

海洋卫星定位的处理方法

李常珍

(中国科学院海洋研究所, 青岛, 266071)

目前卫星导航定位资料的处理一直存在问题, 本文对有关定位后处理方法进行初步探讨。

I. 基本原理

中国科学院海洋研究所“科学一号”调查船配有加拿大生产的 CMA-722A 组合卫星导航设备。它是由计程仪和陀螺罗经控制的一个航迹推算导航系统。卫星定位是作为点位基本控制的。在收到第一个卫星定位后, 以该点作为推算的起点, 在这期间, 其点的位置是根据各种系数通过导航系统计算机而得到的, 从而可随时提供船位及导航信息, 直至下一次卫星定位时, 系统工作根据该位置对推算位置进行更新。鉴于以上情况及海上其它因素的影响, 推算位置的误差较大, 且随时间(从几十分钟至几个小时)的增长而不断积累, 故在卫星位置更新时, 两者的数据不一致, 这就产生了闭合差, 这样航线轨迹会因更新而形成明显的断裂折线(见图 1)。

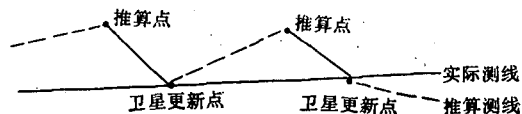


图 1 推算误差与测线折线

为了消除这些断裂, 提高推算船位的精度, 使折形测线投影到平滑的沿卫星更新点的轨迹上, 需要进行误差校正。

II. 闭合差的计算及校正

本定位系统在原始定位记录中仅有测点的推算位置及卫星定位时刻的位置, 即缺少卫星定位时刻所推算的船位。为此首先要求出卫星定位时刻的推算船位, 从而得到卫星段的闭合差, 然后用卫星段的闭合差

校正每个测点的位置。

海上航向是以顺时针计算的, 我们用该卫星段最后一个测点的航向、航速以及时间, 根据三角函数关系, 即可求出卫星定位时的推算船位, 原理见图 2 (1 n mile 为 1')。

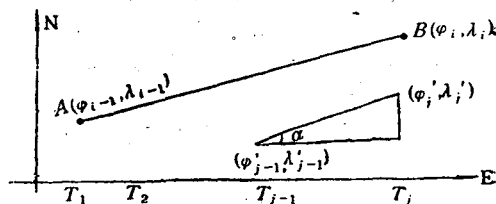


图 2 计算示意

计算公式如下:

$$\begin{aligned}\varphi'_j &= \sin(90^\circ - \alpha) \times v / (T_j - T_{j-1}) + \varphi'_{j-1} \\ &= \cos \alpha \times v / (T_j - T_{j-1}) + \varphi'_{j-1} \\ \lambda'_{j-1} &= \cos(90^\circ - \alpha) \times v / (T_j - T_{j-1}) + \lambda'_{j-1} \\ &= \sin \alpha \times v / (T_j - T_{j-1}) + \lambda'_{j-1}\end{aligned}$$

$\varphi', \lambda', \alpha$ ——推算船位的经纬度及航向

v, T ——航速及时间

然后代入下式求出卫星段的闭合差

$$e_\varphi = \varphi_i - \varphi'_j$$

$$e_\lambda = \lambda_i - \lambda'_j$$

φ_i, λ_i ——卫星定位经纬度

地震作业时, 船是以匀速航行的, 其变化不大。因此我们采用简单的线性函数将卫星更新时的闭合差按时间线性地分配到更新段内的每个推算船上¹⁾。

已知 A, B 为两个卫星定位点, 设 (T_0, T_n) 匀速

1) 曾望贤等, 1982 年。综合卫星导航地震炮点资料的处理方法及程序设计。海洋石油 3: 40-53。

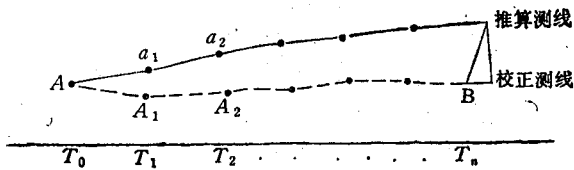


图3 校正示意

航行,从A沿测线分别在 T_1, T_2, \dots, T_n 时间得到推算位置 a_1, a_2, \dots, a_n 。于是对推算位置以时间变量进行校正,即可得到真正航线 A_1, A_2, \dots, A_n 位置(见图3)。

计算公式

$$A\varphi_j = \varepsilon\varphi_i / (T_i - T_{i-1}) \times (T_j - T_{i-1}) + A'\varphi_j$$

$$A\lambda_j = \varepsilon\lambda_i / (T_i - T_{i-1}) \times (T_j - T_{i-1}) + A'\lambda_j$$

T_i, T_{i-1} ——两卫星段定位时间

$A'\varphi_j, A'\lambda_j, T_j$ ——推算船位经纬度及时间

处理步骤为:

读入该条测线卫星定位的经纬度、时间以及推算船位经纬度、时间→根据推算船位的时间内插→校正推算船位的经纬度→按表格形式打印测线名以及校正的经纬度及时间→结束。

另外在一些特殊情况下,例如某个卫星仰角 $75^\circ < \alpha < 7^\circ$ 时,每个推算点的位置明显地不合理(图4所示)。这时用上述方法校正效果不佳。因此,我们则采用另一种方法对它作第二次处理。用距离公式求出两卫星段的距离,然后用每个推算点的航向及时间计算出该测点的位置,计算公式如下:

$$d = \sqrt{(\varphi_B - \varphi_A)^2 + (\lambda_B - \lambda_A)^2}$$

$$\varphi_j = d \times \cos \alpha_j \times (T_j - T_A) / (T_B - T_A) + \varphi_A$$

$$\lambda_j = d \times \sin \alpha_j \times (T_j - T_A) / (T_B - T_A) + \lambda_A$$



图4 不合理的测线

III. 结果分析及存在问题

以上过程均在 HP-1000 计算机上完成。计算时,

海洋科学, 1991年1月第1期

每条测线作为一个数据文件,处理出来的资料依次打印。在每条测线资料前,打印测线名及日期。打印资料的正文以表格形式印出测线的站号、推算船位、校正船位、时间及校正后的水深。

为了检验上述方法的可行性,为此上在海作了一些试验。现将6个卫星段的闭合差以及通过计算所得闭合差之较差列入表1。此外,用上述方法校正的某个卫星段的测线如图5所示。

表1 计算所得闭合差与卫星段闭合差之间的差

$\varepsilon\varphi_i(')$	$\varepsilon\lambda_i(')$
0	0.1
-0.1	-0.4
0	0.1
0.1	-0.3
0	-0.1
-0.2	0.2



图5 校正测线与推算测线比较

图中实线为原始推算船位,虚线为经过校正的船位。

从表1与图5中可以看出,用上述方法计算的结果其误差在工作要求允许范围内。其校正的测线也是合理的。所以,在目前仪器系统的条件下,这种方法还是可行的。

最后需要指出的是,卫星导航设备在国内缺乏系统资料,并且海上是随船速、风力、海流等因素不定而随机变化的。目前的数学方法与程序设计还不能兼顾这些因素。因此,在处理方法及程序上有许多不完善的地方,有待今后进一步探讨。