

海洋天然气水合物调查地震采集技术 ——潮期羽角预测研究

曾宪军, 伍忠良, 郝小柱

(广州海洋地质调查局, 广东广州 510760)

摘 要:地震采集技术在野外地震调查中起着举足轻重的作用,特别是对三维地震调查方法的研究。其中对潮期和羽角的研究能够给三维地震调查提供有力的保障,可以起到事半功倍的效果。潮期预测的主要目的在于“通过对作业海域潮位数据的分析,预测一个较长时间段之内(一个月以上)潮汐变化规律”,因此,通过研究,可以选择最佳作业时机进行野外采集,为“航次计划”提供基础数据,降低采集费用、提高作业效率。

关键词: 三维; 潮期; 羽角; 流量和; 流量差; 潮汐

中图分类号: P731.23

文献标识码: B

文章编号: 1003-2029(2008)04-0093-05

1 引言

通过对潮汐变化规律的研究,分析作业海域潮汐流对电缆的影响,从而得出“电缆羽角与作业时间的变化关系曲线”,此方法称为“潮汐与羽角预测技术”。

众所周知,月亮、太阳与地球之间相对位置关系的变化,引起海水两次较大规模的潮涨潮落。潮汐流的变化会引起电缆羽角比较规律的变动。三维地震调查对野外施工具有较高的要求,不仅要求将作业时间分配在海流变化最小的“平潮期”,而且需要利用“潮汐流与测线一致或相反”的时间,即所谓“顶流”与“顺流”时间,极大地提高“作业效率”。

总而言之,通过“预测技术”,协调“作业”、“转线”和“补线”三者之间的关系,将作业时间调整到“羽角”变化最小的时期,而利用羽角较大时期进行“转线”或“补线”,从而达到“提高作业效率、降低补线率”的目的。

2 研究基础、预期目的和实施方案

2.1 研究基础

千百年来,潮起潮落非常壮观,这一自然现象引发了人们无穷的遐想,同时也激发了许多科学家探索自然奥秘的兴趣和探索精神。在科技高度发达的今天,潮汐的奥秘已经被人们完全揭开,并且在许多领域都得到了应用。

潮汐变化与太阳、地月等天体运动的规律有关,而月球运动是潮汐产生的主要因素之一,因此对月亮运动规律的研究,可以较好揭示潮汐流的变化规律。潮汐资料可以得到作业海域较为精确的潮位数据,因此,《我国南海海洋潮汐表》的潮位数据是研究的基础^[1]。

2.2 预期目的

通过试验,获取数据,进行理论研究,形成“潮汐与电缆羽角预测技术”的数学模型,用于指导野外采集工作。

2.3 实施方案

图 1 为“潮汐与电缆羽角预测技术”实施方案示意图。首先选取参考港,读取潮汐资料数据,输入潮位数据;其次,根据“水桶效应”和“水管效应”原理,求取参考港的“潮位差”和“潮位和”曲线;然后,再根据“月亮、地球和太阳等天体运动”的规律,结合“潮位差”与“潮位和”曲线,得出“潮汐与羽角变化曲线”;由于海流的变化不仅与潮汐变化有关,还会受到天气、海况等诸多因素的影响,因此,需要使用“前一日”的经验数据进行修正,最后,进行“可信度分析”和“效率分析”。

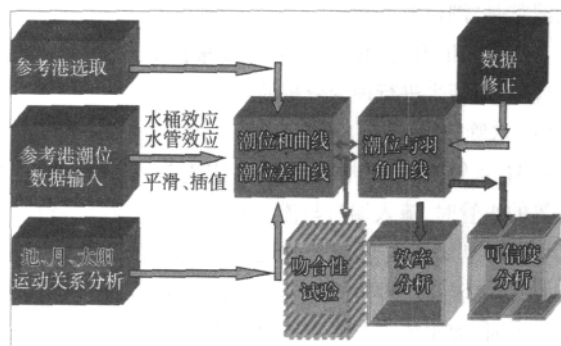


图 1 潮汐与羽角预测技术实施方案示意图

收稿日期: 2008-06-15

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)资助项目(2006AA09A202-01-3)。

3 研究过程

3.1 基本术语与定义

(1) 潮汐定义

所谓潮汐实际上由潮和汐两大部分组成,日间称潮,夜间称汐。一昼夜海水涨落两次。

(2) 子午潮

每逢朔望,潮汐之时在午夜或正午,称子午潮,由于月球绕地球运动的缘故,潮涨、潮落的时间每天大约后移51min。

(3) 大潮、小潮

月相朔望时潮汐最大,称大潮;上弦、下弦时最小,称为小潮。

(4) 潮汐流

潮汐流是指在潮汐的作用下,某一具体时刻所产生的潮水的流动。其方向取决于日、月等天体的位置,流速除了上述原因外,还与作业海域的地形有关。

3.2 参考港选取

(1) 目的

电缆羽角的变化主要受海流的影响,其中,最主要的因素就是潮汐流的影响。野外施工时,一般选择几组参考港数据,根据潮汐资料中的潮位数据,得到“参考港口之间的潮位的变化情况,即潮汐流变化情况”,然后,求取羽角的变化曲线,最后通过野外数据的验证,确定“吻合性好”的数据所对应潮汐港为参考港。

(2) 参考港选取原则

一般选择两个参考港,其中一个参考港位于工区的中央或工区附近,另外一个参考港位于陆地附近,“两个参考港之间连线的方向”与“测线施工的方向”尽量一致。

3.3 “潮位和”与“潮位差”曲线

“潮位和”是指参考港之间在一定时间间隔之内潮位变化之和,以横轴为时间轴,纵轴表示潮位和的大小,所绘制的曲线就是“潮位和”曲线。

“潮位差”是指参考港之间在一定时间间隔之内潮位变化之差,以横轴为时间轴,纵轴表示潮位差的大小,所绘制的曲线就是“潮位差”曲线。

“潮位和”和“潮位差”曲线主要根据“水管效应”和“水桶效应”的原理来进行理论分析的。

(1) 水管效应

所谓“水管效应”是指“当具有一定流速的自来水通过管径相等的水管时,流入端口与流出端口的流速保持一致”,如图2所示。利用该原理,参考港之间的“潮位差”曲线取值为“零”时,海水流向基本平行于参考港之间的连线;“潮位和”取值最大时,海水流向与参考港之间存在一定夹角,此时,电缆羽角最大。

三维地震采集作业的实际情况是:由于地形的原因,参

考港的流量不能单纯采用“水管效应”进行研究,需要采用“水桶效应”进行研究、分析。以我国部分海域为例,东沙岛海域地形开阔,桂山港则由于受珠江口的影响,地形比较狭窄,类似于“水桶形状”,因此,采用图2所示的“水桶效应”模型比较合理。

(2) 水桶效应

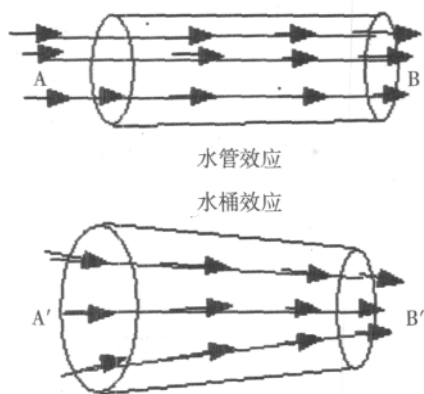


图2 “水管效应”与“水桶效应”原理示意图

所谓水桶效应是指:当具有一定流速的自来水通过管径不等的水管时,流入端口与流出端口的流速发生变化,并且与流入、流出端口的管径成比例关系。

根据“水桶效应原理”,利用两个参考港的潮位变化数据形成“潮位和”与“潮位差”数据时,需要根据一定数学模型进行处理,换言之,需要按照一定比例系数进行加权处理。

3.4 电缆羽角的预测

3.4.1 羽角预测原理

(1) 天体与测线相对位置

天体与测线(参考港之间的连线)存在的位置关系分为两类:一是天体沿测线方向与测线的位置关系(以下称为“天体地纬”与测线相对位置关系);二是天体与测线横方向的位置关系。

① “天体地纬”与测线相对位置关系

天体与地心的连线与地球表面的交点,在此命名为“天体地纬交点”;“天体地纬交点”所对应的纬度命名为“天体地纬”。

· 在测线的端点之外(两测)

“天体地纬”在测线两侧时,称之为“天体在测线的端点之外(两测)”,如图3所示。

· 在测线端点之中(中间)

“天体地纬”在测线之中时,称之为“天体在测线的端点之中(中间)”,如图4所示。

② 天体与测线横方向的位置关系

无论潮涨还是潮落,天体(主要指太阳和月亮)与测线位置关系可以分为三类:在测线的一侧、在测线上方、在测线的另外一侧(如图4)。

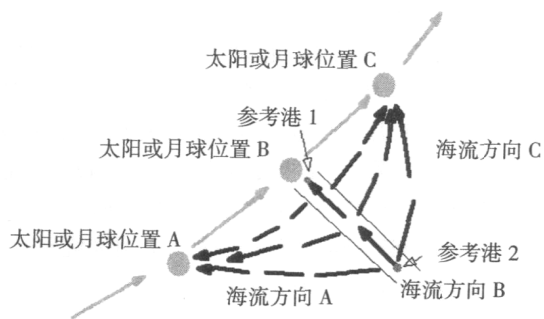


图3 天体在测线的端点之外(两侧)位置示意图

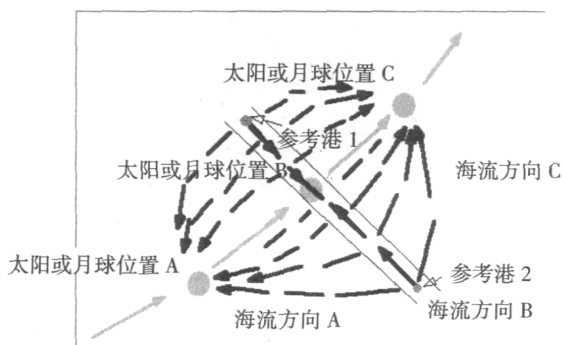


图4 天体在测线的端点之中(中间)位置示意图

(2) 羽角预测原理

在“羽角预测原理”中,“天体在测线的端点之中(中间)”与“天体在测线的端点之外(两侧)”的情况正好相反,因此,下面仅讲述后面一种情况(即考虑图5的情况)。

① 潮位和、“潮位差”变化曲线上的“极值点”、“驻点”和“零点”

图5为2005年6月22日神狐海域电缆羽角预测曲线,图中“潮位和”、“潮位差”曲线上的“极值点”、“驻点”与数学中“极值点”的概念一样,“零点”指曲线与坐标横轴的交点。

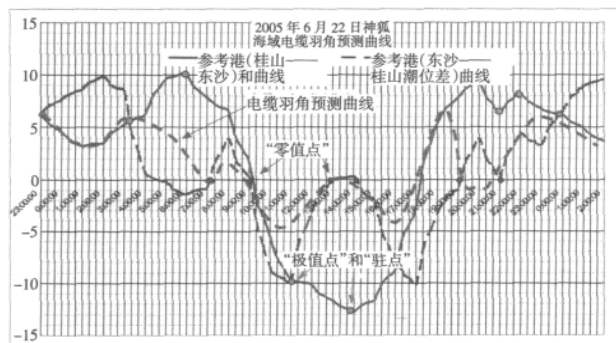


图5 “潮位和”、“潮位差”与羽角预测曲线图

② “极值点”、“驻点”、“零点”与羽角变化的关系

· 天体处于测线横方向的两侧

天体处于测线横方向的两侧时,潮汐流从两个参考港偏离测线流向两侧,此时,潮汐流与测线方向存在较大夹角,在

潮汐流的作用下,电缆羽角最大,也就是说:“潮位和”变化曲线上的“极值点”、“驻点”对应羽角预测曲线上的“极值点”或“驻点”,羽角预测曲线的变化总趋势与“潮位和”变化曲线一致。

· 天体处于测线上方

当天体处于测线上方,潮汐流方向与“参考港的连线”方向一致(或完全反向)时,根据“水桶效应”原理,此时,“潮位差”变化曲线出现“零点”。也就是说,“零点”对应于电缆羽角预测曲线的“过零点”。

· “极值点”、“驻点”和“零点”

三维地震调查时,利用“潮位和”、“潮位差”变化曲线上的“极值点”、“驻点”和“零点”确定电缆羽角预测曲线上的上述三中“特殊点”,然后,通过作图时平滑处理,得到电缆羽角预测曲线。

3.4.2 数据修正

“数据修正”的目的:利用“前一天”的数据对“电缆羽角预测曲线”进行改正。“数据修正”有两种:一是“天体位置”对羽角的修正;二是“天气、海况”对羽角的修正。

(1) “天体位置”对羽角的修正

利用“前一日”的数据对“羽角预测曲线”进行修正,可以大大提高预测的准确性。因为地球、太阳月亮的“数据修正”的目的:利用“前一天”的数据对“电缆羽角预测曲线”进行改正。

① 月亮、太阳对地相对运动与潮汐作用

· 太阳、月球运动

地球、月亮与太阳相对运动轨迹

月球绕地球运转,月球与地球同时又绕着太阳进行公转。月球运动可分为公转和自转。月球公转指月球绕着地球以椭圆性轨道运行,自转指月球自身的转动。地球运动太阳可分为公转和自转。如图6所示:

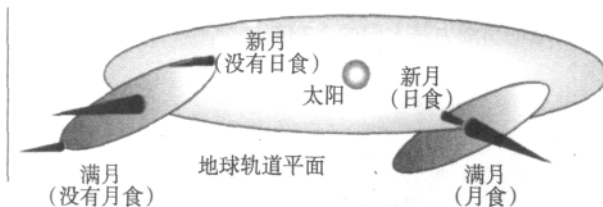


图6 地球、月亮围绕太阳运动示意图

月相变化

通过月相变化,可以确定月球与工区的相对位置,为数据修正提供基础。月相指从地球上观测得到月亮的盈亏圆缺的变化规律,月相变化周期与月亮公转周期是理解月球运动规律的两个基本参数。

月相变化主要是由地球、月亮、太阳的相对位置变化,而引起月球反射太阳光的位置发生变化引起的,图7为月相变化示意图。月相变化规律概述如下(以北半球为观察点):

农历每月三十或初一,月相为“朔”,观察不到月亮;农历每月十五或十六,月相为望,整晚都具备观察到月亮的可能,月相按下述规律,循环变化。

新月→蛾眉月→上弦月→张弦月→满月

↑ ← 残月 ← 下弦月 ← 张弦月 ← ↓

月相周期 T 为 29.530 6 d, 月亮自转周期 T' 为 27 d 7 h 43 min 11.6 s, 也就是 27.321 66 d。进行羽角预测“数据改正”时, 可以从《我国南海海洋潮汐表》得到月相数据。

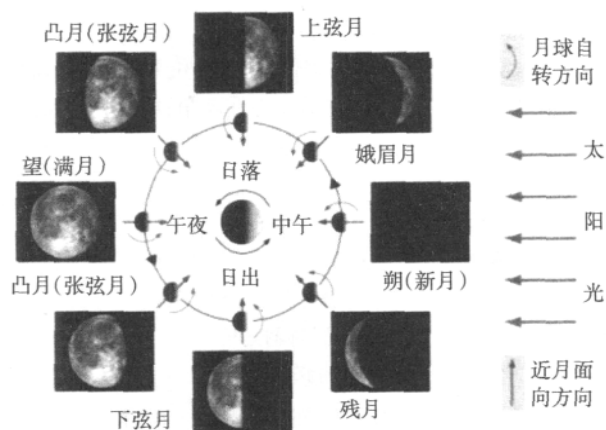


图7 月相变化示意图

·对潮汐的作用

潮汐变化主要由于月球对地表海水的引力所致, 如图8所示, “潮涨潮落”与“月球相对于地表的位置”密切相关。潮汐研究结果表明^[2]:

月球对海水的引力是造成潮汐的主要原因, 太阳的引力也起一定的作用。

在同一时刻, 围绕地球的海平面总有两个突起部分, 在理想的情况下它们分别出现在地表离月球最近和最远的地方。

月球的引潮力是太阳的 2.2 倍。

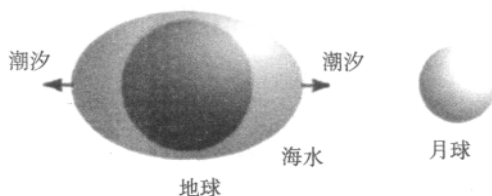


图8 潮汐作用示意图

② 天体运动相对工区位置

天体运动的实际情况是: 地球绕太阳自西向东运转, 月亮绕地球自西向东运转。为了研究方便, 一般以工区为基准点, 那么, 研究太阳、月亮与地球相对位置关系时, 认为地球静止不动, 仅考虑太阳、月亮相对地球的运动, 因此, 假定条件如下: 一是太阳绕地自东向西运动(如图9所示), 相对工区位置以 $S1 \rightarrow S2 \rightarrow S3 \rightarrow S4$ 的顺序运动; 二是月亮绕地运动, 相对工区位置以 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ 的顺序运动。

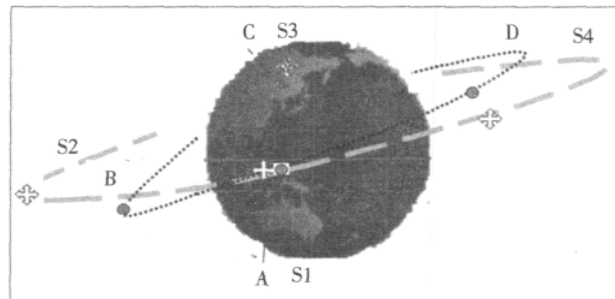


图9 天体运动相对工区位置示意图

4 施工效率与施工质量

4.1 测线施工

根据施工周期内羽角预测的结果, 首先按羽角大小将测线分组, 例如可将测线分为4组: 第1组 羽角 $0 \sim 5^\circ$; 第2组 羽角 $5^\circ \sim 8^\circ$; 第3组 羽角 $8 \sim 12^\circ$; 第4组 羽角 $12 \sim 15^\circ$ 。施工时, 按照上述分组, 进行分类, 从而提高了施工效率。

4.2 施工效率与施工质量

(1) 施工效率

对潮期羽角的研究是非常必要的, 利用预测的潮期和羽角, 再结合海况的实际情况加以综合分析, 对整个工区的工作进行周密部署, 充分有效的利用一切可利用的时间作业; 随着羽角预测、工区分块以及测线施工等野外采集方法的逐步完善, 施工效率得到了提高。

(2) 施工质量

众所周知, 海上采集质量的好坏很大程度上取决于天气和海况。对于三维地震采集来说, 更是如此, “如何降低补线率从而保证在可作业的季节之内保证高质量的采集任务”成为比较关键的因素。因此, 施工方法成为采集质量得以保证的重要前提之一, 潮期羽角预测就是对施工方法强有力的促进, 有效的保障了施工质量。

参考文献

- [1] 国家海洋局.《我国南海海洋潮汐表》.2005,2006,2007.
- [2] 伍忠良,彭朝旭,等.天然气水合物准三维地震资料采集技术.广州海洋地质调查局,2006,112-130.
- [3] 曾宝宏等.多源多缆深海三维地震勘探技术.中国海洋石油“三新、三化”优秀论文集,1997,73.
- [4] 唐耀辉.潮汐现象的力学分析[J].现代物理知识,2000,4:8-12.
- [5] HYDNMAN R D, DALLMORE S R. Natural Gas Hydrate Studies in Canada[M]. CSEG Record, 2001, 11-20

Seismic Exploration Technology in Marine Gas Hydrate Investigation ——Study on Tide Period and Streamer Angle Forecast

ZENG Xian-jun, WU Zhong-liang, HAO Xiao-zhu

(Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou Guangdong 510760, China)

Abstract : Seismic exploration technology is very important for the marine seismic survey, especially in the three-dimensional seismic survey. The research on tide period and streamer angle can provide a powerful assistance. When we forecast the tide period and streamer angle, we can arrange the work for a good time, and can get the rule of tide change. So selecting an available method to investigate the tide and streamer angle is important for the field seismic survey, we can choose the best time for working. It also can reduce the survey charge and enhance the working efficiency.

Key words : three dimension ; tide period ; streamer angle ; flux ; tide