到各个层位的层速度和深度间隔；

针对每个层位，执行振幅曲线拟合过程，得到每个层位对应的拟合振幅曲线；

利用层位对应的拟合振幅曲线确定该层位初至波的起始深度振幅值和终止深度振幅值，并根据该起始深度振幅值、终止深度振幅值、该层位的深度间隔和层速度求取该层位对应的衰减因子；

根据层位对应的衰减因子和该层位的主频信息计算得到该层位的地层品质因子。

2、根据权利要求 1 所述的地层品质因子提取方法，其特征在于，所述振幅曲线拟合过程具体为：

对在层位接收到的初至波数据进行时频变换，得到初至波数据中各个采集深度的振幅值，对初至波数据在频率域的主频单频、或主频附近窄带范围内的振幅值按照采集深度进行曲线拟合，得到该层位对应的拟合振幅曲线。

3、根据权利要求 1 所述的地层品质因子提取方法，其特征在于，所述根据该起始深度振幅值、终止深度振幅值、该层位的深度间隔和层速度求取该层位对应的衰减因子时，采用如下公式进行计算：

$$\alpha = -\frac{v}{\Delta x} \ln \frac{\tilde{A}_i}{\tilde{A}_{i-1}};$$

其中， α 表示衰减因子， v 表示层速度， $\tilde{A}_i$ 表示终止深度振幅值， $\tilde{A}_{i-1}$ 表示起始深度振幅值， Δx 表示该层位的深度间隔。

4、根据权利要求 1 所述的地层品质因子提取方法，其特征在于，所述根据层位对应的衰减因子和该层位的主频信息计算得到该层位的地层品质因子时，采用如下公式进行计算：

$$Q = 2\pi \frac{1}{1 - e^{-\alpha \frac{4\pi}{w}}};$$

其中, Q 表示地层品质因子, α 表示衰减因子, w 表示该层位的主频率。

5、根据权利要求 2 所述的地层品质因子提取方法, 其特征在于, 所述对在层位接收到的初至波数据进行时频变换, 得到初至波数据中各个采集深度的振幅值, 对初至波数据在频率域的主频单频、或主频附近窄带范围内的振幅值按照采集深度进行曲线拟合, 得到该层位对应的拟合振幅曲线, 具体为:

选择在该层位接收到的初至波数据;

对该层位接收到的初至波数据进行傅里叶变换后得到该初至波数据在该层位内各个采集深度的频域表达;

针对每个采集深度, 根据所述频域表达确定初至波数据在频率域的主频单频的振幅值、或主频附近窄带范围内各个振幅值的均值, 并将主频单频的振幅值或该均值确定为该采集深度对应的主频振幅值, 所述主频附近窄带范围为 $w_0 - \Delta w \sim w_0 + \Delta w$, w_0 表示该层位初至波数据的主频率, Δw 大于 0;

对各个采集深度对应的主频振幅值按照采集深度进行曲线拟合, 得到拟合振幅曲线。

6、根据权利要求 5 所述的地层品质因子提取方法, 其特征在于, 对各个采集深度对应的主频振幅值按照采集深度进行对数坐标系下的曲线拟合。

7、根据权利要求 5 所述的地层品质因子提取方法, 其特征在于, 所述 Δw 的取值范围为 2~5。

8、根据权利要求 1 所述的地层品质因子提取方法, 其特征在于, 所述从 VSP 井资料中提取初至波数据时, 按照第一预设规则进行初至波振幅拾取和切除, 所述第一预设规则具体为:

在从 VSP 井资料中拾取到初至波峰值振幅时间 t 后, 根据峰值振幅时间 t

向上移动，移动时间点为第二个正负变化的时间点 t_1 ；

根据峰值振幅时间 t 向下移动，移动时间点为第一个或第二个正负变化的时间点 t_2 ；

根据时间点 t_1 和时间点 t_2 设置过渡带，过渡带间隔表示为 $taper$ ；

将 $t < t_1 - taper$ 和 $t > t_2 + taper$ 内的初至波的振幅设为 0， $t_1 < t < t_2$ 内的初至波振幅保持不变， $t_1 - taper < t < t_1$ 内的初至波振幅乘以系数 k_1 ， $t_2 < t < t_2 + taper$ 内的初至波振幅乘以系数 k_2 ；

其中， $k_1 = (t - t_1 + taper) / taper$ ； $k_2 = (t_2 - t + taper) / taper$ 。

9、一种地层品质因子提取装置，其特征在于，包括：

初至波提取模块，用于从 VSP 井资料中提取初至波数据；

速度分层模块，用于对从 VSP 井资料中提取到的初至波数据进行速度分层，速度分层后得到每个层位的层速度和深度间隔；

振幅曲线拟合模块，用于针对每个层位执行振幅曲线拟合过程，得到每个层位对应的拟合振幅曲线；

衰减因子计算模块，用于利用层位对应的拟合振幅曲线确定该层位初至波的起始深度振幅值和终止深度振幅值，并根据该起始深度振幅值、终止深度振幅值、该层位的深度间隔和层速度求取该层位对应的衰减因子；

地层品质因子计算模块，用于根据层位对应的衰减因子和该层位的主频信息计算得到该层位的地层品质因子。

10、根据权利要求 9 所述的地层品质因子提取装置，其特征在于，所述振幅曲线拟合过程具体为：

对在层位接收到的初至波数据进行时频变换，得到初至波数据中各个采集深度的振幅值，对初至波数据在频率域的主频单频、或主频附近窄带范围内的振幅值按照采集深度进行曲线拟合，得到该层位对应的拟合振幅曲线。

11、根据权利要求 9 所述的地层品质因子提取装置，其特征在于，所述衰减因子计算模块根据该起始深度振幅值、终止深度振幅值、该层位的深度间隔和层速度求取该层位对应的衰减因子时，采用如下公式进行计算：

$$\alpha = -\frac{v}{\Delta x} \ln \frac{\tilde{A}_i}{\tilde{A}_{i-1}};$$

其中, α 表示衰减因子, V 表示层速度, $\tilde{A}_i$ 表示终止深度振幅值, $\tilde{A}_{i-1}$ 表示起始深度振幅值, ΔX 表示该层位的深度间隔。

12、根据权利要求 9 所述的地层品质因子提取装置, 其特征在于, 所述地层品质因子计算模块根据层位对应的衰减因子和该层位的主频信息计算得到该层位的地层品质因子时, 采用如下公式进行计算:

$$Q = 2\pi \frac{1}{1 - e^{-\alpha \frac{4\pi}{w}}};$$

其中, Q 表示地层品质因子, α 表示衰减因子, w 表示该层位的主频率。

13、根据权利要求 10 所述的地层品质因子提取装置, 其特征在于, 所述振幅曲线拟合模块执行振幅曲线拟合过程时, 对在层位接收到的初至波数据进行时频变换, 得到初至波数据中各个采集深度的振幅值, 对初至波数据在频率域的主频单频、或主频附近窄带范围内的振幅值按照采集深度进行曲线拟合, 得到该层位对应的拟合振幅曲线, 具体过程为:

选择在该层位接收到的初至波数据;

对该层位接收到的初至波数据进行傅里叶变换后得到该初至波数据在该层位内各个采集深度的频域表达;

针对每个采集深度, 根据所述频域表达确定初至波数据在频率域的主频单频的振幅值、或主频附近窄带范围内各个振幅值的均值, 并将主频单频的振幅值或该均值确定为该采集深度对应的主频振幅值, 所述主频附近窄带范围为 $w_0 - \Delta w \sim w_0 + \Delta w$, w_0 表示该层位初至波数据的主频率, Δw 大于 0;

对各个采集深度对应的主频振幅值按照采集深度进行曲线拟合, 得到拟合振幅曲线。

14、根据权利要求 13 所述的地层品质因子提取装置, 其特征在于, 所述振幅曲线拟合模块执行振幅曲线拟合过程时, 对各个采集深度对应的主频振幅值按照采集深度进行对数坐标系下的曲线拟合。

15、根据权利要求 13 所述的地层品质因子提取装置，其特征在于，所述 Δw 的取值范围为 2~5。

16、根据权利要求 9 所述的地层品质因子提取装置，其特征在于，所述初至波提取模块从 VSP 井资料中提取初至波数据时，按照第一预设规则进行初至波振幅拾取和切除，所述第一预设规则具体为：

在从 VSP 井资料中拾取到初至波峰值振幅时间 t 后，根据峰值振幅时间 t 向上移动，移动时间点为第二个正负变化的时间点 t_1 ；

根据峰值振幅时间 t 向下移动，移动时间点为第一个或第二个正负变化的时间点 t_2 ；

根据时间点 t_1 和时间点 t_2 设置过渡带，过渡带间隔表示为 $taper$ ；

将 $t < t_1 - taper$ 和 $t > t_2 + taper$ 内的初至波的振幅设为 0， $t_1 < t < t_2$ 内的初至波振幅保持不变， $t_1 - taper < t < t_1$ 内的初至波振幅乘以系数 k_1 ， $t_2 < t < t_2 + taper$ 内的初至波振幅乘以系数 k_2 ；

其中， $k_1 = (t - t_1 + taper) / taper$ ； $k_2 = (t_2 - t + taper) / taper$ 。

17、一种设备，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，其特征在于，所述处理器执行所述程序时实现如权利要求 1 至 8 中任一项所述的地层品质因子提取方法。

18.一种机器可读存储介质，其上存储有计算机程序，其特征在于，所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求 1 至 8 中任一项所述的地层品质因子提取方法。

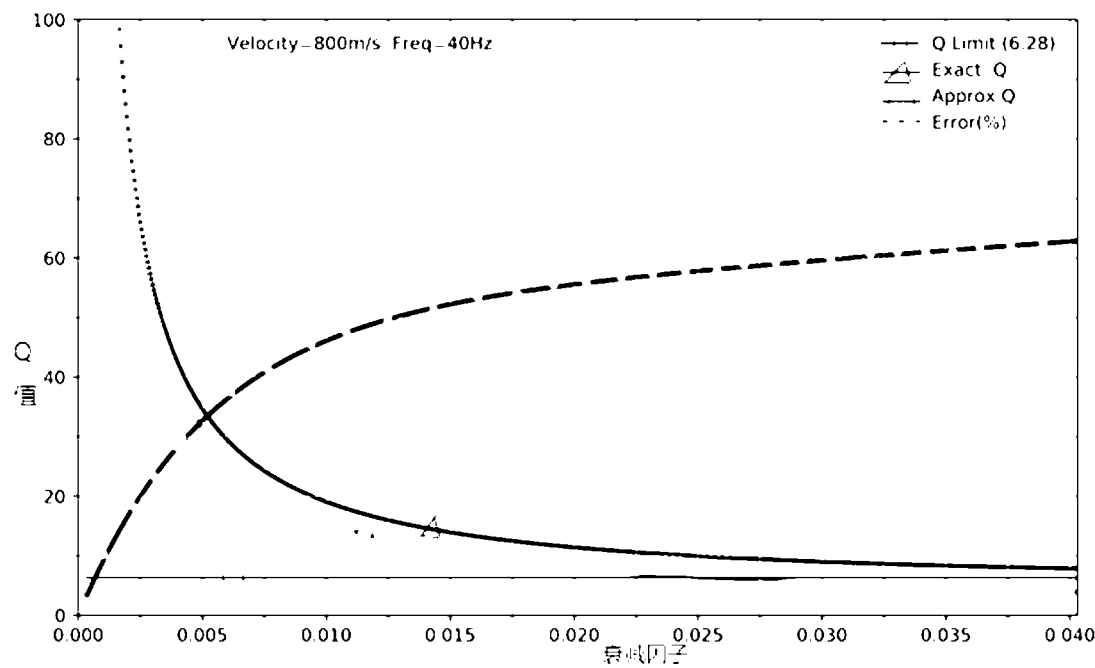


图 1

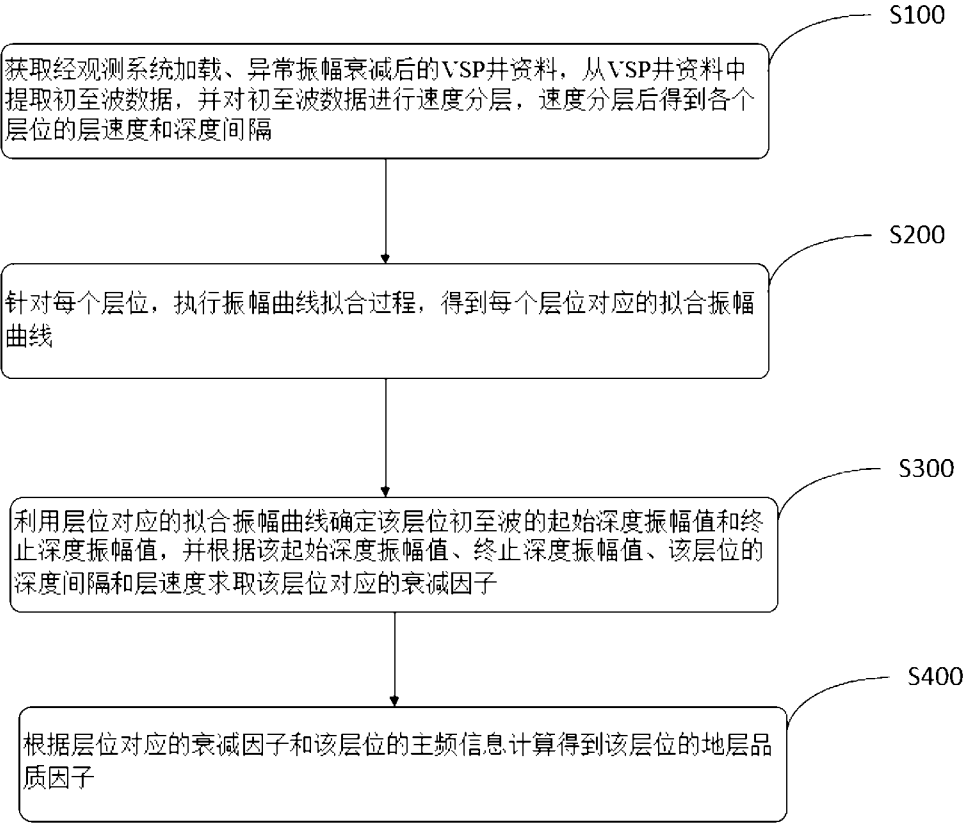


图 2

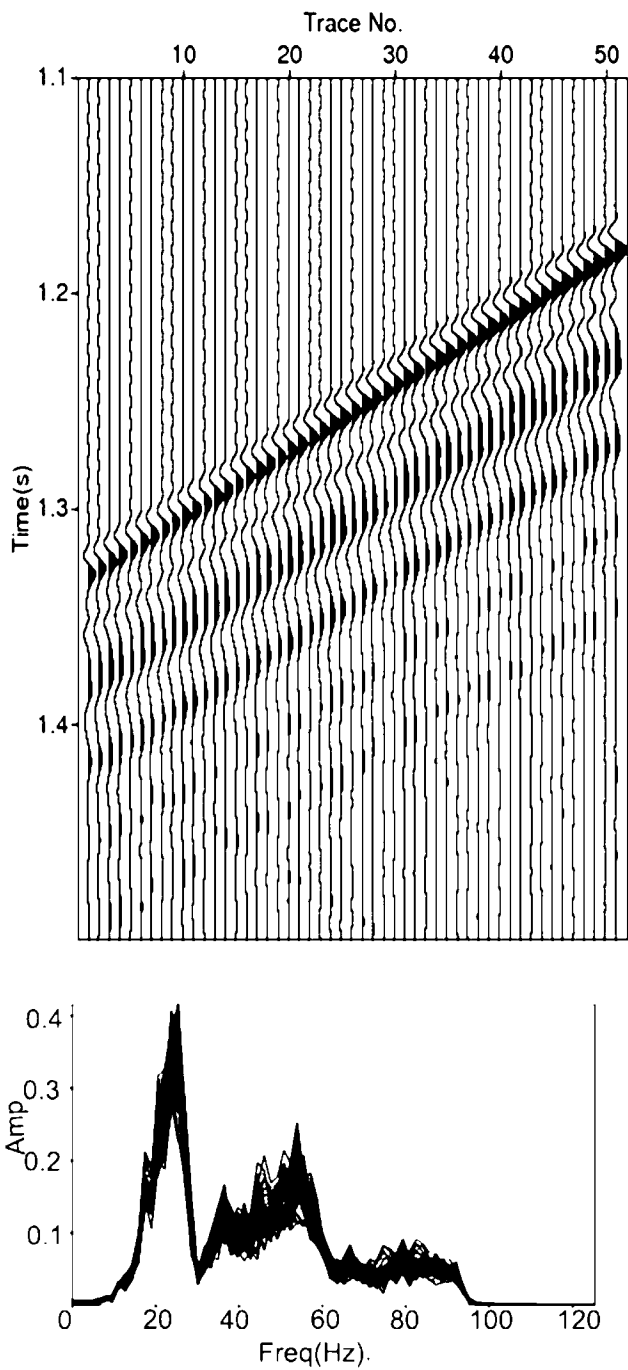


图 3

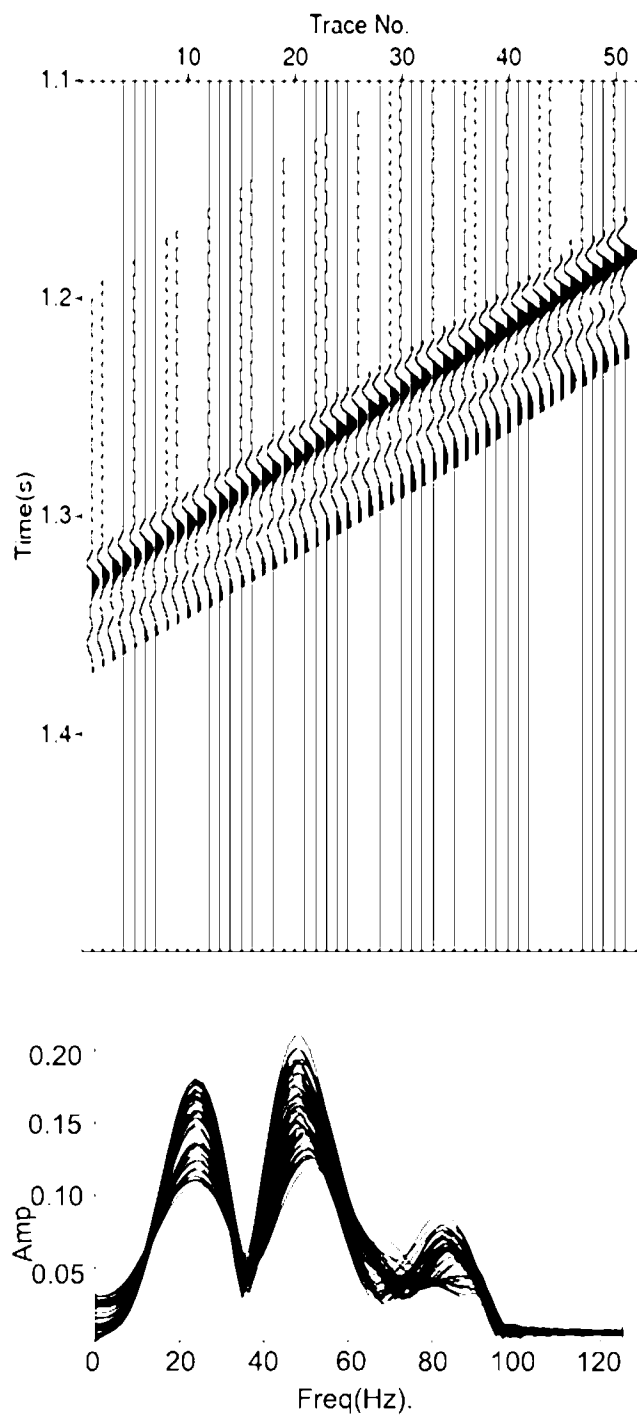


图 4

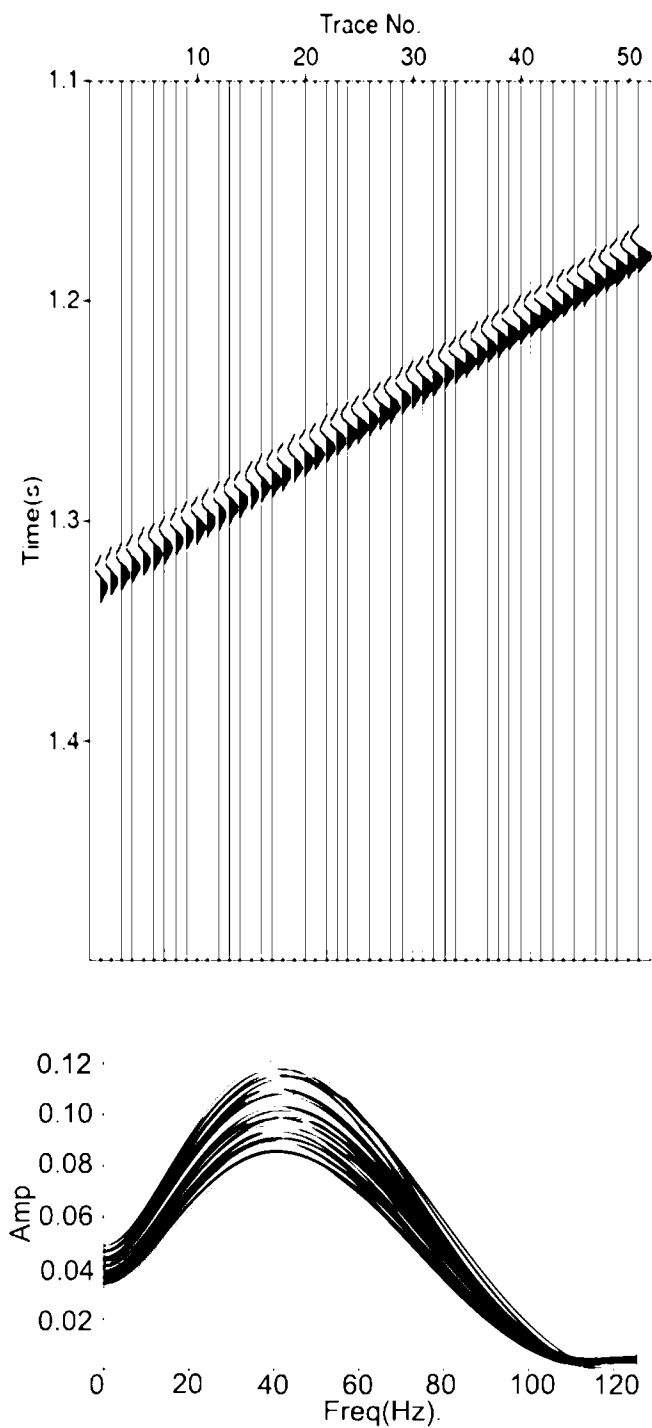


图 5

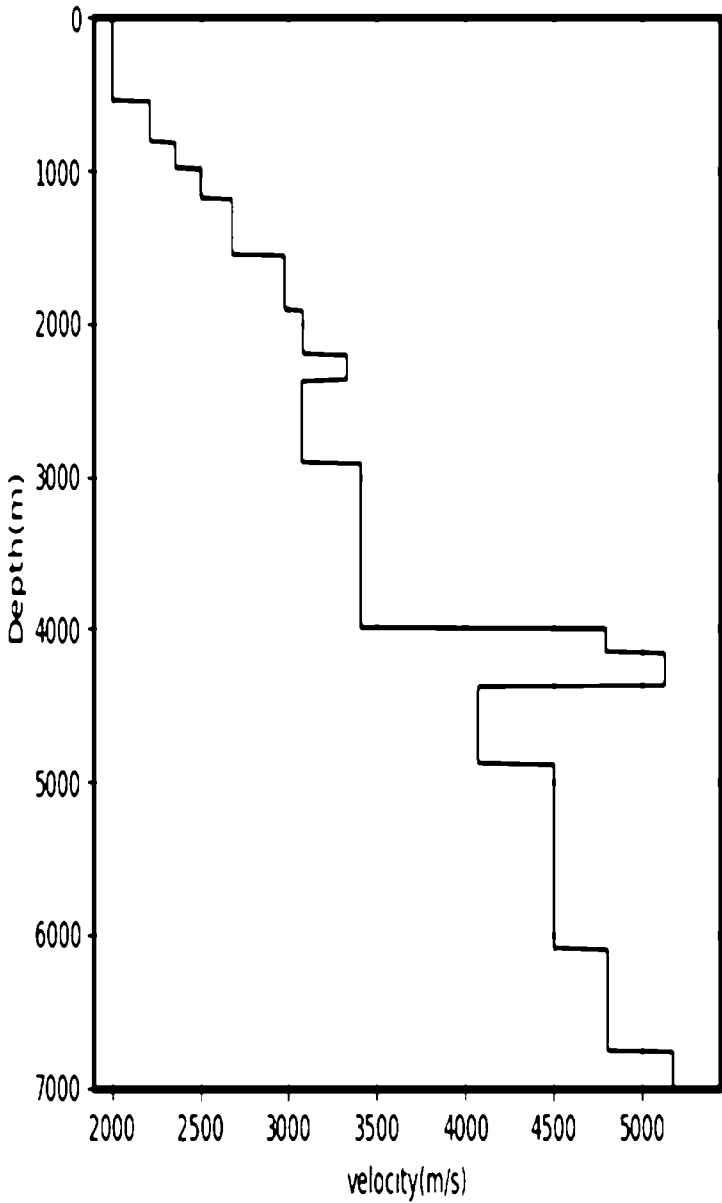


图 6

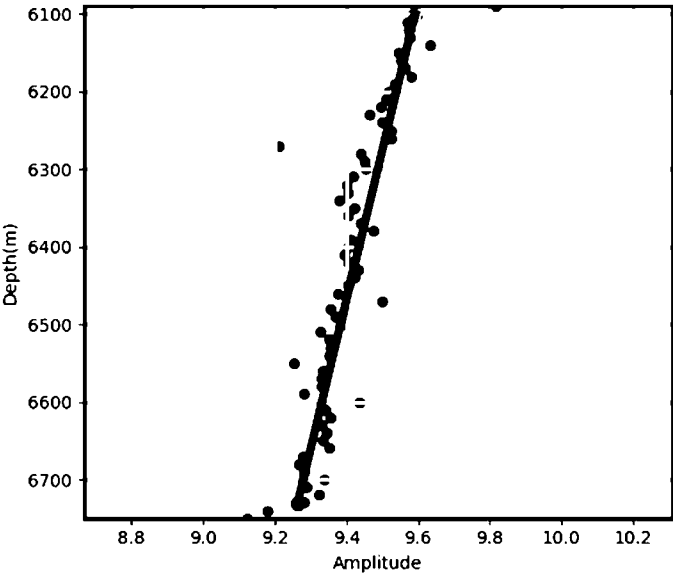


图 7

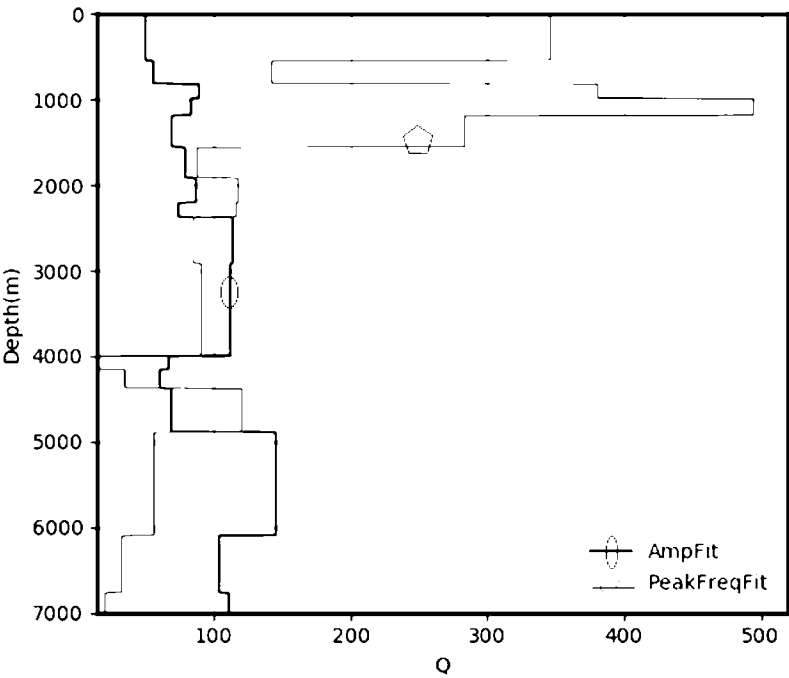


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/114513

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01V 1/50(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC:G01V

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNXTX, ENTXTX, CNKI, web of science: 中国石油天然气, 邹强, 刘正文, 赵锐锐, 郑多明, 段文胜, 品质因子, 质量因子, 初至波, 衰减因子, 层速度, 振幅, 主频, 垂直地震剖面, 深度, 曲线拟合, VSP, vertical seismic profile, quality factor, Q, frequency, attenuation, amplitude, spectrum, depth, arrival wave, seismic

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 109765615 A (CHINA NATIONAL PETROLEUM CORP.) 17 May 2019 (2019-05-17) claims 1-10, and description, paragraph [0041] to paragraph [0088]	1-18
A	CN 110568491 A (CHINA PETROLEUM & CHEMICAL CORP. et al.) 13 December 2019 (2019-12-13) entire document	1-18
A	CN 112526611 A (CHINA NATIONAL PETROLEUM CORP. et al.) 19 March 2021 (2021-03-19) entire document	1-18
A	US 2022334283 A1 (SAUDI ARABIAN OIL COMPANY) 20 October 2022 (2022-10-20) entire document	1-18
A	曹立斌 等 (CAO, Libin et al.). "利用VSP资料分析地层衰减特性 (Analysis on Formation Attenuation Character by VSP Data)" 天然气工业 (Natural Gas Industry), Vol. 28, No. 5, 25 May 2008 (2008-05-25), ISSN: 1000-0976, pages 47-49	1-18



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 November 2024

Date of mailing of the international search report

27 November 2024

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 107272060 A (CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM (EAST CHINA)) 20 October 2017 (2017-10-20) entire document	1-18
A	CN 107300718 A (CHINA NATIONAL PETROLEUM CORP.) 27 October 2017 (2017-10-27) entire document	1-18
A	CN 112764095 A (CHINA PETROLEUM & CHEMICAL CORP. et al.) 07 May 2021 (2021-05-07) entire document	1-18
A	蒋立 等 (JIANG, Li et al.). "基于连续小波的地层品质因子计算方法 (Calculation Method of Formation Quality Factor Based on Continuous Wavelet)" 新疆石油地质 (Xinjiang Petroleum Geology), Vol. 39, No. 6, 31 December 2018 (2018-12-31), ISSN: 1001-3873, pages 722-726	1-18
A	WU, Yinting et al. "Q Inversion and Comparison of Influential Factors among ThreeMethods: CFS, SR, and AA" Communications in Computational Physics, Vol. 28, No. 1, 31 July 2020 (2020-07-31), ISSN: 1991-7120, pages 356-371	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2024/114513

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109765615	A	17 May 2019	None			
CN	110568491	A	13 December 2019	None			
CN	112526611	A	19 March 2021	None			
US	2022334283	A1	20 October 2022	WO	2022221513	A1	20 October 2022
				US	11573346	B2	07 February 2023
CN	107272060	A	20 October 2017	None			
CN	107300718	A	27 October 2017	None			
CN	112764095	A	07 May 2021	None			

A. 主题的分类

G01V 1/50(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC:G01V

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNTEXT, ENTXTC, CNKI, web of science: 中国石油天然气, 邹强, 刘正文, 赵锐锐, 郑多明, 段文胜, 品质因子, 质量因子, 初至波, 衰减因子, 层速度, 振幅, 主频, 垂直地震剖面, 深度, 曲线拟合, VSP, vertical seismic profile, quality factor, Q, frequency, attenuation, amplitude, spectrum, depth, arrival wave, seismic

C. 相关文件

类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 109765615 A (中国石油天然气股份有限公司) 2019年5月17日 (2019 - 05 - 17) 权利要求1-10, 说明书第[0041]段至第[0088]段	1-18
A	CN 110568491 A (中国石油化工股份有限公司 等) 2019年12月13日 (2019 - 12 - 13) 全文	1-18
A	CN 112526611 A (中国石油天然气集团有限公司 等) 2021年3月19日 (2021 - 03 - 19) 全文	1-18
A	US 2022334283 A1 (SAUDI ARABIAN OIL COMPANY) 2022年10月20日 (2022 - 10 - 20) 全文	1-18
A	曹立斌 等. "利用VSP资料分析地层衰减特性" 天然气工业, 第28卷, 第5期, 2008年5月25日 (2008 - 05 - 25), ISSN: 1000-0976, 第47-49页	1-18
A	CN 107272060 A (中国石油大学(华东)) 2017年10月20日 (2017 - 10 - 20) 全文	1-18

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

★ 引用文件的具体类型:

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"D" 申请人在国际申请中引证的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"p" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2024年11月21日

国际检索报告邮寄日期

2024年11月27日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

刘畅

电话号码 (+86) 010-53962364

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 107300718 A (中国石油天然气股份有限公司) 2017年10月27日 (2017 - 10 - 27) 全文	1-18
A	CN 112764095 A (中国石油化工股份有限公司 等) 2021年5月7日 (2021 - 05 - 07) 全文	1-18
A	蒋立 等. "基于连续小波的地层品质因子计算方法" 新疆石油地质, 第39卷, 第6期, 2018年12月31日 (2018 - 12 - 31), ISSN: 1001-3873, 第722-726页	1-18
A	WU, Yinting 等. "Q Inversion and Comparison of Influential Factors among ThreeMethods: CFS, SR, and AA" Commun. Comput. Phys., 第28卷, 第1期, 2020年7月31日 (2020 - 07 - 31), ISSN: 1991-7120, 第356-371页	1-18

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2024/114513

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	109765615	A	2019年5月17日	无			
CN	110568491	A	2019年12月13日	无			
CN	112526611	A	2021年3月19日	无			
US	2022334283	A1	2022年10月20日	WO	2022221513	A1	2022年10月20日
				US	11573346	B2	2023年2月7日
CN	107272060	A	2017年10月20日	无			
CN	107300718	A	2017年10月27日	无			
CN	112764095	A	2021年5月7日	无			