



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112255672 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 25

(21) 申请号 202011017977.6

(22) 申请日 2020.09.24

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112255672 A

(43) 申请公布日 2021.01.22

(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 赵海波 吴佳忆 包焱 陈树民  
王成 裴江云 乔卫 丁吉丰  
陈志德 于占清 邓红伟

(74) 专利代理机构 大庆知文知识产权代理有限  
公司 23115  
专利代理师 马微

(51) Int. Cl.

G01V 1/28 (2006.01)

G01V 1/30 (2006.01)

G01V 1/36 (2006.01)

(56) 对比文件

US 4543632 A, 1985.09.24

审查员 杨传锋

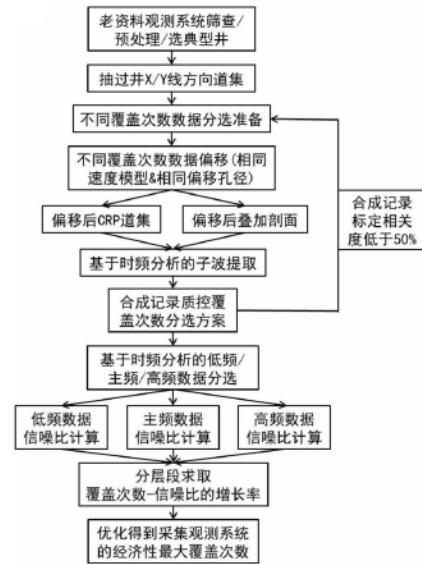
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种地震数据采集覆盖次数优化方法

(57) 摘要

本发明涉及地震勘探技术领域,特别涉及一种地震数据采集覆盖次数优化方法。该方法包括以下步骤:收集符合要求的老地震数据,按过井位置抽取主测线方向和联络测线方向的叠前地震道集;对叠前地震道集数据进行不同覆盖次数的数据分选和预处理;将不同覆盖次数叠前数据进行偏移处理;对不用覆盖次数偏移结果进行子波提取及质控;分段计算不同频率数据的覆盖次数-信噪比的增长率。按勘探地质需求指标优化得到采集观测系统经济性最大覆盖次数。本发明提供的地震数据采集覆盖次数优化方法,在追求高覆盖次数以及高信噪比的同时,最大程度节约加工成本,提高经济效益。



1. 一种地震数据采集覆盖次数优化方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤S1、收集符合要求的老地震数据,按过井位置抽取主测线方向和联络测线方向的叠前地震道集;

步骤S2、对来自步骤S1的叠前地震道集数据进行不同覆盖次数的数据分选和预处理;

步骤S3、将不同覆盖次数叠前数据进行偏移处理;

步骤S4、对不同覆盖次数偏移结果进行子波提取及质控;

步骤S5、分段计算不同频率数据的覆盖次数-信噪比的增长率,其具体包括:将通过步骤S4质控的不同覆盖次数的偏移成果数据进行滤波,分选出小于20Hz、20-50Hz、大于50Hz三类频带成分;

在任一频率成分数据上确定目的层作为分段计算信噪比时窗,对不同覆盖次数数据的偏移结果计算窗内信噪比;将覆盖次数作为X轴、信噪比作为Y轴利用数据分析软件做交会图;对于每个样点的信噪比增长率,由下式求得:

$$R_{growth} = \frac{VNo_{SNR}}{VNo_{Fold}} = \left( \frac{SNR_n - SNR_{n-1}}{Fold_n - Fold_{n-1}} \right) \times 100 \quad (1)$$

式(1)中, $R_{growth}$ 为信噪比随覆盖次数增加的增长率,单位是:(信噪比增量/覆盖次数增加量)\*100次, $VNo_{SNR}$ 和 $VNo_{Fold}$ 分别是统计窗口内信噪比增加量和不同数据的覆盖次数增加量, $SNR_n$ 和 $Fold_n$ 分别为第n个样点的信噪比和覆盖次数, $SNR_{n-1}$ 和 $Fold_{n-1}$ 分别为第n-1个样点的信噪比和覆盖次数;

步骤S6、按勘探地质需求指标优化得到采集观测系统经济性最大覆盖次数。

2. 如权利要求1所述的地震数据采集覆盖次数优化方法,其特征在于,步骤S1具体包括:

采集同观测系统类型相匹配的工区老地震数据或者与其相邻工区最高覆盖次数的老地震数据;收集区内最深的探井数据,按过井位置抽取主测线方向和联络测线方向的叠前地震道集。

3. 如权利要求1所述的地震数据采集覆盖次数优化方法,其特征在于,步骤S2具体包括:

对步骤1得到的过井位置的叠前地震数据抽道集时,通过抽稀炮密度降低覆盖次数,得到不同覆盖次数叠前CMP道集,按相同流程和偏移距分组参数完成偏移数据分组处理。

4. 如权利要求1所述的地震数据采集覆盖次数优化方法,其特征在于,步骤S3具体包括:将步骤2得到的不同覆盖次数的叠前数据,用相同的偏移方法、相同偏移距分组方案、相同偏移速度体、相同偏移孔径进行叠前时间偏移处理,偏移后抽道集得到共反射点CRP道集,利用相同的切除参数切除初至强能量后,叠加得到不同覆盖次数叠前数据偏移后的剖面。

5. 如权利要求1所述的地震数据采集覆盖次数优化方法,其特征在于,步骤S4具体包括:对步骤3偏移生成的不同覆盖次数偏移结果进行时频分析,确定偏移结果的主频,提取目的层井旁地震数据子波,用合成记录标定不同覆盖次数偏移结果,当合成记录相关度低于50%时,重新进行偏移前的不同覆盖次数分选,适当增加覆盖次数,并重复步骤S2和步骤S3的处理。

6. 如权利要求1所述的地震数据采集覆盖次数优化方法,其特征在于,步骤S6具体包括:

按照勘探任务书中的指标确定目的层及目的层频带范围,通过步骤S5确定目的层频率对应的增长率,以 $R_{\text{growth}} \approx 1$ 时对应的覆盖次数确定经济性最大覆盖次数。

## 一种地震数据采集覆盖次数优化方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及地震勘探技术领域,特别涉及一种地震数据采集覆盖次数优化方法。

### 背景技术

[0002] 我国地震勘探采集技术经过几十年发展,已进入“两宽一高”采集或高密度三维采集的阶段,小面元、单点接收方式、高覆盖次数、宽频激发接收已成为趋势。但在效益勘探优先的大背景下,如何在满足勘探需求指标的基础上降低施工成本成为重要的研究课题。

[0003] 地震勘探分为采集设计、采集施工、室内处理解释等环节,成本最高的环节是地震采集施工,大约占到整个地震勘探成本的80%左右,而采集观测系统设计结果直接决定施工的资金成本和时间成本。采集观测系统设计时有几个重要参数,面元大小-决定横向分辨率,最大偏移距-由目的层深度决定,纵横比-决定宽方位/窄方位观测,最大覆盖次数-决定处理成果的信噪比。目前无论是构造勘探还是油藏目标勘探都已经入小面元接收时代,以东部盆地为例,10m×10m面元或20m×20m面元是主流采集参数,西部塔里木盆地以12.5m×12.5m面元为主,中南部四川山地通常采用20m×20m面元,面元大小决定施工队伍检波器使用(租用)数量,相同施工总面积面元越小成本越高,但对总成本的影响不大。最大偏移距这个参数通常经过表层调查及速度分析后计算得到,通常为目的层最大深度的1.6-1.7倍即可满足勘探要求,这个参数的改变在工区满覆盖区几乎不影响成本,只需要激发时扩大检波器接受范围即可,在工区边界最大偏移距的增大会略微增加采集成本,不过影响非常有限。纵横比这个参数决定了检波器使用的数量和排列片的大小,会适当增大采集成本,但影响有限。最大覆盖次数这个参数是对采集成本起决定性作用的,以炸药震源为例,如相同施工面积炮密度降低一半,可节省至少20%的成本,而采集观测系统设计时在满足勘探需求指标的前提下优化最大覆盖次数这个参数,可最大程度降低采集的资金成本,覆盖次数降低意味着激发炮数降低,大大减少钻井布置炸药的时间,提高采集施工效率。

[0004] 众所周知覆盖次数越高,成果剖面的信噪比越高,但覆盖次数达到一定数字后,随覆盖次数增加信噪比的增长速度会逐渐降低,优化地震采集观测系统最大覆盖次数的核心是在成本控制和可接受的信噪比之间寻找最优解。

### 发明内容

[0005] (一)要解决的技术问题

[0006] 本发明提供了一种地震数据采集覆盖次数优化方法,以克服现有技术中追求高覆盖次数以及高信噪比的同时导致生产成本较高等缺陷。

[0007] (二)技术方案

[0008] 为解决上述问题,本发明提供一种地震数据采集覆盖次数优化方法,包括以下步骤:

[0009] 步骤S1、收集符合要求的老地震数据,按过井位置抽取主测线方向和联络测线方向的叠前地震道集;

[0010] 步骤S2、对来自步骤S1的叠前地震道集数据进行不同覆盖次数的数据分选和预处理：

[0011] 步骤S3、将不同覆盖次数叠前数据进行偏移处理；

[0012] 步骤S4、对不用覆盖次数偏移结果进行子波提取及质控；

[0013] 步骤S5、分段计算不同频率数据的覆盖次数-信噪比的增长率。

[0014] 步骤S6、按勘探地质需求指标优化得到采集观测系统经济性最大覆盖次数。

[0015] 优选地，步骤S1具体包括：

[0016] 采集同观测系统类型相匹配的工区老地震数据或者与其相邻工区最高覆盖次数的老地震数据；收集区内最深的探井数据，按过井位置抽取主测线方向和联络测线方向的叠前地震道集。

[0017] 优选地，步骤S2具体包括：

[0018] 对步骤1得到的过井位置的叠前地震数据抽道集时，通过抽稀炮密度降低覆盖次数，得到不同覆盖次数叠前CMP道集，按相同流程和偏移距分组参数完成偏移数据分组处理。

[0019] 优选地，步骤S3具体包括：将步骤2得到的不同覆盖次数的叠前数据，用相同的偏移方法、相同偏移距分组方案、相同偏移速度体、相同偏移孔径进行叠前时间偏移处理，偏移后抽道集得到共反射点CRP道集，利用相同的切除参数切除初至强能量后，叠加得到不同覆盖次数叠前数据偏移后的剖面。

[0020] 优选地，步骤S4具体包括：对步骤3偏移生成的不同覆盖次数偏移结果进行时频分析，确定偏移结果的主频，提取目的层井旁地震数据子波，用合成记录标定不同覆盖次数偏移结果，当合成记率相关度低于50%时，重新进行偏移前的不同覆盖次数分选，适当增加覆盖次数，并重复步骤S2和步骤S3的处理。

[0021] 优选地，步骤S5具体包括：

[0022] 将通过步骤S4质控的不同覆盖次数的偏移成果数据进行滤波，分选出20Hz以下、20-50Hz，50Hz以上三类频带成分；

[0023] 在任一频率成分数据上确定目的层作为分段计算信噪比时窗，对不同覆盖次数数据的偏移结果计算窗内信噪比；将覆盖次数作为X轴、信噪比作为Y轴利用数据分析软件做交会图；对于每个样点的信噪比增长率，由下式求得：

$$[0024] \quad R_{growth} = \frac{\Delta No_{SNR}}{\Delta No_{Fold}} = \left( \frac{SNR_n - SNR_{n-1}}{Fold_n - Fold_{n-1}} \right) \times 100 \quad (1)$$

[0025] 式(1)中， $R_{growth}$ 为信噪比随覆盖次数增加的增长率，单位是：信噪比增量/百次覆盖次数增加， $\Delta No_{SNR}$ 和 $\Delta No_{Fold}$ 分别是统计窗口内信噪比增加量和不同数据的覆盖次数增加量， $SNR_n$ 和 $Fold_n$ 分别为第n个样点的信噪比和覆盖次数， $SNR_{n-1}$ 和 $Fold_{n-1}$ 分别为第n-1个样点的信噪比和覆盖次数。

[0026] 优选地，步骤S6具体包括：按照勘探任务书中的指标确定目的层及目的层频带范围，通过步骤S5确定目的层频率对应的增长率，以 $R_{growth} \approx 1$ 时对应的覆盖次数确定经济性最大覆盖次数。

[0027] (三)有益效果

[0028] 本发明提供的地震数据采集覆盖次数优化方法,在追求高覆盖次数以及高信噪比的同时,最大程度节约加工成本,提高经济效益。

### 附图说明

[0029] 图1为本发明实施例地震数据采集覆盖次数优化方法流程图;

[0030] 图2是应用本发明抽取不同覆盖次数叠前数据经过偏移后得到的过井点位置的CRP道集;

[0031] 图3是应用本发明抽取不同覆盖次数叠前数据经过偏移后得到的过井线的叠加剖面;

[0032] 图4是利用本发明分频计算不同覆盖次数偏移结果信噪比的增长率关系图,该图表以20-50Hz频率成分分析计算结果为例。

### 具体实施方式

[0033] 下面结合附图及实施例对本发明进行详细说明如下。

[0034] 如图1所示,本发明实施例提供一种地震数据采集覆盖次数优化方法,具体包括:

[0035] 步骤S1、按照地质需求准备数据:在地震采集观测系统设计前,按照勘探任务指标和地质需求指标找到相同观测系统类型(面元大小、炮线距/检波线距等参数相同或相近),如果是一次采集区则找相邻工区的最高覆盖次数的老资料;选取区内典型井,要求是区内最深的井,或与地震匹配关系最好的井;按过井位置抽取主测线方向和联络测线方向的叠前道集。以某工区资料为例,为了找到针对该工区深层目标地震勘探经济最优化的采集参数,找到了该工区10mx20m面元,最大偏移距5880m,纵横比0.85,最大覆盖次数672次的一块数据,抽取了过工区最深井的主测线/联络测线叠前地震数据。

[0036] 步骤S2、不同覆盖次数叠前数据分选和预处理:在叠前数据抽道集时,通过减少炮密度降低覆盖次数,将不同覆盖次数叠前地震数据按相同流程和预处理,做好偏移数据准备。以上述叠前数据为例,通过叠前数据降低炮数的方法,将数据分选成672次、448次、336次、224次、168次、134次、112次、96次、67次、45次、34次、27次及初始样本22次,其中最大覆盖次数为27次-672次的12组数据用于分析计算,最大覆盖次数22次的数据用于作为计算基点。

[0037] 步骤S3、不同覆盖次数叠前数据偏移形成CRP道集和偏移成果剖面:将不同覆盖次数的叠前数据,用相同的偏移方法、相同偏移距分组方案、相同偏移速度体、相同偏移孔径进行偏移,偏移后结果抽共反射点CRP道集,利用相同的切除参数切除后,叠加得到不同覆盖次数叠前数据偏移后的剖面。实际数据共形成12组偏移后CRP道集和叠加剖面,12组不同覆盖次数的CRP道集和叠加剖面分别见图2和图3所示。

[0038] 步骤S4、基于时频分析的子波提取及合成记录质控:在覆盖次数最大数据CRP道集和偏移剖面上进行时频分析,提取目的层井旁地震数据优势频带的子波,用合成记录标定不同覆盖次数偏移结果,当合成记录相关度低于50%时,应重新进行偏移前的不同覆盖次数分选,并重复步骤S2和步骤S3的处理。

[0039] 步骤S5、分段求不同频率数据的覆盖次数-信噪比的增长率。

[0040] 基于时频分析的不同覆盖次数偏移成果频率分选:目的层不同覆盖次数地震数据

偏移成果的频宽差异较大,而本发明公布的方法对信噪比增长率评价时需对不同覆盖次数资料在同一频率进行考察,例如某资料目的层-20dB的主频为30Hz,分别对数据进行10Hz低通滤波;10Hz-50Hz带通滤波;50Hz高通滤波处理,为下一步分频率成分计算信噪比做准备。

[0041] 以某一频率成分数据为基础,确定目的层作为分段计算信噪比时窗,对不同覆盖次数数据的偏移结果计算窗内信噪比;将覆盖次数做为X轴、信噪比作为Y轴利用数据分析软件做交会图;对于每个样点的信噪比增长率,由下式求得:

$$[0042] \quad R_{growth} = \frac{\Delta No_{SNR}}{\Delta No_{Fold}} = \left( \frac{SNR_n - SNR_{n-1}}{Fold_n - Fold_{n-1}} \right) \times 100 \quad (2)$$

[0043] 式(2)中, $R_{growth}$ 为信噪比随覆盖次数增加的增长率,单位是:信噪比增量/百次覆盖次数增加, $\Delta No_{SNR}$ 和 $\Delta No_{Fold}$ 分别是统计窗口内信噪比增加量和不同数据的覆盖次数增加量, $SNR_n$ 和 $Fold_n$ 分别为第n个样点的信噪比和覆盖次数, $SNR_{n-1}$ 和 $Fold_{n-1}$ 分别为第n-1个样点的信噪比和覆盖次数。

[0044] 实际数据应用效果结合图4说明,以30Hz主频数据分析计算结果为例,图4横坐标为最大覆盖次数,纵坐标为目的层1.8s-2.4s的信噪比,见表1:

[0045] 表1不同最大覆盖次数偏移数据1.8s-2.4s信噪比

[0046]

序号	样点1	样点2	样点3	样点4	样点5	样点6	样点7	样点8	样点9	样点10	样点11	样点12	基点
Fold	672	448	336	224	168	134	112	96	67	45	34	27	22
SNR	11.2	10.9	10.7	10.4	10	9.5	9.3	9.1	7.6	7.2	7.0	6.6	5.9

[0047] 利用式(2)计算得到12个不同覆盖次数样点的信噪比增长率,分别为:样点1, $R_{growth1}=0.133$ ;样点2, $R_{growth2}=0.175$ ;样点3, $R_{growth3}=0.267$ ;样点4, $R_{growth4}=0.714$ ;样点5, $R_{growth5}=1.471$ ;样点6, $R_{growth6}=0.909$ ;样点7, $R_{growth7}=1.25$ ;样点8, $R_{growth8}=5.172$ ;样点9, $R_{growth9}=3.33$ ;样点10, $R_{growth10}=1.818$ ;样点11, $R_{growth11}=5.714$ ;样点12, $R_{growth12}=14$ ,单位均为信噪比增量/百次覆盖次数增量。

[0048] 步骤S6、按勘探地质需求指标优化得到采集观测系统经济性最大覆盖次数:按照勘探任务书中的指标,在采集观测系统设计时确定目的层频带范围,分别用本发明步骤S5确定低频/主频/高频值并对不同覆盖次数偏移结果滤波,之后采用步骤S6确定三组频率对应的增长率,如果 $R_{growth} < 1$ ,则视为观测系统进入非经济增长率区间,此区间内的采集成本投资与信噪比回报率较低;当 $R_{growth} > 1$ 时,则视为观测系统进入经济性增长率区间,此区间内的采集成本投资与信噪比回报率较高。分析12个样点的信噪比增长率,结合合成记录标定结果,利用步骤S7给出的每增加100次覆盖次数信噪比增量是否大于1的判断标准,最终确定168次-224次区间为该工区的满足勘探需求指标的前提下的最经济观测系统最大覆盖次数,在实际应用中结合其他观测系统参数最终确定为200次。

[0049] 上述方法中未述及的技术内容采取或借鉴已有技术实现即可,不做赘述。

[0050] 本发明优选出对结果最终采集处理成果分辨率、地质体识别能力影响最小,但对资金成本和时间成本影响较大的炮密度这一参数,从而在最大覆盖次数这项单一参数上做研究分析,本发明公布的方法兼有科学性和新颖性,同时在实际应用中取得良好效果,适合大规模推广应用。

[0051] 以上实施方式仅用于说明本发明,而并非对本发明的限制,有关技术领域的普通技术人员,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,还可以做出各种变化和变型,因此所有

等同的技术方案也属于本发明的范畴,本发明的专利保护范围应由权利要求限定。

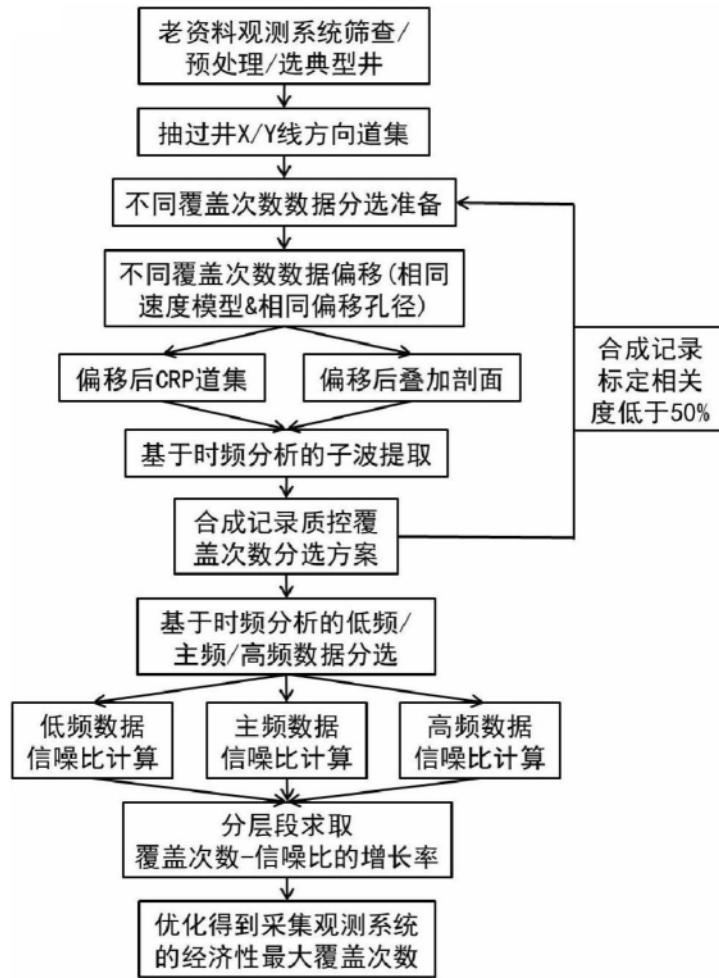


图1

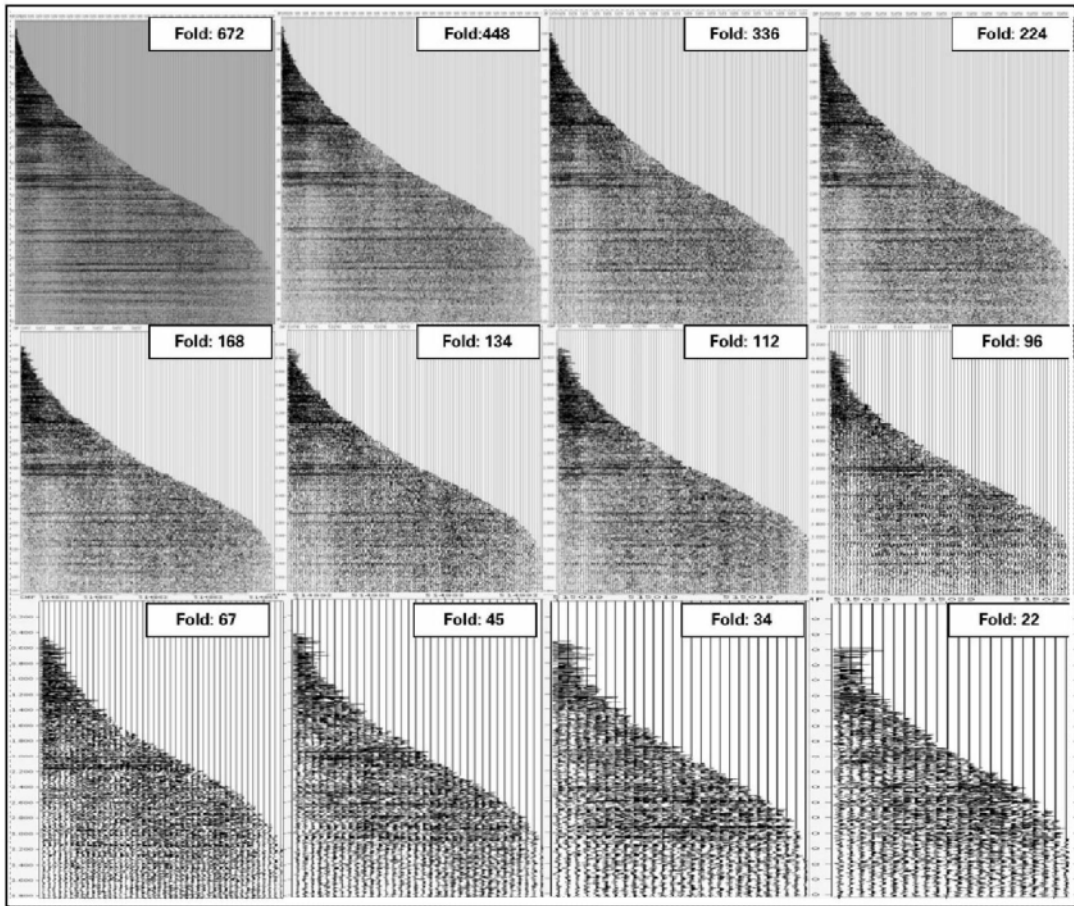


图2

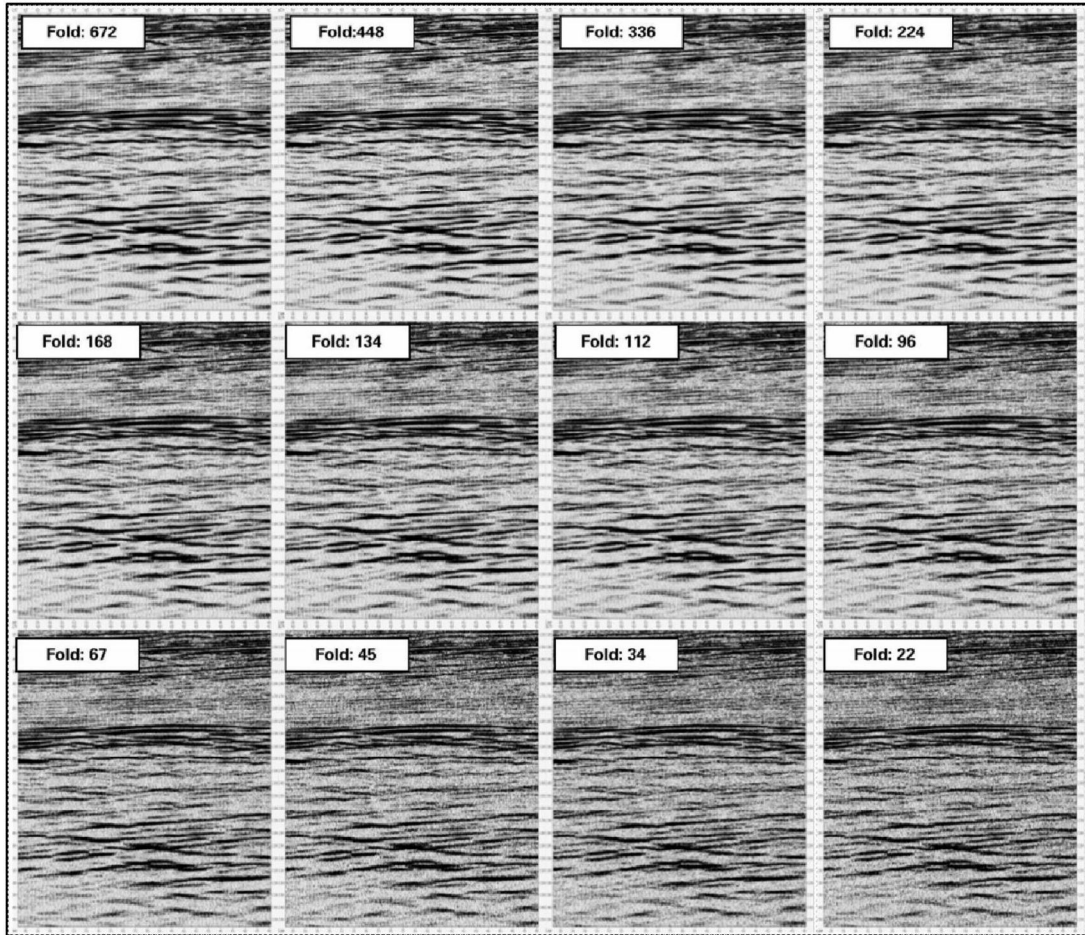


图3

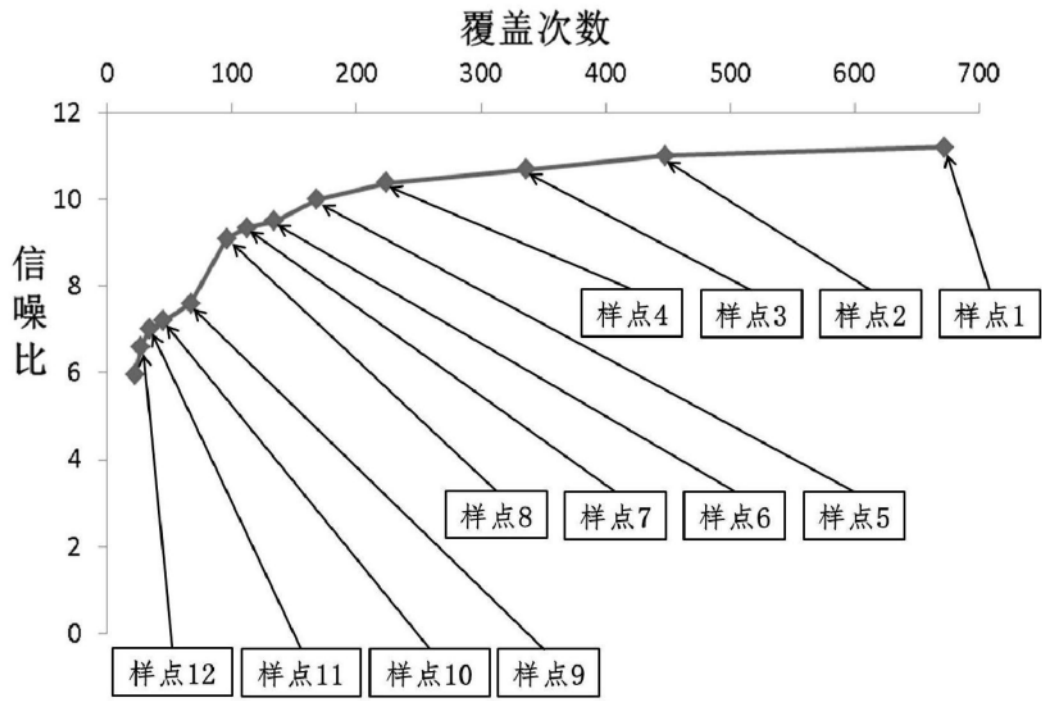


图4