

实测航磁 ΔT 三维梯度与由 ΔT 数据换算的 三维梯度数据的异同

线纪安, 郭玉峰, 梁建, 陈冬

(中国冶金地质总局地球物理勘查院, 河北保定 071051)

摘要: 文章通过实测航磁 ΔT 三维梯度数据与由航磁 ΔT 换算出的三维梯度数据的比较, 找出其差异, 并解释了引起差异的原因。得出在我国目前技术条件下, 在需要用航磁 ΔT 三维梯度数据时, 只需实测航磁 ΔT 的横向水平梯度, 其余 2 个方向梯度值可用由 ΔT 值换算得出, 即可达到解释要求。

关键词: 航磁异常; 航磁 ΔT 三维梯度; 航磁 ΔT 垂直梯度; 航磁 ΔT 横向水平梯度; 航磁 ΔT 纵向水平梯度

中图分类号: P631.222 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2013)02-0297-04

1 引言

航磁 ΔT 三维梯度数据资料虽然在区分叠加异常、“曲化平”计算、梯度模及斜导数计算等方面得到了广泛的利用, 但在绝大多数情况下的航磁 ΔT 三维梯度数据资料是由实测 ΔT 数据资料换算得到的。随着技术的进步, 航空磁力仪探头的灵敏度、控制部分的同步性及采样率不断的提高, 自上个世纪 80 年代末期航空磁梯度测量进入了实用阶段。

中国冶金地质总局地球物理勘查院于 1987 年从加拿大引进了直升机航磁垂直梯度测量系统磁力仪(铯光泵)探头, 其灵敏度为 0.1 nT; 2007 年又由加拿大引进了高灵敏度的磁力仪(铯光泵)探头, 灵敏度为 0.000 6 nT。中国冶金地质总局地球物理勘查院已在国内多个地区进行了航磁梯度测量及应用。

本文就实测航磁 ΔT 三维梯度数据与由 ΔT 数据换算的三维梯度数据进行比较, 讨论它们的异同点。

2 应用^①及讨论

从位场理论可知^[1-3], 由 ΔT 值完全可以换算出其梯度值, 也就是说由 ΔT 值换算出的梯度值与实测 ΔT 的梯度值是等价的。但对多个地区测量成果的分析, 事实并非如此。例如, 2010 年我院在冀东某地做了 300 多 km², 线距 200 m 的航磁三维梯度测量。4 个铯光泵磁探头的灵敏度为 0.000 6 nT, 磁探头安装情况(图 1): 2 个探头分别安装在 Y-12 飞机的 2 个大翼尖上(相距 19.32 m), 其差分数据为垂直测线方向的水平横向梯度值; 2 个垂直安装在尾椎上(相距 1.79 m), 其差分数据为垂直梯度值。用大翼尖上的 2 个探头数据内插在 2 个大翼中点的数值与尾椎的 2 个垂直安装的探头中点数值的差分(相距 11.82 m)为沿测线方向的纵向水平梯度值。4 个探头的一致性平均值为 0.01 nT。采样率 10/s, 飞机的平均航速为 61 m/s, 采样间距平均 6.1 m。飞行测量高度(飞机离地面高度)为 150 m \pm 。机载磁软补系统对每个探头进行飞机磁

收稿日期: 2013-01-20; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 2009 年度国家科技支撑计划项目(编号: 2009BAB43B01)资助。

作者简介: 线纪安(1942-), 男, 教授级高级工程师, 1965 年毕业于北京地质学院物探系, 主要从事航空物探综合研究工作。通信地址: 河北省保定市, 中国冶金地质总局地球物理勘查院; 邮政编码: 071051; E-mail: xianji_an@163.com



图1 三维梯度测量磁探头实际安装图

Fig. 1 The position of magnetometer Sensor on aircraft type Y12

干扰补偿,补偿精度均好于 0.08 nT。全测区 ΔT 的总均方差 $\sigma = 1.87$ nT;垂直梯度的均方差 $\sigma =$

0.039 81 nT/m;横向和纵向梯度的精度是用水平梯度模来衡量,即将每一个点的横向梯度值和纵向梯度值的平方和,再开方。其水平梯度模的均方差 $\sigma = 0.038 76$ nT/m。

下面给出测区一隅的计算梯度值与实测梯度值对比图:图2—图4(平面图的网格距为 20 m,数据是用专业软件在频率域内计算出的)。

从这些图示可以看出,横向梯度实测与计算的结果不论在形态上和数值上差异较大(图2);从剖面图上可以看出,实测的有一非常明显的异常,而由 ΔT 计算的横向梯度没有(这在整个测区还有多处),明显可以看出实测的横向梯度值比换算值增加了信息。而实测的垂直梯度及纵向梯度与由 ΔT 计算的垂直梯度及纵向梯度在形态上基本一致,只是数值上有所差异(图3,图4)。由于实测与换算的横向梯度的不同,显然用它们组成的梯度模也不同(图5,图6)。

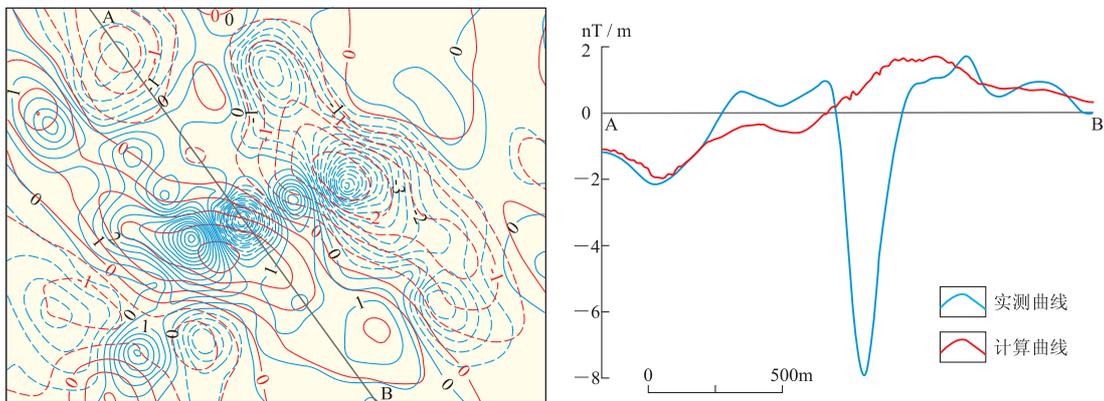


图2 横向梯度对比图(等值线间距为 0.5 nT)

Fig. 2 Comparison chart of Transverse gradient

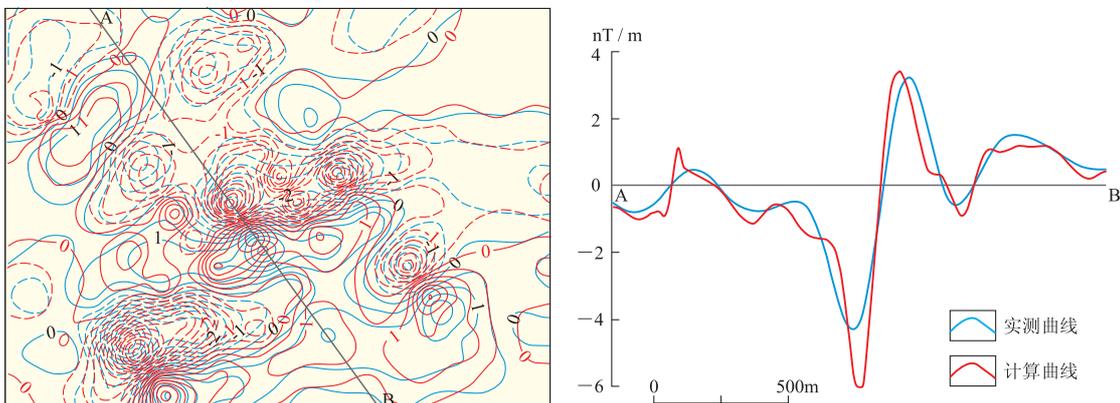


图3 纵向梯度对比图(等值线间距为 0.5 nT)

Fig. 3 Comparison chart of longitudinal gradient

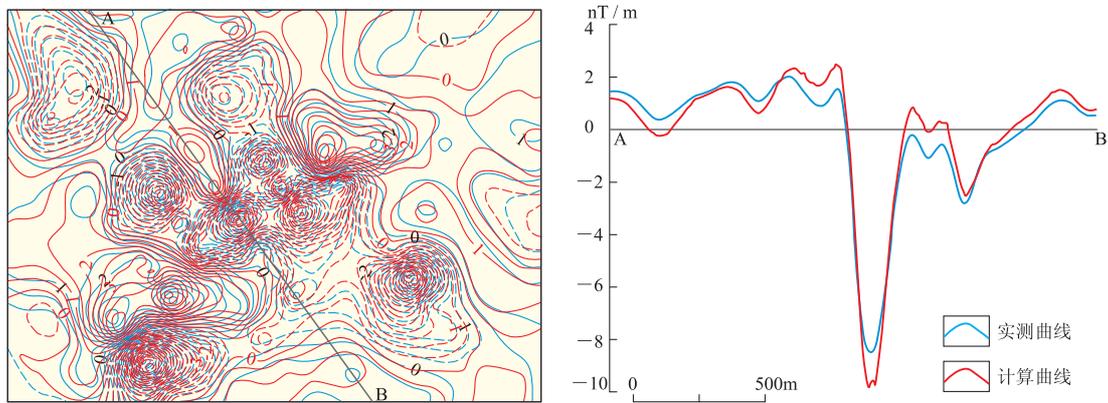


图 4 垂向梯度对比图(等值线间距为 0.5 nT)
Fig. 4 Comparison chart of Vertical gradient

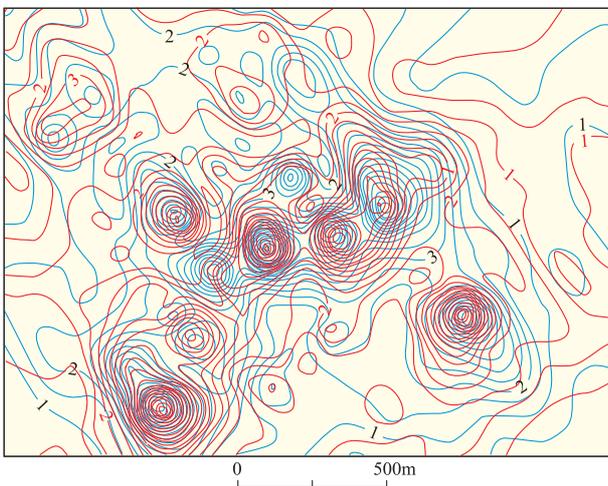


图 5 梯度模对比图(等值线间距为 0.5 nT)
Fig. 5 Comparison chart of Analytic signal

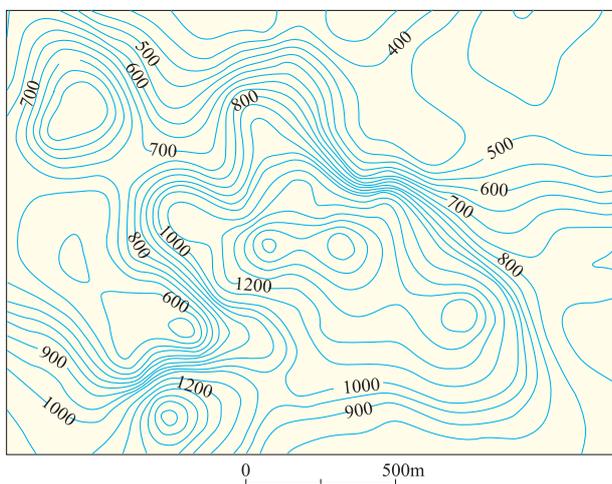


图 6 磁总场等值线图
Fig. 6 Total magnetic field contour map

垂直梯度、纵向梯度实测与换算的数值的差异是由下列原因引起的。

(1)换算时,数值计算要用离散化数值代替连续函数值。航空磁测中,在测线上数据采集密,测线之间无数据,就需要网格化,网格化的网度不同,就等于取舍异常的大小不同;另网格化的方法不同,例如:用样条函数是三次的,还是 B 样条,或是线性的;对异常值的平滑程度也不同,用这些已畸变的数值计算梯度,将带来较大的畸变。

(2)实际观测的数据中有观测误差,如航空磁测所测的总场 ΔT 值,它包含着仪器观测误差、飞机磁补偿误差、日变改正误差(受地面日变站的位置、数量的限制,及日变中的低频部分变化影响等因素)及飞行测量定位误差等等,它们均不属于常差,而总场换算梯度分量又是一个高频放大的过程,所以这些误差会给换算带来更大畸变。例如:图 3 靠近 A 点处计算纵向梯度峰值。

(3)上述换算和网格化公式均建立在数据是在平面上采集的,而航空磁测所采集的 ΔT 数据大多数是在缓起伏平面上测量到的,要将曲面上测量到的 ΔT 数据换算成 ΔT 的梯度值,应首先对 ΔT 数据进行“曲化平”。显然,“曲化平”不仅耗时和麻烦,而且“曲化平”的过程又要带来较大误差和丢失不少有用信息。

(4)目前航空磁测实测 ΔT 的三维梯度是通过差分测量方式得到的。测量用磁探头之间距离(ΔX)不等,在一个测区内很难处处满足于 $\Delta X \leq 0.01 H$ (H 为磁探头与磁性体的垂直距离),只有满足这个条件,其差分与梯度值相差小于 2%;其次,由于条件限制,在固定翼飞机上安装的 4 个磁探头,所测

3 个方向上梯度值的点位不能重合;再有,由于磁探头是固定在飞机上,在飞机仰俯飞行和机翼的侧滚及摇摆飞行时,4 个磁探头不但所测量的层面发生了变化,而且相对于大地坐标轴的方向及探头之间的几何关系也发生了变化,这时所测得的梯度值是不准确的,如上述动作过大时,其测量数值是不能应用的(上述情况,在目前的技术条件下还难于进行校正)。

至于横向梯度实测与换算的差异的原因,除了上述 4 个因素外,还有就是测量横向梯度的 2 个探头相距较远,这样的测量比单一探头所测量的 ΔT 增加了大量的地面磁性体信息,或者说比单一探头所测量的 ΔT 相当于增加了一条测线。再加上飞行测量高度较低,所以出现了实测横向梯度比换算值多出了一个异常。

3 结论

从上述讨论可知,在当前的技术条件下,由 ΔT 换算出的与实测的垂直梯度、纵向梯度异常形态基本

一致,数值也相差不大。横向梯度换算值与实测值不论在形态上和数值上相差甚远,这是因为横向安装的 2 个磁探头增加了探测信息,即相当于同时增加了一条测线测量。因此,在目前需要 ΔT 的三维梯度数值时,只需进行实测横向梯度,其余 2 个方向梯度由 ΔT 换算出即可。这样可以节省设备和简化航空磁测所用的飞机改装。另外,用实测的横向梯度资料进行面积分反算出 ΔT 值不但消除了日变影响,而且会比实测 ΔT 的信息量有所增大。

注释:

- ① 管志宁,线纪安,姚长利,等. 磁异常梯度解释理论与方法. 保定:中国冶金地质总局地球物理勘察院,1993:105-108.

参考文献:

- [1] 吴功健,管志宁,郭绍雍. 应用地球物理:磁法教程[M]. 北京:地质出版社,1980:184-186,249-252.
 [2] 秦葆瑚,张昌达,朱文孝,等. 高精度磁法勘探[M]. 长沙:中南工业大学出版社,1988:222-228.
 [3] 申宁华,管志宁. 磁法勘探问题[M]. 北京:地质出版社,1985:249-260.

Difference of the measured 3-dimension ΔT gradient of air magnetic survey and conversion of the 3-dimension ΔT gradient

XIAN Ji'an, GUO Yufeng, LIANG Jian, CHEN Dong

(Geophysical Exploration Institute of China Metallurgical Geological Bureau, Baoding 071051, Hebei province, China)

Abstract: Data of the measured 3-dimension ΔT gradient of air magnetic survey and data of conversion of the 3-dimension ΔT gradient are compared and difference is shown then causes of the difference are explained and the conclusion is made that under current technical condition if data of the 3-dimension ΔT gradient are needed only the traverse horizontal gradient is measured the gradient of other two directions could be obtained by conversion that would meet needs of interpretation.

Key Words: air magnetic anomaly; 3-dimension ΔT gradient of air magnetic survey; vertical air magnetic ΔT gradient; traverse horizontal air magnetic ΔT gradient; The longitudinal air magnetic ΔT gradient