

DGPS 航向数据计算拖鱼平面位置的精度分析

刘 辉

(上海海事局 海测大队, 上海 200090)

摘要: 拖鱼位置归算的关键因素是航向, 探讨了使用 DGPS 航向数据计算拖鱼位置的精度情况, 根据计算结果分析了航向数据对拖鱼位置精度的影响, 认为在实际操作中应该使用软件和硬件两方面确保航向数据质量, 在上下测线时应该注意保持拖鱼航向稳定性。

关键词: 拖鱼归算; DGPS 定位; 航向数据; 归算精度

中图分类号: P229

文献标识码: B

文章编号: 1671-3044(2011)01-0036-03

1 引 言

在海洋测绘和海洋地质调查中, 有多种仪器需要以拖鱼作为载体, 例如磁力仪和侧扫声纳等。而一般测量船的定位设备(如 GPS)都安装在船体上, 但是所测得的测量数据的实际位置在拖鱼, 为了对应位置和测量值的关系, 这就需要将船体上的 GPS 设备位置归算到拖鱼上去。《海洋调查规范·海洋地质地球物理调查》^[1]中计算拖鱼位置的关键量是测量船舶的航向, 目前在我国的海事测量部门, 测量船舶定位还主要依靠的是 DGPS 系统, 此系统平面定位精度在米左右, 且存在跳点较多。因此使用此系统提供的航向数据进行拖鱼归位计算的精度如何, 就需要进行仔细的分析探讨, 以期给出一个合理的结论。

2 拖鱼和船舶位置归算关系

图 1 是测量船舶和拖鱼的相对位置关系图, 图中 x 是 GPS 实际位置 A 到船舶尾部拖鱼缆绳点 B 的竖直距离(以船体坐标系为参照), y 是点 A 到点 B 的水平距离(以船体坐标系为参照), S 是拖鱼缆绳的长度, 其中 x 和 S 以船首方向为正, y 以船体右舷方向为正。

要将 GPS 的位置 A 归算到拖鱼的位置 P , 则需要两步计算, 首先把位置 A 归算到位置 B , 然后把位置 B 归算到位置 P 。假设测量船行进方向的方位角为 α , 那么归算所用的计算公式为^[1]:

第一步, A 点到 B 点:

$$\begin{cases} x_B = x_A + (x \cos \alpha - y \sin \alpha) \\ y_B = y_A + (x \sin \alpha + y \cos \alpha) \end{cases} \quad (1)$$

第二步, 从 B 点到 P 点:

$$\begin{cases} x_P = x_B + S \cos \alpha \\ y_P = y_B + S \sin \alpha \end{cases} \quad (2)$$

经过两步归算后, A 点的平面坐标就归算到了 P 点。

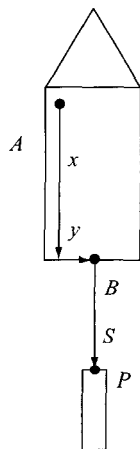


图 1 拖鱼和船舶相对位置关系图

3 算例分析

目前的海测定位模式多为 DGPS(伪距差分)模式, 平面精度在 0.5m 左右, 而且差分信号不稳定, 个别地区跳点现象严重。从公式(1)和(2)得出, 归算前后的精度主要取决于航向。使用 DGPS 航向数据进行归算, 能达到什么样的精度水平需要进行实际分析。为了研究这种归算方法的精度, 选取了一条测线数据进行实验, 相关的已知量为: $x = -15\text{m}$, $y = 2\text{m}$, $S = -60\text{m}$, 测线方位角为 $0^\circ 30'$, 经计算得到几组结果, 对比结果如下。

以下三幅图中,图 2 是船舶实际航向变化图,图 3 为 x 坐标变化图,图 4 是 y 坐标变化图。

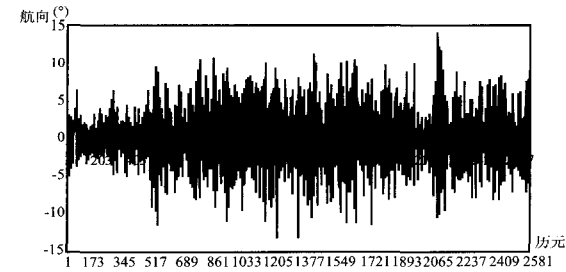


图 2 船舶航向变化图

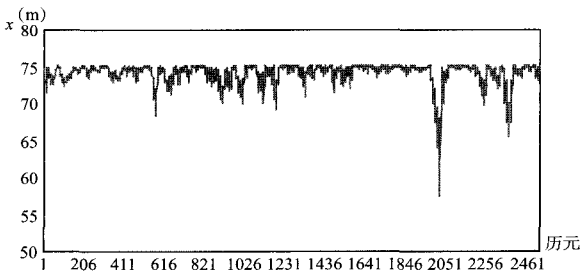


图 3 归算前后 x 坐标变化图

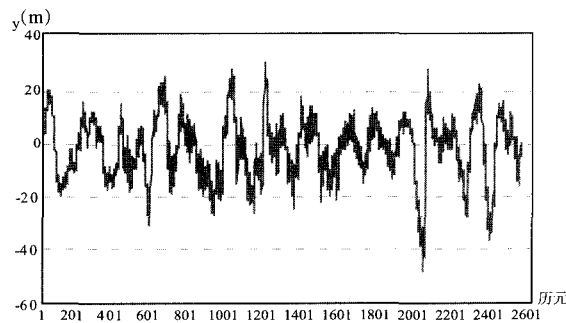


图 4 归算前后 y 坐标变化图

由图 2 可以看出,测量船的航向在测线方向上下变动,大多数的变动在 $\pm 5^\circ$ 范围之内,但是也有不少时段超过了 $\pm 10^\circ$,全部时段内航向的平均变化值是 2.73044° 。

图 3 是归算前后 x 坐标值的变化,可以看出大部分时间是在 $70 \sim 75\text{m}$ 之间,但也有部分时段变化比较大。图 4 是 y 坐标变化图,大部分在 $\pm 10\text{m}$ 之内。根据图 1 所示的 x 和 S 之和为 75m ,航向在 $0^\circ 30'$,因此拖鱼位置的坐标和 GPS 位置的坐标相差理论值计算公式为:

$$\Delta x = \frac{(S+x)}{\cos \{ \alpha \tan [y/(S+x)] \} \cos \{ \alpha - \alpha \tan [y/(S+x)] \}}$$
$$\Delta y = \frac{(S+x)}{\cos \{ \alpha \tan [y/(S+x)] \} \sin \{ \alpha - \alpha \tan [y/(S+x)] \}}$$

(3)

根据公式(3)计算出的理论值为: $\Delta x = 75.015\text{m}$, $\Delta y = -1.345\text{m}$ 。表 1 是归算后的坐标差值和理论差

值对比关系。

表 1 理论值和计算值对比关系		单位:m
理论 x 坐标差	75.015	1.161
实际 x 坐标差	73.854	
理论 y 坐标差	-1.345	1.788
实际 y 坐标差	-3.133	

实际的归算值和理论值在 x 方向均值相差 1.161m , y 方向均值相差 1.788m 。

4 影响归算精度的因素分析

4.1 航向数据处理

由以上的计算结果和图表对比关系,可以看出,归算精度和航向有直接的影响关系。可以直观地看出,航向变化大的时候, x 方向和 y 方向变化均比较大。可以说航向数据的质量决定了拖鱼位置归算的精度。但是在实际中,由于 DGPS 模式本身的精度限制,航向数据的误差和跳变不可避免,由图 2 也可以看出,航向的输出频率是 1 个/s,在 1s 的时间里不应该有如此大的航向变化,实际的航向变化应该是平滑的连续的。提高航向数据质量的方法有两种,一种是使用更高精度的提供航向数据的设备;另一个方法,就是对 DGPS 航向数据进行一些简单处理。

图 2 中航向数据的主要问题是平滑,跳变比较厉害,因此处理的基本思路就是对跳变较大的数据进行内插,使整个时段的航向比较平滑。这一类的处理算法很多,在此使用一种相对简单的算法,基本计算原理如下:

如图 5 所示,一个数据序列中三个相邻的点 a 、 b 、 c ,有三个值可以计算出中间的角度 b ,如果数据输出速度很快,那么可以认为相邻的数据不会变化太大,如果角 b 小于某一个设定阈值的时候,可以认为数据点 b 出现了跳变,此时就用数据 a 和数据 c 之间的插值来替代数据 $b^{[2]}$,这就是此算法的基本思路。

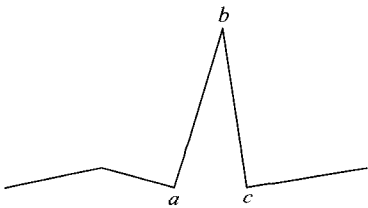


图 5 航向数据处理示意图

4.2 计算归算值

使用处理后的航向数据重新计算归算值,和本文第二部分计算过程一样。得到的结果见图 6~8。

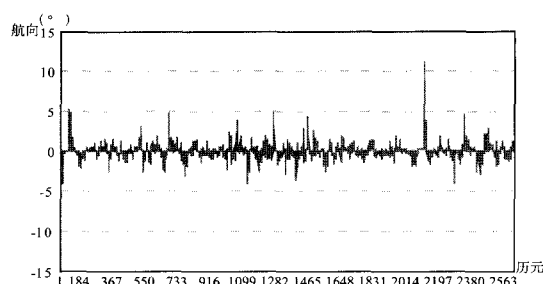


图6 处理后的航向变化图

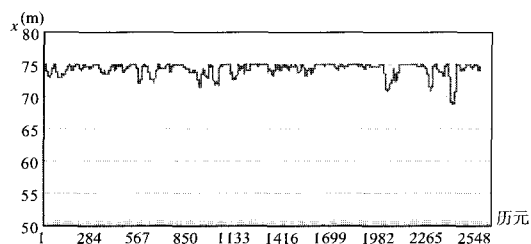


图7 x坐标变化图

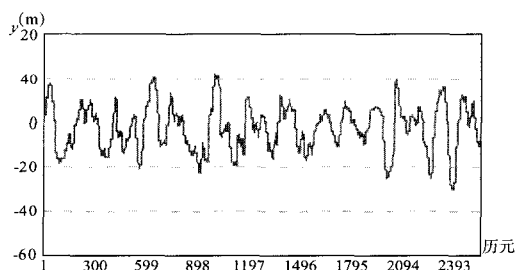


图8 y坐标变化图

直观上看,不论是航向变化还是坐标变化,和航向数据处理前的计算结果相比均有明显的改善。航向的变化绝大部分在 $\pm 5^\circ$ 范围之内,仅有个别点超出了这个范围,平均变化值为 0.3862° ,具体的计算量对比见表2。

表2 理论值和计算值对比

理论 x 坐标差(m)	75.015	0.629
实际 x 坐标差(m)	74.386	
理论 y 坐标差(m)	-1.345	0.989
实际 y 坐标差(m)	-2.334	
原始航向差($^\circ$)	2.73044	2.34424
处理后航向差($^\circ$)	0.3862	

处理后的航向偏差均值比处理前减少了 2.34424° ,实际的归算值和理论值在 x 方向均值相差 0.629m ,y 方向均值相差 0.989m ,和处理之前的计算结果相比,x 方向较差均值减少了 0.532m ,y 方向较差均值减少了 0.799m 。

5 结束语

(1)在使用拖鱼的时候,特别是磁力仪等设备需要较长缆绳的时候,由于拖鱼的方位和船舶方位有延后性,因此要待船舶航向保持稳定之后在开始记录数据上下线时,如果方向相差较大,不要记录数据,此时归算误差最大。换线的时候要转大弯,在测线开始之前就要尽量保持航向稳定。

(2)为了保证航向数据的质量,最好使用高精度的设备提供航向数据。如果不能保证航向的精度,需要在位置归算前对航向数据进行必要的处理。

参考文献:

- [1] GB/T 12763.8,海洋调查规范·海洋地质地球物理调查[S].北京:中国标准出版社,1993.
- [2] 赵建虎,刘经南.多波束测深与图像数据处理理论、方法及应用[M].武汉:武汉大学出版社,2008.
- [3] 于波,王瑞,翟国君,等.拖鱼起伏变化对磁力测量测量数据精度影响分析[J].海洋测绘,2008(6):10-12.
- [4] 于波,刘雁春,肖付民,等.海洋磁力测量中确定最佳拖曳距离的一种方法[J].武汉大学学报·信息科学版,2006,31(11):999-1002.
- [5] 赵建虎.多波束深度与图像数据处理方法研究[D].武汉:武汉大学,2002.
- [6] 管志宁.地磁场与磁力勘探[M].北京:地质出版社,2006.
- [7] 任来平,张襄安,刘国斌,等.海洋磁力测量系统误差来源分析[J].海洋测绘,2004(5):5-8.
- [8] 赵建虎.现代海洋测绘[M].武汉:武汉大学出版社,2007.
- [9] 王广运,郭秉义.差分GPS定位技术与应用[M].北京:电子工业出版社,1996.
- [10] 李辉.天津港适航浮泥扫海测量[J].海洋测绘,2004(5):27-28.

Study on Calculation of Towfish's Coordinate Used DGPS Heading

LIU Hui

(Hydrographic Surveying Brigade, Shanghai Maritime Safety Administration, Shanghai, 200090)

Abstract: The key factor of towfish's position is the heading of boat. This paper studied using DGPS heading data calculation accuracy of towfish's position. In order to ensure the precision of the towfish's position, we should improve the quality of heading data and keep the stability of the towfish when the survey starts and ends.

Key words: calculation of towfish; position of DGPS; heading; precision of calculation