

文章编号: 1673-5005(2006)05-0023-04

海洋石油勘探水听器二次定位新方法研究

吴学兵^{1,2}, 刘志田^{1,2}, 宁 靖²

(1. 中石油勘探开发研究院 研究生部, 北京 100083; 2. 胜利石油管理局 物探公司, 山东 东营 257100)

摘要 提出了海洋石油勘探中水听器二次定位的一种新方法, 该方法使用 1.5 kHz 频段的低频声纳取代现有初至波定位系统的气枪来提高二次定位的精度。给出了新方法的系统组成及工作原理, 对比了新方法与现有的水听器二次定位初至波方法及声波定位方法的优缺点, 并通过计算机仿真、实验室测试证实了该方法的可行性。结果表明, 新方法定位精度高, 操作简单, 便于维护。

关键词 海洋石油勘探; 水听器; 二次定位; 初至波; 计算机仿真; 实验室测试

中图分类号 P 631.436

文献标识码 A

A novel method study of hydrophone second positioning for oil exploration of ocean bottom

WU Xue-bing^{1,2}, LIU Zhi-tian^{1,2}, NING Jing²

(1. Graduate Department, Research Institute of Petroleum Exploration and Development in China National Petroleum Corporation, Beijing 100083, China;

2. Company of Geophysical Exploration and Development in Shengli Petroleum Management Bureau, Dongying 257100, Shandong Province, China)

Abstract A novel method of hydrophone second positioning for oil exploration of ocean bottom was presented. To improve the precision of second positioning, it is suggested to use low-frequency sonar which works at 1.5 kHz wave band instead of air gun. The work principle of the new method and its system configuration were presented, the excellences were pointed out by comparing the new method with the existing technique of first break method for hydrophone second positioning. By computer simulation and the test results in lab, this method was proved to be practice. The results show the high precision of positioning, simple operating and convenient maintenance of this method.

Key words ocean bottom oil exploration; hydrophone; second positioning; first break; computer simulation; laboratory test

在浅海石油勘探中,水听器通过抛掷或机械放缆方式放到海底。由于受到船体晃动、船速变化以及操作人员操作水平不同的影响,水听器很难放置到设计位置。即使放到了准确的位置,由于受到海流、潮汐以及渔民作业影响,水听器最终在海底的实际位置与设计位置会产生一定的偏差。这些误差对地震数据的最终处理解释影响很大,必须通过二次定位技术测定水听器勘探时在海底的实际位置。

1 现有二次定位技术简介

1.1 初至波定位系统

该方法(图 1)在硬件设施上完全利用现有的海

底电缆地震勘探系统,由气枪震源船、水听器、采集站、地震仪等组成。测量时,地震仪控制震源船气枪激发,子波信号^[1]作用于探测水听器^[2],地震仪读取激发时刻震源船的 GPS 位置参数,水听器获取的直达波初至信号也经过采集站传送到地震仪,地震仪使用初至波定位方法分析软件,根据不同地层弹性波模型^[3]计算出水听器位置。

1.2 声波定位系统^[4-8]

该方法(图 2)由定位船和水下系统组成。船上部分由 GPS、主控计算机、数据采集单元、舰载水声换能器组成。水下部分为与水听器绑在一起放置于海底的多个应答器。测量时,测量船携带的数据采

收稿日期 2005-11-18

基金项目 国家“863”计划项目(2001AA602018)

作者简介 吴学兵(1969-),男(汉族),山东广饶人,高级工程师,博士研究生,主要从事地震勘探采集方法研究。

集单元通过舰载换能器发出询问信号,应答器接收到询问信号会返回一个响应信号,测量其中某个应答器的应答时间就可以推算出应答器的相对位置,结合舰载 GPS 的位置参数,主控计算机换算出应答器实际位置的大地坐标。

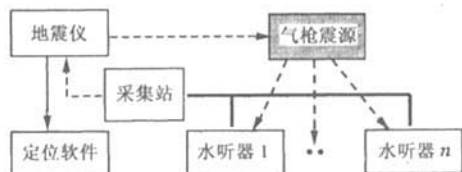


图1 初至波定位系统框图

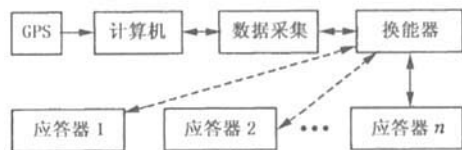


图2 声波定位系统构成

1.3 现有二次定位方法存在的问题

初至波定位方法存在两个突出问题。第一,该方法是在数据采集后,在作业处理过程中对水听器重新定位。如果发现水听器位置存在较大偏差,影响资料解释而需要补炮时,重新组织施工的工作量大、成本高且受到天气海况条件制约。第二,初至波定位精度相对较低,不能满足高精度勘探的要求。

声波定位也存在两个突出问题。第一,对使用环境要求较高,在淤泥质海底以及起伏较大的海底不能正常工作。第二,定位系统的硬件系统使用烦琐且故障率高。

现有二次定位技术存在的问题已经严重制约了浅海石油勘探工作的进行。例如,在胜利油田浅海青东4地区,初至波定位方法在精度上不能满足要求,声波定位方法的设备不能适应当地水质及海底条件,勘探工作被迫一再推迟,所以,海洋石油勘探中迫切需要研究新的二次定位方法。

2 新方法的系统组成及工作原理

2.1 系统组成

为了解决现有方法存在的问题,本文中提出了一条新的技术路线。该技术路线(图3)的思想是:在初至波定位方法的基础上,将定位激发震源(气枪)改为大功率的低频声纳,同时在软、硬件上进行相应的改进。如果能利用水听器高频段(1.0~1.8 kHz)的某一频率进行二次定位,可以最大限度地利用现有勘探系统硬件设施并大幅度地提高定位精度。 万方数据

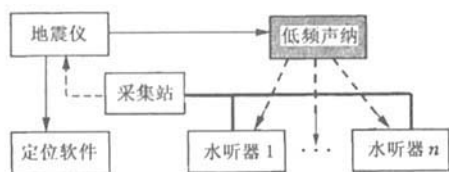


图3 新方法的系统组成

2.2 工作原理

低频声纳—初至波联合定位方法的工作原理如图4所示。

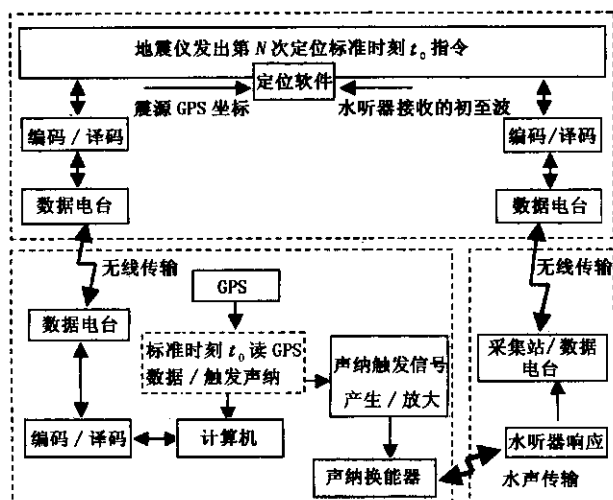


图4 联合定位工作原理及流程

联合定位系统的工作流程是地震仪发出二次定位标准时刻 t_0 的询问脉冲并控制低频声纳在 t_0 时刻发出询问脉冲,水听器接收声纳询问脉冲,其响应信号通过采集站发送到地震仪,地震仪读取 t_0 时刻声纳的 GPS 位置坐标及 t_0 时刻后水听器响应;使用初至波分析软件,解算判断相应水听器的位置并与设计位置进行对比。

3 新方法的实验室测试及计算机仿真

3.1 实验室测试

新的二次定位方法要求石油勘探的水听器能够良好地接收低频声纳的信号,这项工作前人没有进行,只有勘探水听器能够在预定的 1000 Hz 以上对声纳信号响应良好,新的定位方法才具备实现的基础。

实验室测试在国防水声计量一级站进行。试验采用目前浅海勘探使用面最广的 MP-25 型水听器,随机提取了正在使用的 3 个水听器作为试验样品进行了测试。

- (1)测试内容：勘探水听器高频段响应的灵敏度(对声纳而言是低频信号)；
- (2)测试方法：100~250 Hz 频段采用振动液法,0.5~2.5 kHz 频段采用对比参考法；
- (3)测试标准：GB/T3223-94,GB/T4130-2000；
- (4)测试曲线如图 5 所示。

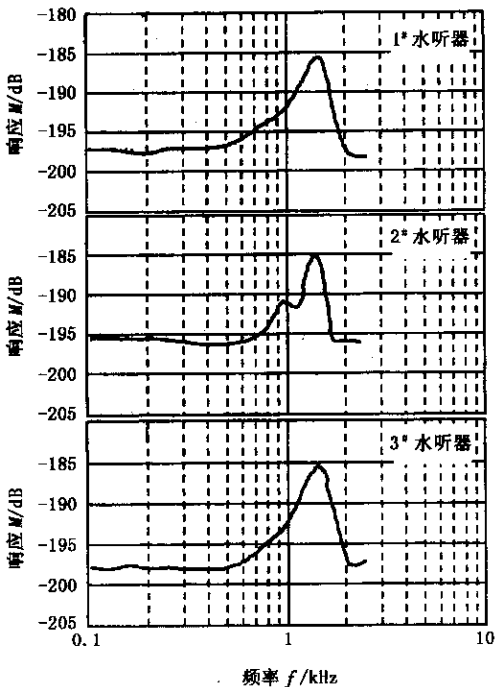


图 5 水听器频率响应曲线

从图 5 可以看出,勘探水听器对低频声纳响应良好,在 1.5 kHz 附近有一个高于附近频率 10 dB 左右的响应峰。综合分析 1.5 kHz 频段,既与地震勘探的地下反射波(最高 300 Hz)互不干扰,又能够保证合适的定位精度,而且其良好的响应灵敏度可以提高定位距离(或降低对低频声纳功率的要求),这一测试结果奠定了新方法的技术基础。

3.2 计算机仿真

(1)依据海洋声波传播公式,确定水听器产生响应的声强,表达式为

$$\Delta V = S_L - T_L,$$

其中

$$S_L = 10 \lg(I/I_{ref}), T_L = 20 \lg r + 10^{-3} \alpha_0 r.$$

式中, S_L 为声源级; T_L 为传播损失; r 为距离; α_0 为吸收系数,它随频率急剧变化, dB/km。上式中第一项为球面扩展损失,第二项为吸收损失。

给定声纳频率为 1.5 kHz,声源级响应为 185 dB,水听器灵敏度为 -185 dB,作用距离为 500 m,计算得出水听器对低频声纳信号产生的响应为 10 mV 数量级。

- (2)绝大多数环境噪音为几十~几百微伏。
- (3)在 LABVIEW 环境下,采用现有的 RDPC 初至波拾取软件进行仿真模拟。拾取仿真模拟表明,加入的噪音小于 2 mV 时,可以稳定拾取初至波。

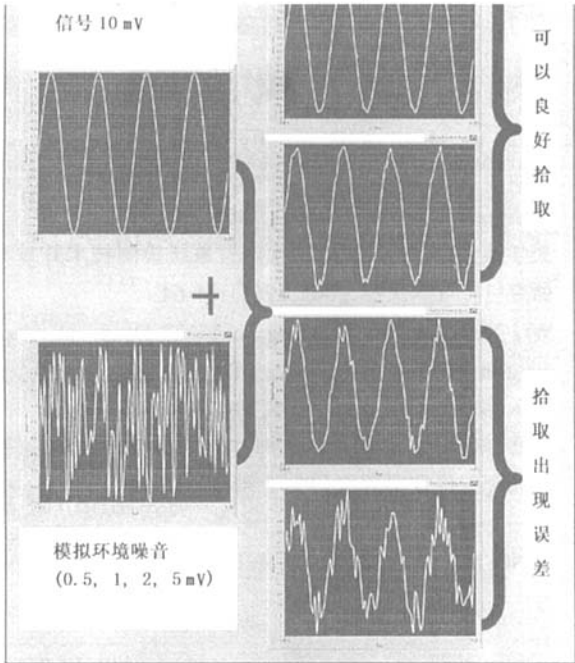


图 6 不同信噪比下初至波拾取效果仿真

4 结论及建议

- (1)新的二次定位方法具有技术可行性,理论分析、实验室测试以及计算机仿真得到验证。
- (2)与初至波定位、声波定位相比,新的二次定位方法定位精度高、能够实时处理、操作简单、维护方便、不受水深限制、工作效率高。
- (3)进一步的研究工作应从方法研究转入技术细节的探索,重点研究如何克服海洋水声多路径传播效应以及声纳与接收仪器的同步及无线通讯等问题。

参考文献：

[1] 狄帮让,唐博文,陈浩林,等. 气枪震源的理论子波研究[J]. 石油大学学报(自然科学版),2003,27(5) 32-35.
DI Bang-rang, TANG Bo-wen, CHEN Hao-lin, et al. Study on theoretical waveform from air guns[J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 2003,27(5) 32-35.

[2] 李书光,张军,胡松青. 单指向性水听器指向性影响因

- 素的研究[J]. 石油大学学报:自然科学版, 2003, 27(2): 132-135.
- LI Shu-guang, ZHANG Jun, HU Song-qing. Influence factors for direction of unidirectional hydrophone [J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 2003, 27(2): 132-135.
- [3] 宋丽莉, 葛洪魁, 王宝善. 疏松砂岩弹性波速模型的研究[J]. 石油大学学报:自然科学版, 2004, 28(6): 38-40.
- SONG Li-li, GE Hong-kui, WANG Bao-shan. Study of model for elastic wave velocity of unconsolidated sandstone [J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 2004, 28(6): 38-40.
- [4] 吴学兵, 李树平, 张栋. 二次定位系统检测技术开发与研究[J]. 石油仪器, 2005, 19(1): 31-64.
- WU Xue-bing, LI Shu-ping, ZHANG Dong. Development of the testing technology for digipoint system [J]. Petroleum Instruments, 2005, 19(1): 31-64.
- [5] 宁靖, 刘志田, 吴学兵, 等. 海底水听器低频声纳-初至波联合定位方法研究[J]. 石油仪器, 2005, 19(1): 39-42.
- NING Jing, LIU Zhi-tian, WU Xue-bing, et al. Low frequency sonar & first break co-positioning method for hydrophone second positioning [J]. Petroleum Instruments, 2005, 19(1): 39-42.
- [6] 杨京涛, 朱伟强, 秦豹. 海上二次定位技术的研究与应用[J]. 石油物探, 2002, 41(增刊): 37-69.
- YANG Jing-tao, ZHU Wei-qiang, QIN Bao. Study of second position techniques for oil exploration and its application [J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2002, 41(Supply): 37-69.
- [7] 曾湘轶, 杨文艳. 浅析海底电缆地震采集作业二次定位系统[J]. 石油地球物理勘探, 2001, 36(2): 220-226.
- ZENG Xiang-yi, YANG Wen-yan. Brief analysis of secondary positioning system in seismic sea-bottom cable acquisition [J]. Oil Geophysical Prospecting, 2001, 36(2): 220-226.
- [8] 姜瑞林. 海底电缆水下声波二次定位成果质量分析[J]. 石油仪器, 1996, 10(5): 23-25.
- JIANG Rui-lin. Quality analysis for the bottom cable acoustic positioning result [J]. Petroleum Instruments, 1996, 10(5): 23-25.

(编辑 沈玉英)

(上接第 22 页)

3 认识与结论

(1) 深度域‘波场上延’法可以把非水平观测界面记录改造成水平观测界面记录, 然后利用常规偏移算子进行深度域成像。深度域‘波场上延’法是实现起伏地表和地下复杂构造双重成像的有效方法。

(2) 深度域‘波场上延’法能够解决地形复杂的地震资料成像难的问题, 结果能够较准确地反映地下构造形态, 深度成像效果比较令人满意, 基本实现了波动方程基准面校正与波动方程叠前深度偏移有机的结合。模型成像说明了该方法的有效性和准确性, 可用于实际资料的处理, 有较好的应用前景。

(3) 深度域‘波场上延’法虽然能够解决地形复杂的地震资料成像难的问题, 但还不能完全消除地表起伏和波场上延对地下复杂波场成像的影响, 体现在成像剖面中同相轴局部发生错断和局部画弧现象。要解决这个问题, 需提高深度域延拓算子对陡倾角和强横向变速的适应性, 以及提高地表剧烈起伏变化地区的地震覆盖次数。

参考文献:

- [1] 李振春. 地震成像理论与方法[M]. 东营: 石油大学出版社, 2004.
- [2] BERRYHILL John R. Wave-equation datuming [J]. Geophysics, 1979, 44(8): 1329-1344.
- [3] BERRYHILL John R. Wave-equation datuming, before stack [J]. Geophysics, 1984, 49(11): 2064-2066.
- [4] RESHEF M. Depth migration from irregular surfaces with the depth extrapolation methods [J]. Geophysics, 1991, 56(1): 119-122.
- [5] BEASLEY C J, LYNN W. The zero velocity layer: migration from irregular surfaces [C]. Expanded Abstracts of 59th SEG Mtg, 1989: 117.
- [6] BEASLEY Lynn W. The zero velocity layer: migration from irregular surfaces [J]. Geophysics, 1992, 57(11): 1435-1443.
- [7] 何英, 王华忠, 等. 复杂地形条件下波动方程叠前深度成像[J]. 勘探地球物理进展, 2002, 25(3): 13-19.
- HE Ying, WANG Hua-zhong, et al. Wave-equation pre-stack depth migration from complex topography [J]. Progress in Exploration Geophysics, 2002, 25(3): 13-19.

(编辑 刘艳荣)