

海洋磁力测量拖鱼位置概算

边刚¹, 刘雁春¹, 翟国君², 肖付民¹

(1. 海军大连舰艇学院 海洋测绘系, 辽宁 大连 116018; 2. 海军海洋测绘研究所, 天津 300061)

The Estimate of Magnetometer-Fish Position in Marine Geomagnetic Surveying

BIAN Gang, LIU Yan-chun, ZHAI Guo-jun, XIAO Fu-min

摘要:从海洋磁力仪的工作方式出发,对磁力测量中拖鱼位置概算进行研究,基于对直接概算方法的分析,提出拖鱼位置的拖曳概算法,理论推导和实例分析证明其有效性。

关键词:海洋磁力测量; 拖鱼位置; 概算方法

一、引言

海洋磁力测量定位数据由船载 GPS 系统完成,磁测数据则由海洋磁力仪完成。为了有效减小船磁的影响,磁力仪的传感器(即拖鱼)采取拖曳式工作,因此,为了确定磁力数据的空间位置,必须对拖鱼的位置进行归算。高精度的海洋磁力测量可以通过在船上和拖鱼上分别安装固定装置(如水听器 and 声标)来对拖鱼位置进行准确归算,而目前大多数测船上没有此类装置,需采用概算方法来求得拖鱼概略位置。直接的概算方法是:假设测量船沿计划测线行驶,利用拖缆长度求得拖鱼的概位。当测船偏离计划航线较大或转向时,直接概算法就会产生很大的误差。本文提出拖曳概算法对拖鱼的位置进行概算,并通过实例对两种概算方法进行比较。

二、海洋磁力仪工作方式

海洋磁力测量中,由于测量船大多使用强磁材料建造,船本身的固有磁场也在随船的空间位置的改变而变化,在不同的距离和磁方位上,船体磁场对探头的磁性影响是不同的。因此,为了有效减小船磁方位的影响,磁力仪传感器(拖鱼)采取拖曳式工作,通常配有很长的电缆(至少为船长的3倍),不同测量船使用的磁力仪拖曳距离要通过试验确定。本文以美国 Geometrics 公司的 G880 铯光泵磁力仪为例介绍磁力仪的工作方式并对拖鱼准确位置概算进行研究。

图1中 AA' 为测线布设方向, FP 为测船的航行方向, φ 为 t 时刻测船偏离布设测线夹角, O 为

GPS 中心, P 为测船中心, T 为船尾的拖点, F 为 t 时刻拖鱼的位置,拖缆长为 L 。根据仪器说明:拖鱼在水中的姿态并不影响磁测数据的采集质量,拖鱼的入水深度可以通过探头固定装置测得或通过换算得到。拖鱼在水中的受力情况见图2。

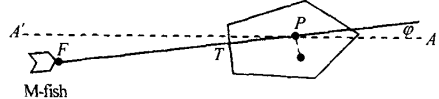


图1 海洋磁力仪工作方式示意图

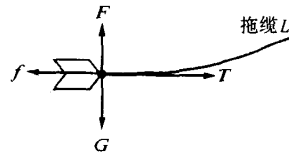


图2 托鱼受力分析

G 为拖鱼自身的重力, F 为拖鱼在水中的浮力, T 为测船的牵引力, f 为拖鱼在航行时受到的海水的阻力。拖缆受自身重力的影响,拖缆对拖鱼的牵引力大致沿水平方向。在垂直方向上拖鱼受力平衡,使得拖鱼悬浮与水中。在水平方向上,由于测船的牵引力远大于海水的摩擦力,拖鱼就会沿着牵引力的方向前进。在整个施测过程中,如果测船沿测线匀速直线航行,则测船和拖鱼的航迹是相似的。

为了保证测量船和拖鱼按计划测线航行,通常测量船提前 500 m 上线,以保证测船进入测线时,船艏、船尾与拖鱼 3 点呈一直线,测线测量结束时,测

收稿日期: 2003-07-09

作者简介:边刚(1978-),男,山西晋中人,研究生,从事海洋磁力测量研究。

量船应保持航向航速继续航行 500 m 后方能转向。施测中测量船尽量保持匀速直线航行。实际航线偏离计划测线不得大于测线间距的五分之一,当测船偏离计划航线较大时,应及时修正航向。

三、拖鱼位置概算

海洋磁力测量时,通常在施测前,通过对数据采集系统参数进行配置来对拖鱼的位值进行初步归算,一般需要配置的有 GPS 中心横向位移 ΔY_T , 拖点位置的纵向位移 ΔX_T 及拖缆长度 L 。而拖鱼位置概算是由 t 时刻测船 GPS 的位置,确定 t 时刻拖鱼 F 的位置,为了方便一般先求定拖点 T 的位置,然后再利用拖缆的长度得到拖鱼的位置。

1. 直接概算法

当测船严格按布设测线航行,且不考虑深度及海底摩擦力等物理因素的影响,那么可以利用拖缆的长度来直接概算拖鱼的位置。

为了方便,本文引入船载坐标系和当地坐标系,船载坐标系以测船 GPS 中心为原点, Y 轴为测船的航向, X 轴垂直于航向并且右舷为正。当地坐标系以测船 GPS 中心为原点, X 轴指向北, Y 轴指向东。如图 3 所示。

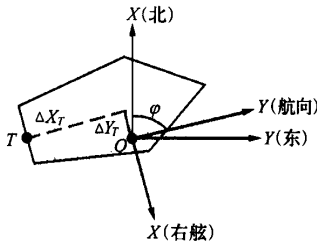


图 3 拖鱼位置概算示意图

已知: t 时刻 GPS 定位中心的位置为 (B_0, L_0) , φ 为测船的航向(由罗经记录),可以通过下列步骤和公式求得拖点 T 的位置 (B_T, L_T) 。首先进行坐标转换,将船载坐标系反时针旋转 φ 角,即

$$\begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\cos \varphi & \sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta X_T \\ \Delta Y_T \end{bmatrix} k \quad (1)$$

再根据 GPS 天线的位置和上式计算拖点 T 的位置

$$\begin{bmatrix} B_T \\ L_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_0 \\ L_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\Delta X}{M} \\ \frac{\Delta Y}{N \cos B_0} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中, M 为 GPS 天线处的子午圈曲率半径, N 为

GPS 天线处的卯酉圈曲率半径, k 为弧度转换因子 ($k = 57.295833$)。

则 t 时刻拖鱼的概略位置为

$$\begin{bmatrix} B_F \\ L_F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_T \\ L_T \end{bmatrix} + k \begin{bmatrix} \frac{L \cos \alpha}{M} \\ \frac{L \sin \alpha}{N \cos B_T} \end{bmatrix} \quad (3)$$

在上述计算公式中,也可以直接以 GPS 天线坐标代替拖点坐标,将 GPS 天线至拖点的距离作为拖缆长度的一部分来进行拖鱼位置概算。

2. 拖曳概算法

由于海洋磁力测量存在动态性,受到风、流、涌等因素的影响,测船不能严格按计划航线航行。当测量转向或偏离计划测线行驶时(如图 4),用直接概算法计算会产生很大偏差。为此,本文提出拖曳概算法。

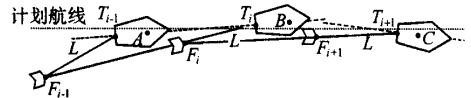


图 4 测船航迹示意图

假设 t_{i-1} 时刻,已知测船的位置 A 和拖鱼的位置 F_{i-1} , t_i 时刻,已知测船的位置 B ,而拖鱼的位置 F_i 未知。连接 t_{i-1} 时刻拖鱼的位置 F_{i-1} 和 t_i 时刻测船的拖点位置 T_i ,在连线 $T_i F_{i-1}$ 上,利用拖缆的长 L 可以求得 t_i 时刻拖鱼的位置 F_i 。同理可得 t_{i+1} 时刻拖鱼的位置 F_{i+1} 。具体算法如下。

t_i 时刻测船的位置 A 由船载 GPS 测得,那么 t_i 时刻的拖点位置 T_i 就可以通过式(2)求得,假设测量船进入测线时沿直线航行,开始时拖鱼的位置就可以由式(3)求得,即 t_{i-1} 时刻拖鱼的位置也可由式(3)求得,则 t_i 时刻的拖鱼位置 $F_i(B_{F_i}, L_{F_i})$ 为

$$\left. \begin{aligned} B_{F_i} &= B_{T_i} + \frac{L \cos \varphi_{i,i-1} k}{M_i} \\ L_{F_i} &= L_{T_i} + \frac{L \sin \varphi_{i,i-1} k}{N_i \cos B_{T_i}} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

式中, $\varphi_{i,i-1}$ 为 $T_i F_{i-1}$ 连线的方位角,可由下式计算

$$\left. \begin{aligned} \varphi_{i,i-1} &= \tan^{-1} \left(\frac{\Delta Y}{\Delta X} \right) \\ \Delta Y &= (L_{F_{i-1}} - L_{T_i}) N_i \cos \left[\frac{1}{2} (B_{T_i} + B_{F_{i-1}}) \right] \\ \Delta X &= (B_{F_{i-1}} - B_{T_i}) M_i \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

式中, M_i 和 N_i 是以 $B_0 = \frac{1}{2} (B_{T_i} + B_{F_{i-1}})$ 为参数计算而得的子午圈和卯酉圈曲率半径。

采取拖曳法进行拖鱼位置概算,需要已知前一点的拖鱼概位。在实际工作中,测量船通常提前上线,保证了开始时测船和拖鱼沿测线航行,这样可先采用直接概算法计算得到开始时刻的拖鱼位置,然后再利用拖曳算法进行后续位置确定。

四、实例计算

下面采用两种拖鱼位置概算法,对某次海洋磁力测量的数据进行计算和分析比较。

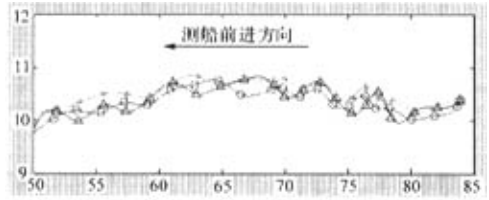
海洋磁力测量的系统参数配置如下:GPS中心横向位移 $\Delta Y_T = 5\text{ m}$,拖点位置的纵向位移 $\Delta X^T = 20\text{ m}$ 及拖缆长度 $L = 200\text{ m}$ 。测船的航向为 $\varphi = 270^\circ$ 。采取拖曳法进行概算时,开始时拖鱼的概位由直接法求得。两种概算方法计算得拖鱼位置见表1,其偏差用下式求得:

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_i &= (B_{F_{1i}} - B_{F_{2i}}) \frac{2\pi N_i}{129\ 600} \\ \Delta Y_i &= (L_{F_{1i}} - L_{F_{2i}}) \frac{2\pi M_i}{129\ 600} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

将表1中测点和不同方法概算的拖鱼位置用图5表示。

由表1计算数据及图5和图6可以看出,采用两种算法概算得到的拖鱼位置不同。在直接法中,在测船航向上对拖鱼位置进行概算,当受到风、流、涌等因素

的影响,测船和拖鱼不能严格沿计划测线航行,将产生较大误差。而拖曳法顾及到了测船转向和偏离计划测线的情况,此法概算的拖鱼位置在测点GPS位置和前一点拖鱼准确位置连线上,因此拖曳方法推算的拖鱼的概位相对于直接法更为准确。



注:图中○代表GPS测点位置,*代表直接概算法的拖鱼位置,△代表拖曳概算法的拖鱼位置。横坐标代表经度方向,纵坐标代表纬度方向。

图5 拖鱼位置概算比较图

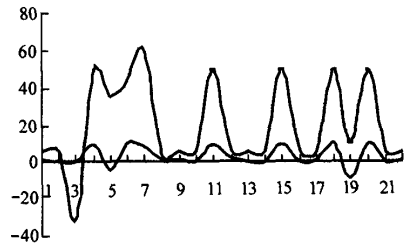


图6 两种概算方法偏差曲线

表1 不同方法概算拖鱼位置

GPS位置		拖鱼位置1		拖鱼位置2		偏差/m	
L_0	B_0	L_{F_1}	B_{F_1}	L_{F_2}	B_{F_2}	经向	纬向
50'11.56"	53'10.27"	50'19.86"	53'10.43"	50'19.68"	53'10.39"	5.4	1.2
49'06.58"	53'10.10"	49'14.89"	53'10.26"	49'14.70"	53'10.25"	5.7	0.3
48'00.01"	53'10.02"	48'08.32"	53'10.18"	48'09.36"	53'10.17"	-31.2	0.3
46'57.02"	53'10.23"	47'05.33"	53'10.39"	47'03.67"	53'10.06"	49.8	9.9
46'19.32"	53'10.24"	46'27.67"	53'10.41"	46'26.50"	53'10.55"	35.1	-4.2
45'42.79"	53'10.48"	45'50.92"	53'10.64"	45'49.44"	53'10.29"	44.4	10.5
45'02.96"	53'10.28"	45'11.27"	53'10.44"	45'09.27"	53'10.14"	60	9
44'15.33"	53'10.31"	44'23.65"	53'10.48"	45'23.46"	53'10.43"	3	1.5
43'32.36"	53'10.60"	43'40.67"	53'10.76"	43'40.48"	53'10.72"	5.7	1.2
42'42.39"	53'10.45"	42'50.70"	53'10.61"	42'50.52"	53'10.60"	5.4	0.3
41'50.85"	53'10.62"	41'59.16"	53'10.78"	41'57.50"	53'10.45"	49.8	9.9
41'17.60"	53'10.59"	41'25.91"	53'10.75"	41'25.73"	53'10.69"	5.4	1.8
39'53.51"	53'10.49"	40'01.82"	53'10.78"	40'01.63"	53'10.78"	5.7	0
38'45.76"	53'10.77"	38'54.07"	53'10.65"	38'53.89"	53'10.65"	5.4	0
37'38.13"	53'10.67"	37'46.44"	53'10.83"	37'44.78"	53'10.50"	49.8	9.9
36'30.60"	53'10.57"	36'38.91"	53'10.73"	36'38.73"	53'10.72"	5.4	0.3
35'23.57"	53'10.29"	35'31.88"	53'10.45"	35'31.69"	53'10.42"	5.7	0.9
34'16.16"	53'10.34"	34'24.47"	53'10.50"	34'22.81"	53'10.15"	49.8	10.5
33'09.70"	53'10.14"	33'18.01"	53'10.50"	33'17.65"	53'10.79"	10.8	-8.7
32'02.77"	53'10.18"	32'11.08"	53'10.34"	32'09.42"	53'10.00"	49.8	10.2
30'56.12"	53'10.03"	31'04.43"	53'10.20"	31'04.24"	53'10.18"	5.7	0.6
29'51.52"	53'09.70"	29'59.84"	53'09.87"	29'59.65"	53'09.82"	5.7	1.5

上的位置成为记录变化的主要组织基础。所有的变化被表达为通过时间的事件序列。事件序列用时间线说明。一条时间线表示从某已知时刻到其他已知后续时间点的有序进程。沿着时间线,每个时间位置对应着一个发生变化的实体集。由此就建立起了基于事件的时间模型。

基于事件的模型能很好地处理离散变化,但很难处理连续变化。在现实世界中有许多地理现象,如洪水、丛林火灾、土地城市化、地震、冰川移动等,它们的变化是连续的,有时不能用简单的事件和状

态来表示。当一个事物连续变化时,我们可以定义事物的每一次状态的变化均由事件引起,但在实际应用中这种定义并不一定适合,所以我们将它的连续变化定义为一个过程。这个过程可能采用数学模型或其他方法来描述。由此可以建立起基于过程的时间模型。

组合上面两种时间模型和前面讨论过的基于场和基于对象的空间模型就形成四种时空概念模型(表1):场事件时空概念模型,场过程时空概念模型,对象事件时空概念模型,对象过程时空概念模型。

表1 4种时空概念模型

	基于场的空间概念模型	基于对象的空间概念模型
基于事件的时间概念模型	场事件时空概念模型	对象事件时空概念模型
基于过程的时间概念模型	场过程时空概念模型	对象过程时空概念模型

六、结束语

建立一种有效的数据模型是GIS领域的主要研究方向之一。由于空间目标非常复杂,使GIS理论研究与软件开发的难度很大,至今还没有一种数据模型和数据结构有能力把所有的目标,特别是3维、时空4维目标都表示得很好。面向对象的数据模型便于空间地物,特别是复杂地物的描述,具有可扩充性、继承性和传播性,是GIS今后的发展方向。

论文对已有时间概念模型进行了分析,提出时空建模的基本目标是表达时空变化,并就此提出根据表达离散变化和连续变化的需要,时间概念模型可分为基于事件和基于过程的模型,并结合基于场的和基于对象的空间概念模型,提出时空概念模型可划分为4种:场事件时空概念模型,场过程时空概念模型,对象事件时空概念模型,对象过程时空概念模型。

(上接第11页)

五、结论与建议

本文对拖鱼位置概算问题进行了研究,直接概算法需假设测船沿计划测线航行,是拖鱼位置概算的简便方法。拖曳概算法则顾及到了测船转向或测船偏离计划测线的情况,是一种新的拖鱼位置概算方法,可以给出更为准确的结果,建议在海洋磁力测

参考文献:

- [1] 邬伦,刘瑜,等. 地理信息系统原理、方法和应用[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [2] 萨师焯,王珊. 数据库系统概论[M]. 北京:高等教育出版社,1991.
- [3] 陈军. GIS空间数据模型的概念和问题—RS、GIS、GPS集成与应用[M]. 北京:测绘出版社,1995.
- [4] 严蔚敏,吴伟民. 数据结构[M]. 北京:清华大学出版社,1995.
- [5] 王能斌. 数据库系统原理[M]. 北京:电子工业出版社,2000.
- [6] 王青山,王家耀. GIS数据模型研究与实践[J]. 解放军测绘学院学报,1998,15(4):296-299.
- [7] KROENKE D M. 数据库处理-基础、设计与实现[M]. 北京:电子工业出版社,1998.
- [8] 舒红. 概念、形式化和逻辑时空数据建模原理初探[D]. 武汉:测绘科技大学,1998.

量中采用。

参考文献:

- [1] 梁开龙,刘雁春,管铮,等. 海洋重力测量与磁力测量[M]. 北京:测绘出版社,1996.
- [2] 叶久长,刘家伟. 海道测量学[M]. 北京:海潮出版社,1993.
- [3] GB13909-1992,海洋调查规范[S].