doi: 10.11720/wtyht.2026.1385
李慧龙, 李江, 韩佳琛, 等. 初至振幅分析技术在 OBN 采集质控中的应用[J]. 物探与化探, 2026, 50(2): 348-354. https://doi.org/10.11720/wtyht.2026.1385
Li H L, Li J, Han J C, et al. Application of first-break amplitude analysis technology in quality control during ocean bottom node acquisition[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2026, 50(2): 348-354. https://doi.org/10.11720/wtyht.2026.1385

初至振幅分析技术在OBN采集质控中的应用

李慧龙[1], 李江[2], 韩佳琛[1], 石孟常[1], 张安宝[1], 谢涛[1]
(1. 中海油田服务股份有限公司 物探事业部, 天津 300459; 2. 中海石油(中国)有限公司 天津分公司, 天津 300459)

摘 要: 海底节点(OBN)具有施工方式更灵活、海底耦合更好、资料信噪比更高等优势, 但同时盲采的采集方式也带来了很多采集质控难题, 如节点钟漂校正的准确性验证较复杂, 以及如何验证矢量旋转后陆检三分量数据旋转准确性、如何准确判断水下节点拖动后定位的准确性等。本文研究提取节点的近偏移距初至波信息, 通过选择合适的排列和插值, 生成节点四分量振幅图, 研究不同情况下的振幅属性表现, 达到针对性质控的目的。该方法在实际生产应用中起到了很好的质控效果, 目前已成为 OBN 生产中采集质控的重要手段。

关键词: 海底节点; 初至波; 振幅属性; 采集质控
中图分类号: P31; P631.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2026)02-0348-07

0 引言

在海洋地震勘探中, 现场质量控制是非常关键的一项工作[1-2]。随着采集技术的不断进步, 近年来, 海底节点(ocean bottom node, OBN)进入国内的海洋地震勘探市场。OBN 是一种独立的地震采集仪器, 它沉放于海底, 可接收四分量地震数据信号, 并具有高精度原子钟, 可记录自身姿态角度信息。与传统的拖缆和海底电缆采集方式相比, OBN 具有施工方式灵活, 采集资料方位宽、信噪比高、保真度高等优点[3], 但同时, 数据非实时传输的采集方式也带来了很多采集质控难题[4], 如何在海量数据中快速发现异常节点, 就需要有一种高效的质控手段。侯昆鹏等[5]运用 KL-NodeQC 软件, 通过评估节点之间的互相关结果来判断时钟漂移类型, 进而进行校正; 毛贺江[6]详细介绍了 OBN 采集时时钟漂移的表现形式及影响; 张文波等[7] 研究了综合利用 OBN 数据不同分量的初至波和反射波进行三分量检波器重定向分析方法, 在姿态记录不能满足定向精度要求的情况下取得了一定的效果; 王忠成等[8] 介绍了声波二次定位和初至波二次定位两种定位方法的本质不同, 重点研究了影响海底检波点二次定位质量的控制因素, 并给出了二次定位质控的方法和建议; 马力等[9] 提出了一种应用动态惩罚加权函数联合直达波和折射波两种初至的定位方法, 在 M 海域实际资料定位应用中取得了效果; 王忠成等[10] 介绍了一种利用实际拾取初至走时与偏移距拟合曲线对应位置之差进行检波点坐标的调整, 迭代进行直至收敛的二次定位方法, 在浅水环境应用中取得了一定效果; Ronen 等[11]提出了一种通过统计节点周围近偏移距直达波能量分布质控 OBN 状态的思路。以上虽然都在各自的研究范围取得了效果, 但是仍缺少一种可以快速综合质控节点异常的方法。

本文首先详细分析了 OBN 采集的优势和实际生产中质控的难点, 针对 3 个方面的质控难点, 提出了一种可以统筹检查 3 个方面的质控方法。该方法基于初至波起跳部分时窗计算得到四分量振幅分析成果, 根据本文介绍的四分量初至振幅特点达到质控的目的, 并在实际采集生产中进行了应用, 实现了同时对时钟漂移校正、矢量旋转准确性、定位准确性的直观质控。

收稿日期: 2025-10-27; **修回日期:** 2025-12-24
基金项目: 国家重点研发计划项目“CO_2 驱油及封存安全监测技术”(2023YFB4104202)
第一作者: 李慧龙(1984-), 男, 汉族, 高级工程师, 工程硕士学位, 主要从事地球物理勘探数据采集、处理工作。Email: lechr@163.com

1　OBN 采集质控特点

1.1　OBN 的优势

相较于传统整条实时通讯海底电缆采集方式而言, OBN 采集变为单个节点的非实时传输采集, 又叫“盲采”, 节点回收后可在船上完成节点的充电、年检和采集数据的下载等工作。OBN 采集具有以下优势[12-15]:

1)施工灵活, 便于密集平台群施工。传统采集方式受作业海洋区域影响, 例如近海区、暗礁区、平台区, 导致勘探过程难以实施。OBN 为独立的采集站, 障碍区可通过水下机器人布放、橡皮艇投掷布放等灵活变观。

2)实现超长排列与宽方位角采集。拖缆与海底电缆采集时, 接收站需要电缆供电和传输数据, 受船电缆供电能力等限制, 均有带道极限。OBN 可以实现超长排列采集, 从而获得更高覆盖次数、更大偏移距数据, 可以有效扩展接收线宽度, 实现多方位、宽方位采集, 获得更完整的地震波场。

3)实现多分量地震采集。常规拖缆采集为单分量纵波勘探, OBN 内含有四分量接收器, 分别主要携带水检 P 波、陆检 P 波、陆检 PSV 波、陆检 PSH 波, 纵波在气云区成像较差, 横波勘探可有效改善气云区成像效果。

1.2　OBN 的质控难点

1)节点的时钟存在不等的时钟漂移, 漂移量校正后, 需要验证钟漂校正的准确性。某型号节点中每个节点均有独立的原子钟, 在布放前 GPS 统一授时后, 会自身独立计时, 采集结束后回收会再次进行 GPS 授时, GPS 时间与自身原子钟的时间差值即为节点的时钟漂移量, 目前市场上某型号节点的时钟漂移量标准为 30 天内不超过 2 ms。对于钟漂量异常的节点在钟漂校正后, 质控部门需要验证钟漂校正的准确性。

2)在节点矢量旋转后需要验证陆检三分量数据旋转的准确性。节点在水下并非保持完全水平的状态, 且仪器自身的 x、y 方向并非测线的布放方向, 所以用 3 个角度来描述节点在水下的姿态, 分别为 pitch(俯仰角)、roll(翻滚角)和 yaw(方位角), 通过旋转可将节点校正到水平姿态、方位角旋转至任意方向。节点自身的姿态传感器和磁罗经可能会存在异常, 因此仪器本身记录的角度未必准确, 需要利用处理后的三分量接收数据来验证旋转的准确性。

3)水下存在拖动的情况, 需要野外进行快速判断和二次定位。OBN 在布放后会第一时间利用水下声学定位系统对节点做声学二次定位, 声学定位坐标即为节点在水下的位置。但是, 节点在记录周期内可能受地形、潮流、渔业的影响, 位置发生变化, 对于数据处理人员来说, 坐标改变后的拖动时刻和拖动位置都是未知的, 因此现场需要通过节点的数据信息来分析判断节点在水下拖动的时刻并计算拖动后的坐标。本文不讨论拖动后坐标重定位问题, 要讨论的是在众多节点中如何快速检测到被拖动的节点。

2　初至振幅属性分析原理

获取单个节点 R 的横、纵坐标 (X_R, Y_R), 以此位置为圆心、固定距离 d 为半径来设置数据提取范围(图 1)。固定距离需要根据不同水深、海域等试验选择, 本文试验获得的固定距离 d 与海水深度的经验关系如表 1 所示。

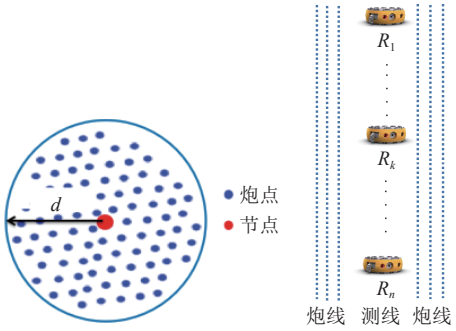


图 1　振幅属性分析数据提取范围

Fig. 1　Amplitude attribute analysis data extraction range

表 1　选取距离范围与海水深度关系

Table 1　The relationship between distance range and seawater depth

海水深度/m	d/m
>100	<300
60~80	<200
20~30	<150

选取固定距离范围内、实际炮点位置处、地震数据的固定时间位置样点时窗进行振幅分析, 然后将分析结果绘制成四分量节点振幅图。详细步骤如下。

首先, 定义 $\boldsymbol{T}_i$ 为地震数据采集深度时间序列, $\boldsymbol{A}_n$ 为每一个采样点对应的振幅值, X、Y 为对应炮点的横、纵坐标, 采样间隔为 r。通过节点 R 的坐标 (X_R, Y_R) 和各个炮点的坐标 (X_i, Y_i) 计算炮检点的距离 L_i:

$$L_i = \sqrt{(X_i - X_R)^2 + (Y_i - Y_R)^2}。\tag{1}$$

然后，定义声波水速 V_{water}，得到对应节点位置与范围内炮点位置的声波传递时间 $time_i$：

$$time_i = L_i / V_{\text{water}}。\tag{2}$$

对范围内的地震道依据声波传递时间 $time_i$ 进行动校正：

$$\boldsymbol{T}_{i,nmo} = \boldsymbol{T}_i - time_i = \{T_1 - time_i, T_2 - time_i, T_3 - time_i \cdots T_n - time_i\}。\tag{3}$$

则地震道 A_i 变为 $\boldsymbol{A}_{i,nmo}$：

$$\boldsymbol{A}_{i,nmo} = \{a_{i,x+1}, a_{i,x+2}, a_{i,x+3} \cdots a_{i,n}, a_{i,1}, a_{i,2}, a_{i,3} \cdots a_{i,x}\}。\tag{4}$$

最后，利用 $\boldsymbol{A}_{i,nmo}$，构成质控矩阵：

$$\boldsymbol{LMO}_{\text{value}} = \left\{A_{1,nmo}^{\mathrm{T}}, A_{2,nmo}^{\mathrm{T}}, A_{3,nmo}^{\mathrm{T}} \cdots A_{i,nmo}^{\mathrm{T}}\right\},\tag{5}$$

矩阵展开为：

$$\begin{bmatrix} a_{1,1} & \cdots & a_{i,1} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{1,n} & \cdots & a_{i,n} \end{bmatrix}。\tag{6}$$

节点振幅图原始数据来源于质控矩阵，选取矩阵中初至起跳部分固定时窗，计算形成四分量节点振幅散点图。计算过程如下。

设 $f(t)$ 为设定的时窗函数：

$$f(t) = \begin{cases} 1, & t_1 \leqslant t \leqslant t_2; \\ 0, & 0 < t < t_1 \& t_2 < t。 \end{cases}\tag{7}$$

将时间刻度转换为采样点，则离散时间序列函数 $\boldsymbol{F}(n)$ 为

$$\boldsymbol{F}(n) = \begin{cases} 1, & \dfrac{t_1}{r} \leqslant n \leqslant \dfrac{t_2}{r}; \\ 0, & 0 < n < \dfrac{t_1}{r} \& \dfrac{t_2}{r} < n。 \end{cases}\tag{8}$$

设节点振幅图的样点值为 $\boldsymbol{NA}_i$，可表示为

$$\boldsymbol{NA}_i = \frac{1}{5} \cdot \boldsymbol{A}_{i_NMO} \cdot \boldsymbol{F}(n)^{\mathrm{T}}。\tag{9}$$

所以，节点振幅图散点图可表示为

$$\boldsymbol{NA} = \text{Asia}\{\boldsymbol{NA}_i\}。\tag{10}$$

式中：t_1 为时窗的底部时间；t_2 为时窗的顶部时间；n 为时间离散值；Asia 为集合符号；$\boldsymbol{NA}_i$ 根据自身真实横纵坐标排列组合构成 NA。

分别对节点振幅散点图插值，可以自由选择插值方法，本文采用的是三次样条插值方法，绘制质控节点振幅图如图 2 所示。从图中可以看出，本文得到的初至节点振幅图具有如下振幅特征：①振幅能量由中心向四周扩散，振幅中心强、四周弱；②水检能量为负极性，陆检 Z 分量为正极性，水深较浅时，因折射波更早到达，所以在选取同样偏移距的情况下，Z 分量最小偏移距附近为正极性，较大偏移距范围会出现负极性；③陆检 X 分量与 Y 分量的能量均为一半正极性一半负极性，能量的分界方向称为能量极化方向，未做矢量旋转时，陆检 X 分量与 Y 分量的能量极化方向随机，与检波器放置海底时自身 X、Y 角度有关，矢量旋转后，X 分量与 Y 分量的能量极化方向表现为互相垂直，被认为是正确的数据。依据这些特征，可以实现对钟漂校正结果、矢量旋转分析等多种情况的质控检查。

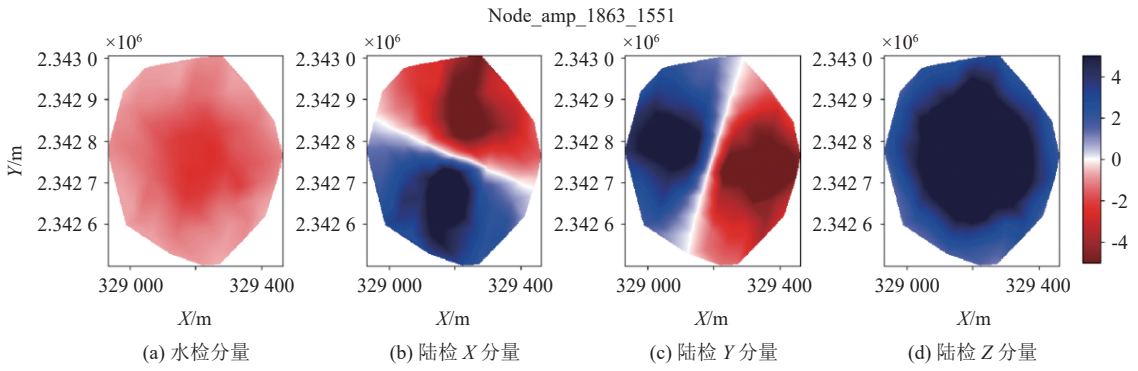


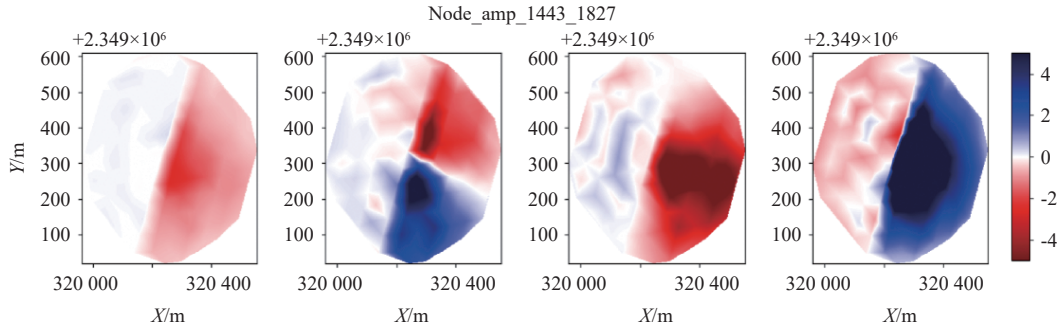
图 2　OBN 四分量节点振幅

Fig. 2　Node amplitude of OBN four-component

3　应用实例分析

3.1　钟漂校正异常节点质控

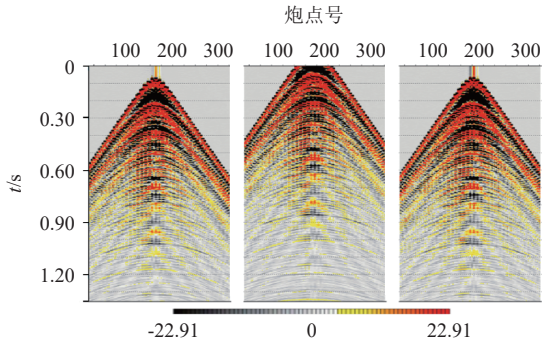
国内某工区的钟漂量异常节点，仪器记录时钟漂移量为 174.47 ms，而实际数据并非如此。如图 3 所示，使用该钟漂量校正后，可以明显看出，左侧一半炮线数据异常，右侧一半炮线数据正常。返回到共检波点道集进行验证，取该节点与相邻节点的相同炮线数据作对比，如图 4 所示，中间为异常节点道集，可以看出异常节点校正后初至时间明显异常，提前 174 ms，也充分证明了该节点钟漂校正量不准确。



(a) 水检分量　(b) 陆检 *X* 分量　(c) 陆检 *Y* 分量　(d) 陆检 *Z* 分量

图 3　时钟漂移校正异常的节点振幅

Fig. 3　Node amplitude of anomalous clock drift correction

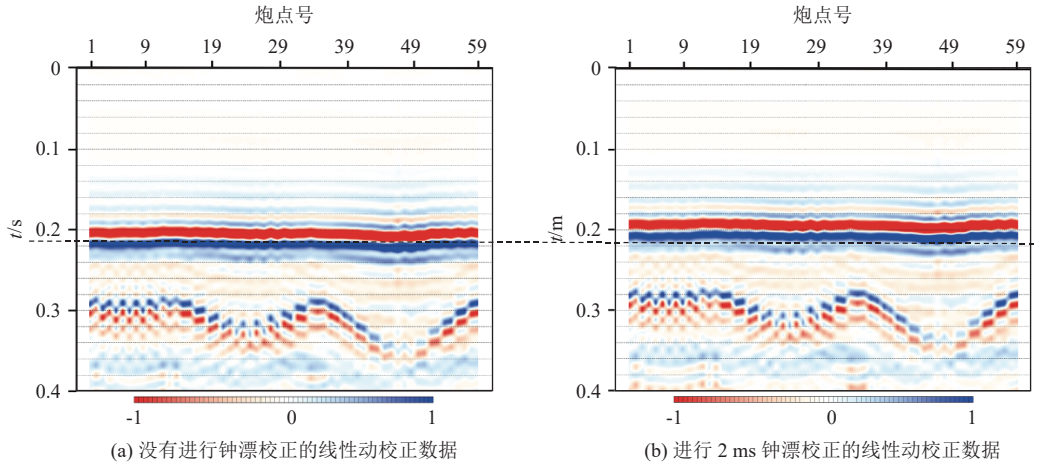


(a) 相邻正常节点　(b) 异常节点　(c) 相邻正常节点

图 4　钟漂校正相同炮线共检波点道集数据

Fig. 4　Same shot line data after clock drift correction

根据初至振幅分析方法原理, 当异常钟漂量很小时, 节点振幅图的变化也会比线性动校正(LMO)矩阵图更明显。为了进一步验证该质控方法的敏感度, 选择某工区 2 ms 钟差的一个节点数据(图 5), 通过标准线(黑色虚线)可以看出钟漂校正前后的区别, 图 5a 比图 5b 的初至时间偏大, 但是这种时差很微小, 在一条测线几百个节点中要发现一个节点的异常显然就比较困难, 很容易忽略异常节点。同样的情况体现在节点振幅图中则更为直观。如图 6 所示, 上图为未进行钟漂校正的振幅, 下边为进行了正确钟漂校正的结果, 可见校正后振幅分布更加均匀, 更符合第 2 节中介绍的四分量初至振幅特征。这也进一步证明节点初至振幅分析方法可以很好达到质控钟漂校正异常的目的。



(a) 没有进行钟漂校正的线性动校正数据　(b) 进行 2 ms 钟漂校正的线性动校正数据

图 5　钟漂校正前后的线性动校正剖面

Fig. 5　LMO section before and after clock drift correction

3.2　矢量旋转异常节点质控

节点在水下的姿态会受到潮流、渔网拖动、浮球干扰等影响而改变, 节点本身的姿态传感器每 10 min 记录一次节点的姿态角度。在采集过程中, 某些节点的姿态传感器会工作异常, 无法记录节点的真实姿态或者记录一段时间后停止记录, 那么在后续处理中将无法对节点数据进行正常矢量旋转, 这就需要在海量的节点数据中检查出旋转异常的节点, 然后再运用不同的矢量重定向技术进行恢复, 因此质控姿态角度记录的准确性就非常重要。

如图 7 所示, 选取某工区生产中两个节点进行矢量旋转后的四分量初至振幅图, 通过上下图对比, 可以非常明显地看出上图中箭头指示位置存在异常, 说明该节点旋转异常、姿态记录异常, 进行标注,

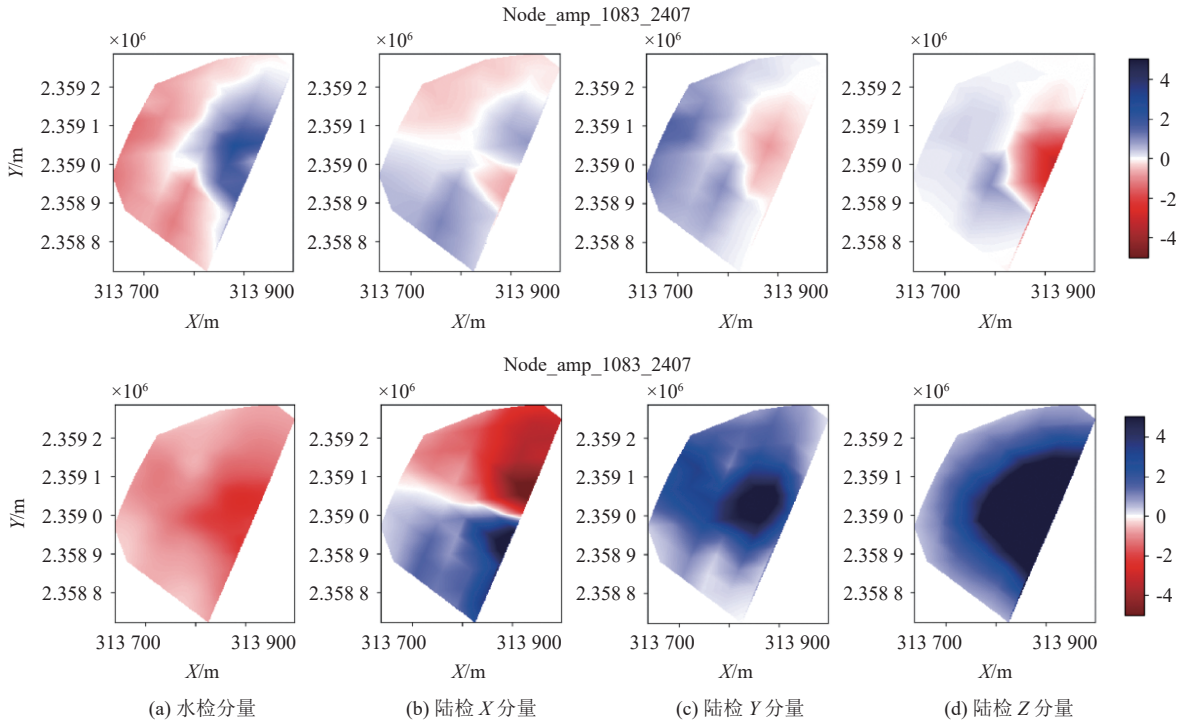


图 6　钟漂校正前 (上)、后(下)节点振幅对比

Fig. 6　Comparison of node amplitude before(top) and after(bottom) clock drift correction

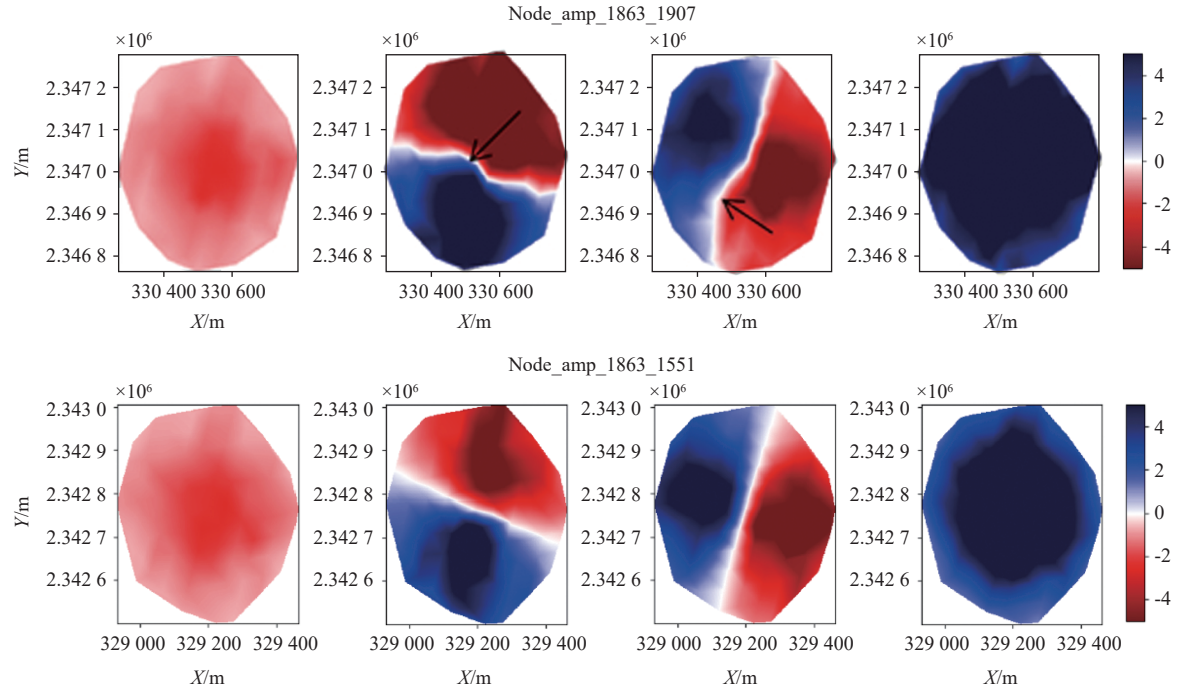


图 7　节点振幅(上：矢量旋转异常；下：矢量旋转正常)

Fig. 7　Node amplitude (top: anomalous vector rotation, bottom: normal vector rotation)

需要进行矢量重定向，证明节点振幅属性分析技术在矢量旋转质控中起到了很好的应用效果。

3.3　坐标异常节点质控

节点在水下可能发生拖动，定位发生了变化，通过 OBN 节点振幅图可以更加直观、准确地判别节点坐标异常。图 8 为某工区生产过程中一个节点数据的情况，其中上图为利用声学定位得到的坐标计算出的四分量初至振幅图，可以明显看出振幅异常(黑框位置处)，表明节点定位坐标不准确。经过初至波二次定位后，如图 8 中下图所示，可以明显看出振幅图恢复正常，证明初至振幅分析技术在质控节点坐标方面也能起到很好的效果。

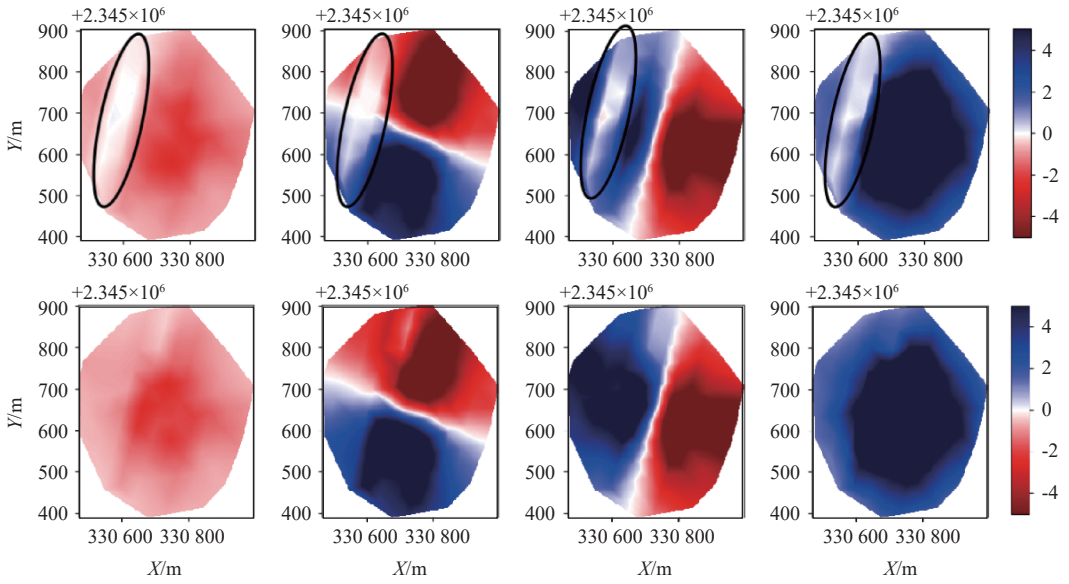


图 8　初至波二次定位前 (上)、后(下)节点振幅对比

Fig. 8　Comparison of node amplitude map before(top) and after (bottom) first break secondary positioning

4　结论

本文研究的海底节点四分量初至振幅分析技术, 由于其独特的特征, 是一种可以综合质控多项节点异常的方法, 野外技术人员使用方便直观, 可以快速检查判断异常节点。

1)四分量初至振幅分析技术利用了陆检 *X* 和 *Y* 分量极性对称及极化能量互相垂直的特性, 可以很好地质控矢量旋转的正确性, 从而达到质控姿态角度的目的, 通过实际生产应用, 取得了很好的效果。

2)利用初至振幅时间变化敏感的特性, 通过分析 4 个分量在初至部分的极性特征, 可以更为直观、快速地检查时钟漂移校正和节点定位的准确性, 在实际生产应用中取得了较好的效果。但是, 由于定位和钟漂导致的时间变化有时是互相作用的, 所以在质控时, 还需要具体问题具体分析, 一般定位引起的异常是多个节点连续出现, 而钟漂导致的异常一般是单个节点或某几个节点; 通过一条节点线数据综合分析可以进一步锁定异常原因。

参考文献(References):

[1] 徐雷良, 徐维秀. 海量地震采集资料现场质量评价方法探讨 [J]. 石油地球物理勘探, 2021, 56(6): 1205−1213, 1195.
Xu L L, Xu W X. Field quality evaluation method of massive seismic acquisition data[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2021, 56(6): 1205−1213, 1195.

[2] 姜丹, 麻志国, 刘立群, 等. 海上地震勘探采集现场质量控制 [J]. 物探化探计算技术, 2017, 39(6): 834−840.
Jiang D, Ma Z G, Liu L Q, et al. Quality control in marine seismic acquisition[J]. Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration, 2017, 39(6): 834−840.

[3] 全海燕, 徐朝红, 罗敏学, 等. 海洋节点地震数据采集技术及应用 [C]//2017 年物探技术研讨会论文集. 天津: 中国石油学会, 2017: 25-28.
Quan H Y, Xu Z H, Luo M X, et al. Marine node seismic data acquisition technology and Its Application[C]//Proceedings of the 2017 Geophysical Technology Seminar. Tianjin: China Chinese Petroleum Society: 2017: 12-15.

[4] 吴志强, 张训华, 赵维娜, 等. 海底节点(OBN)地震勘探: 进展与成果 [J]. 地球物理学进展, 2021, 36(1): 412−424.
Wu Z Q, Zhang X H, Zhao W N, et al. Ocean bottom station nodes(OBN): Progress and achievement[J]. Progress in Geophysics, 2021, 36(1): 412−424.

[5] 侯昆鹏, 何永清, 徐朝红, 等. OBN 地震采集质控技术 [C]// 北京 2018 国际地球物理会议论文集. 北京: CPS/SEG, 2018: 85-88.
Hou K P, He Y Q, Xu Z H, et al. OBN Seismic acquisition quality control technology[C]//Beijing 2018 International Geophysical Conference & Exposition Electronic papers. Beijing: CPS/SEG, 2018: 85-88.

[6] 毛贺江. 海上四分量地震采集技术研究 [D]. 东营: 中国石油大学(华东), 2019.
Mao H J. Research on ocean four-component seismic acquisition technology[D]. Dongying: China University of Petroleum (Huadong), 2019.

[7] 张文波, 张少华, 孙鹏远, 等. OBN 数据三分量重定向分析与质控 [J]. 石油地球物理勘探, 2023, 58(3): 610−616.
Zhang W B, Zhang S H, Sun P Y, et al. Three-component reorientation analysis and quality control for OBN data[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2023, 58(3): 610−616.

[8] 王忠成, 童思友, 周华伟, 等. OBN 资料二次定位质量监控方法 [J]. 石油地球物理勘探, 2021, 56(4): 728−735, 670-671.
Wang Z C, Tong S Y, Zhou H W, et al. Quality control method for secondary location of OBN data[J]. Oil Geophysical Prospecting,

2021, 56(4): 728−735, 670-671.

[9] 马力, 李庆春, 马见青. 基于动态惩罚加权的浅水 OBN 直达波与折射波初至联合二次定位方法 [J]. 石油地球物理勘探, 2023, 58(1): 75−82, 177.
Ma L, Li Q C, Ma J Q. OBN secondary positioning method jointly by first breaks of direct and refracted waves in shallow water based on dynamic penalty weighting[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2023, 58(1): 75−82, 177.

[10] 王忠成, 葛大明, 秦宁, 等. 浅水环境 OBN 二次定位方法研究 [J/OL]. 地球物理学进展, 2025: 1-11 [2025-06-26]. https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2982.P.20250626.1523.020.html.1523.020.
Wang Z C, Ge D M, Qin N, et al. Research on OBN secondary location method in shallow water environment[J/OL]. Progress in Geophysics, 2025: 1-11 [2025-06-26]. https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2982.P.20250626.1523.020.html.1523.020.

[11] Ronen S, Kandilarov A, Massacand C, et al. Onboard processing quality control for autonomous ocean bottom nodes[C]//SEG Technical Program Expanded Abstracts 2013. Society of Exploration Geophysicists, 2013: 161-165.

[12] 张敏, 孙雷鸣, 欧阳敏, 等. 小波变换在 OBN 地震资料双检合并中的研究与应用 [J]. 工程地球物理学报, 2022, 19(6): 877−885.
Zhang M, Sun L M, Ouyang M, et al. Research and application of wavelet transform in OBN seismic data dual-sensor summation[J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics, 2022, 19(6): 877−885.

[13] 冯琦, 胡高伟, 徐涛, 等. OBN 地震资料在莺歌海盆地东方 1 底辟勘探中的应用 [J]. 地球物理学进展, 2025, 40(3): 1296−1304.
Feng Q, Hu G W, Xu T, et al. Application of OBN seismic data in the exploration of DF1 diapir in Yinggehai Basin[J]. Progress in Geophysics, 2025, 40(3): 1296−1304.

[14] 袁全社, 李芳, 欧阳敏, 等. 莺歌海盆地东方 1-1 底辟区 OBN 采集技术与纵波成像突破 [J]. 石油物探, 2025, 64(4): 622−638.
Yuan Q S, Li F, Ouyang M, et al. OBN acquisition technology and P-wave imaging for the Dongfang 1-1 diapir area, Yinggehai Basin[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2025, 64(4): 622−638.

[15] 张建峰, 王志亮, 张春燕, 等. 基于曲波域扩展滤波的 OBN 横波泄露噪声衰减 [J]. 石油物探, 2025, 64(2): 271−279.
Zhang J F, Wang Z L, Zhang C Y, et al. OBN shear-wave leakage noise attenuation based on curvelet-domain extended filtering[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2025, 64(2): 271−279.

Application of first-break amplitude analysis technology in quality control during ocean bottom node acquisition

LI Hui-Long [1], LI Jiang [2], HAN Jia-Chen [1], SHI Meng-Chang [1], ZHANG An-Bao [1], XIE Tao [1]

(1. *Geophysical Survey Department*, *China Oilfield Services Limited*, *Tianjin* 300459, *China*;
2. *Tianjin Branch Company*, *CNOOC Ltd.*, *Tianjin* 300459, *China*)

Abstract: The ocean bottom node (OBN) boasts the advantages of more flexible deployment, better seabed coupling, and higher signal-to-noise ratio (SNR). However, the non-real-time acquisition mode also raises many challenges for quality control. These include cumbersome verification of the OBN clock drift correction accuracy, as well as a lack of methods for accurately verifying the rotation accuracy of three-component geophone data after vector rotation and the OBN positioning accuracy after underwater towing events. This study extracted the information on near-offset first breaks from the OBN data to generate a four-component amplitude diagram through appropriate arrangement and difference calculation. By investigating the amplitude attributes under different conditions, targeted quality control was achieved. This method demonstrated excellent quality control effects in practical applications, making it an important tool for quality control in OBN acquisition.

Key words: ocean bottom node (OBN); first break; amplitude attribute; acquisition quality control

(本文编辑: 叶佩, 沈效群)