

文章编号: 1001—1749(2012)01—0093—08

大比例尺航空物探在勘查中的应用 ——以加拿大新斯科舍省悉尼铜钼多金属矿为例

吴彦飞^{1,3}, 高珍权^{1,2,3}, 高小光³, 马 远^{1,3}

(1. 昆明理工大学 国土资源工程学院, 昆明 650093;

2. 中国科学院地球化学研究所 矿床地球化学开放研究实验室, 贵阳 550002;

3. 有色金属矿产地质调查中心, 北京 100012)

摘 要: 简要介绍了加拿大航空物探发展的现况, 并以新斯科舍省悉尼铜钼多金属矿为例, 介绍了大比例尺航空物探在勘查中的应用及取得的成果。通过收集矿区区域航磁以及部份地段的地面高磁, 以资料的处理、融合、分析为手段, 以地质为依据, 利用已经掌握的地质规律, 建立测区内可能有的几种地质模型及地球物理模型, 划分出矿区区域地质构造、岩体, 并圈定了有价值成矿的靶区, 为地质勘查和找矿提供了帮助。

关键词: 大比例尺; 航空物探方法; 航磁异常

中图分类号: P 631. 3⁺26 **文献标识码:** A

0 前言

目前常用的航空物探方法有磁、电磁、重力和伽玛能谱测量, 构成对地探测技术的重要组成部份。当前有能力从事大比例尺航空物探测量工作的只限于美国、加拿大、澳大利亚、中国和俄罗斯等国。

航空物探具有效率高、成本较低、便于大面积工作、探测深度较大等优点, 是基础性和公益性地质调查、战略性矿产勘查的重要手段, 也是地质勘查现代化的标志之一。缺点是受飞机性能的限制, 有些地区难以保证低飞高度, 并且需要高精度的导航、定位设备。

1 加拿大航空物探发展现况

航空物探开始于二十世纪三十年代。自1950年第一台航空电磁仪在加拿大试用成功以来, 各种航空物探方法相继迅速发展。

1993年加拿大 High-Sense 物探公司研制出

了一套轻便型直升机小型化航磁系统, 该系统包括: 磁力仪、LCD 信息显示器和导航指示器、探头、GPS 接收天线、雷达高度计和吊舱, 总重量不到 45 kg, 可安装在 Bell206B 小型飞机上或更小的飞机上, 无需仪器操作员。1994 年加拿大的 Geotech 公司研制出了一套航空物探多参数综合测量系统, 这是一套小型化、多功能、高灵敏度、数字化、多频率的直升机电磁仪、磁力仪和能谱仪的综合系统。整套系统包括 4.8 m 长吊舱、三频电磁仪、磁力仪和 GPS 导航定位仪等, 共重 90 kg。由于这套系统的高度自动化、智能化, 不需空勤操作员操作, 在野外进行航空测量时, 飞机驾驶员操纵飞机沿设计测线飞行就可以了。加拿大一直是世界航空物探技术发展的中心, 虽然最近几年不太活跃, 但技术实力一直处于世界领先水平。

2 地质概况

2.1 矿区简介

悉尼铜钼矿, 位于加拿大东部新斯科舍省悉尼

基金项目: 国外矿产资源勘查专项资金·加拿大安大略省萨德伯里奈恩镍铜矿普查(10254B007)

收稿日期: 2011-09-12

改回日期: 2011-10-13

市西南 18 km 处。该矿床十九世纪末被发现,已有一百多年的勘探历史,但从上世纪九十年代才展开系统深入勘探工作。前人对该矿床的研究,主要集中在矿床成因方面,如 Hollister 等(1974)、Lynch 等(1997)、John 等(2007)等学者均认为该矿床的形成与斑岩型和浅成低温热液矿床成因非常相似。

2.2 区域地质概况

悉尼矿床大地构造位置在北美大陆中部阿巴拉契亚褶皱带东端,区域上处于加拿大阿巴拉契亚阿瓦隆台地前寒武纪火山岩~深成岩带内。该带自新伯伦斯克南部,沿新斯科舍省中部,经布列塔尼角,达纽芬兰南部,最终延伸到阿瓦隆半岛。带内前寒武纪岩石由晚哈德瑞纪(约 620Ma)火山岩系列的流纹岩、英安岩、玄武岩熔岩流、凝灰岩及少量火山碎屑岩组成,被大型同时代成份复杂的侵入岩(西部)侵入,侵入岩为闪长岩及花岗岩成份。

Keppie 等(1991)通过分析该地区火成岩岩套的岩石学特征,认为悉尼矿床所在的火山~侵入岩带形成于大陆边缘火山/侵入岩弧,是元古代向西倾斜的消减带形成的,而这些带可能被视为类似于古老的安第斯山式的大陆边缘构造。

2.3 岩性特征

工作区出露的侵入岩主要为古生代(未分)的闪长岩、石英二长闪长岩和花岗闪长岩,在区域上呈岩基~岩株状产出,分布于工作区东南部,面积为 15 km²,占工作区总面积 35%,与 coxheath 组火山地层呈侵入接触关系。席状辉绿岩脉在工区较发育,脉宽一般 2 m~3 m,大者可达 5 m,多以北北东向成群出现,另有辉长岩和流纹斑岩、花岗斑岩脉稀疏分布。在工作区西南部 coxheath 山一带分布有闪长岩与石英二长闪长岩,二者呈渐变过渡关系。岩石以中细粒结构为主,靠近 coxheath 组地层接触带附近岩石粒度明显变细,呈细粒状结构,并发育有冷凝边和围岩捕掳体。岩石主要由斜长石 70%~75%、钾长石 10%~15%、石英 5%~10%、黑云母 10%~15%组成。在工作区南部分布有花岗闪长岩,与闪长岩或石英二长闪长岩呈侵入接触关系。岩石以中粒结构为主,岩石主要由斜长石 55%~60%、钾长石 15%、石英 20%~25%、黑云母、角闪石 5%组成。

3 大比例尺高分辨率航空磁法

本次航测测量由加拿大 Aeroquest 公司于

2010 年 9 月 23 日到 9 月 26 日完成。该方法是一种以找矿为目的,集直升机 1:10 000 及以上大比例尺航空物探测量,数据处理,解释为一体的技术手法^[6]。

3.1 直升机测量系统及测量效果

采用国际先进领先的吊舱式直升机测量系统,在该区完成 1:10 000 高精度航磁测量约 40 km²。实际飞行测网疏密度为 50 m±3 m(50×50 单元格)、平均飞行高度为 20 m~40 m,磁测总精度优于 1 nT,基站磁力仪分辨率为 0.1 nT,平面定位误差小于 2 m,高度误差小于 5 m。真正实现了“大比例尺、低飞行高度、高精度”(见图 1)。

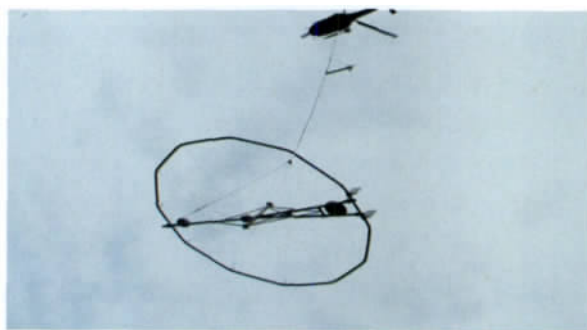


图 1 航空物探

Fig. 1 Airborne geophysical

3.2 磁力 ΔT 异常平面图

经 IGRF 计算出工作区中部 2010 年 TMI 背景值为 52 490 nT;地磁偏角为 -19.1° ,地磁倾角为 68.3° 。根据航磁异常修正本区 TMI 背景值为 52 200 nT。从航磁等值线上可以看出,本工作区航磁异常幅值在 998nT(max: 52 778 nT, min: 51 780 nT)。TMI 扰动变化强烈的区域位于工作区中部,主要由二大块面异常和多条呈北东南西向条带状异常组成,是找矿重点区域。

3.3 航磁异常处理

航磁异常测量数据是不同深度、不同形态、不同规模的磁性地质体磁场信息,在观测面上的综合反映结果。各种磁异常项目叠加、干扰,使得某些具有一定地质意义的异常变得复杂,在原始图件上很难识别。对于有价值异常的分析筛选,不仅考虑到浅部高频磁异常信息的分离、提取,对于深源引起的弱缓异常信息应予以重视。

位场转换处理技术,是航磁异常解释推断方法的重要组成部分。该技术对于发现并圈定磁异常,以及筛选矿致异常起到十分重要的作用。通过对航磁资料进行转换处理的主要目的包括三个方面:

①减小或消除斜磁化的影响,通常进行化极处理;
②提取浅部磁性体引起的高频异常信息;③压制浅部信息、突出深源低频磁异常信息。为了能够比较准确地提取浅部及深部矿致异常的信息,作者在工作区进行了航磁 TMI 化极垂向一阶导数转换处理,航磁异常倾斜梯度及其水平导数的转换处理,以及航磁剩余异常转换处理,并编制了相应的转换处理图件(见图 2)。

3.3.1 剩余异常处理

航磁 TMI 剩余异常处理主要,是为了发现和查明新的隐伏磁性体,以便于对异常作出正确全面的评价。常规剩余异常的提取方法,通常分为频率域和空间域两大类。①频率域方法通常有:不同高度延拓场场差值、余弦镶边滤波、椭圆方向滤波、区域滤波以及小波变换等方法;②空间域方法主要有:多项式拟合法、滑动平均法、非线性曲率滤波等方法。

空间域非线性曲率滤波方法,是求取剖面测线位场趋势和剩余异常比较有效的方法之一。该方法是根据磁异常曲线曲率的变化,进行非线性迭代逼近,逐步拟合区域异常,然后与原始异常相减,以此来实现异常的提取。利用空间域非线性曲率滤波方法,可以有效地提取指定波长的剩余磁异常,消除背景异常的影响,从而达到突出由浅部磁性体

产生的高频磁异常的目的。这里我们选用延拓的方法求取剩余异常(见下页图 3)。

3.3.2 向上延拓

随着上延高度的增加,体积小、埋藏浅的地质体的异常衰减很快,而体积大、埋藏深的地质体异常衰减较慢,故上延计算可压制浅部干扰,突出深部和有规模的地质体异常,浅部干扰和没有地质意义的异常上延后会消失,深部场源有地质意义的异常上延后会显现出来。向上延拓磁力异常可分析异常场的特征,以了解区域构造特征。同时,对于一些岩体的规模、形态、埋藏位置可以做出定性判断,为解释提供依据(见下页图 4 及后面图 5)。

3.3.3 向下延拓

向下延拓具有不稳定性,在采取必要的措施后,向下延拓突出了异常的细节,会使深部异常体在地表产生的微弱异常突出出来。作者在该工区进行了化极异常下延 20 m 处理(如后面图 6 所示)。

3.3.4 欧拉反褶积处理

磁源深度是磁测资料解释的一个重要参数。欧拉反褶积处理是一种快速的反演方法,它不需要对地质模型作任何假设,也无需对磁测数据进行化极处理,关键在对构造指数的选取(见后面图 7)。

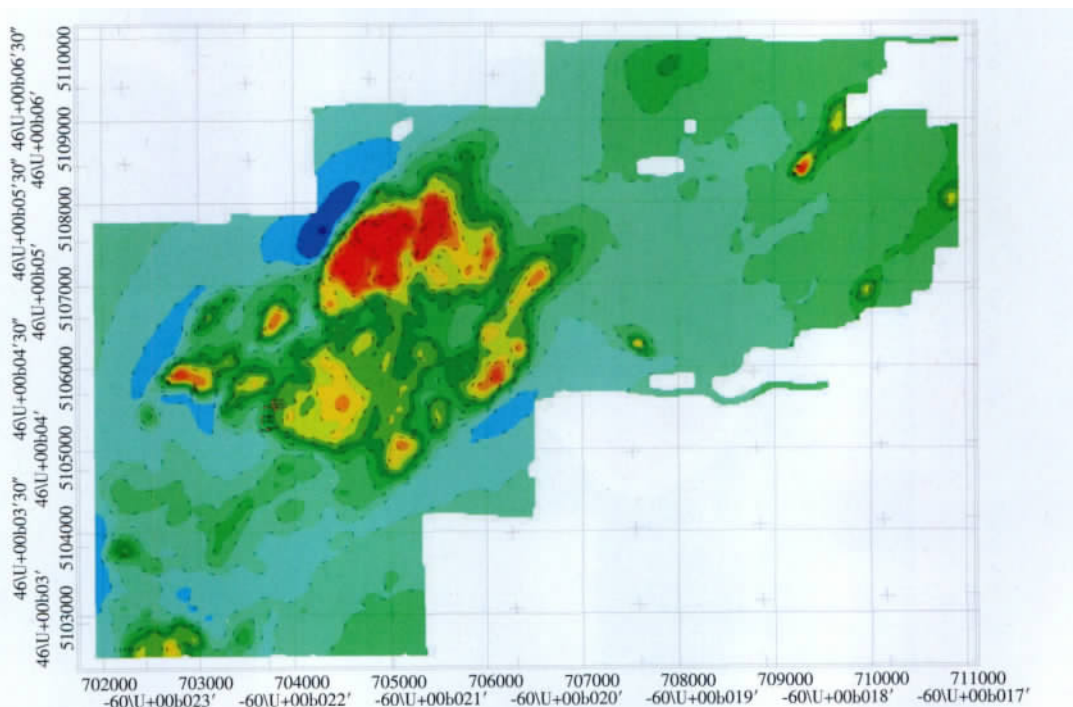


图 2 悉尼航磁 TMI 平面图

Fig. 2 Sydney aeromagnetic TMI planar graph

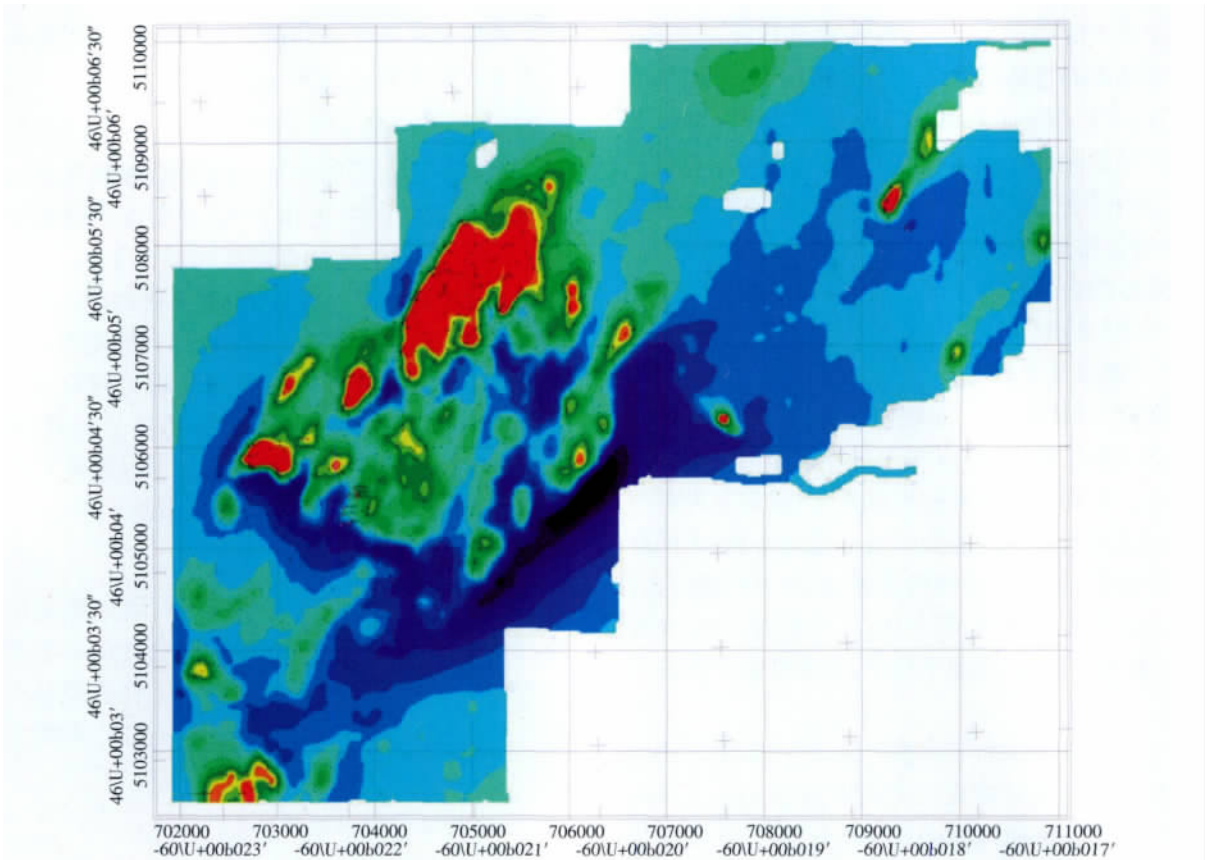


图3 悉尼矿区 TMI 剩余异常平面图
Fig. 3 Sydney mining area TMI residual anomaly map

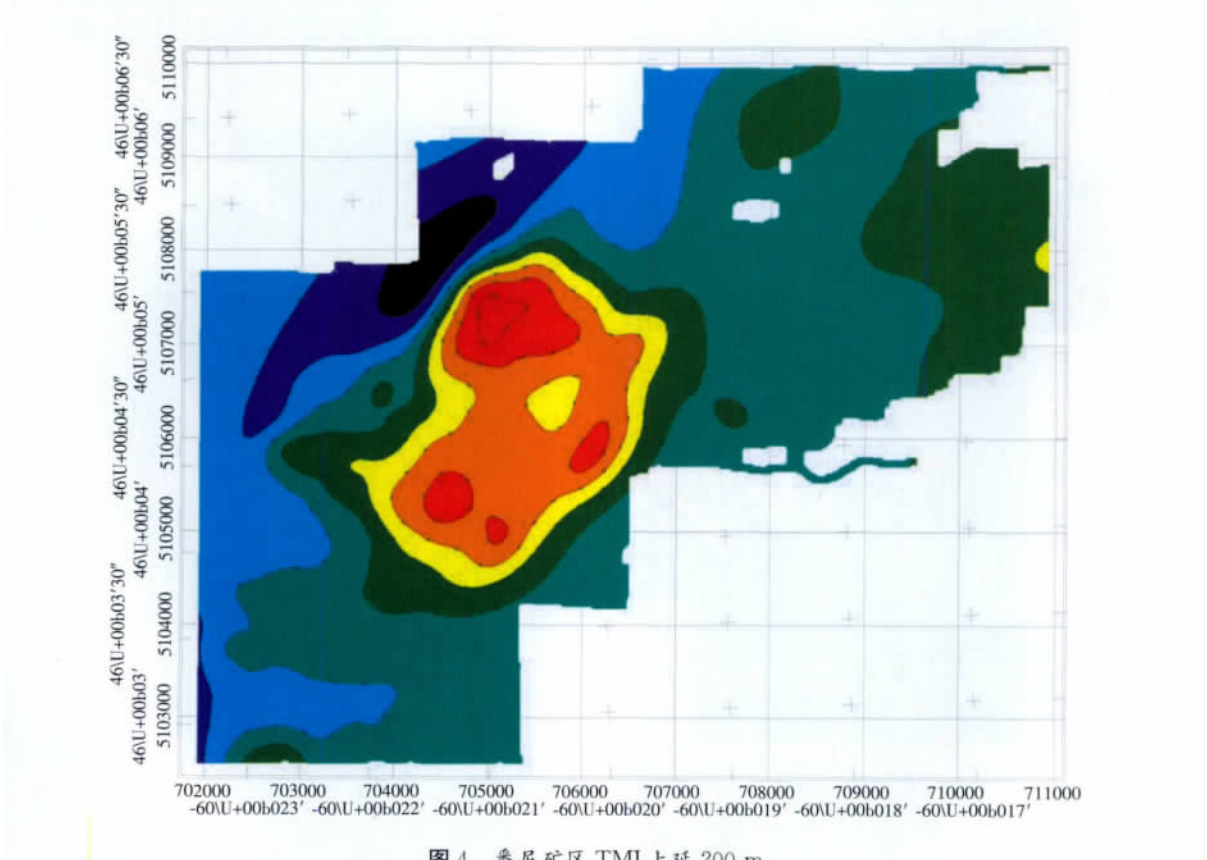


图4 悉尼矿区 TMI 上延 200 m
Fig. 4 On Sydney mining area TMI extends 200 m

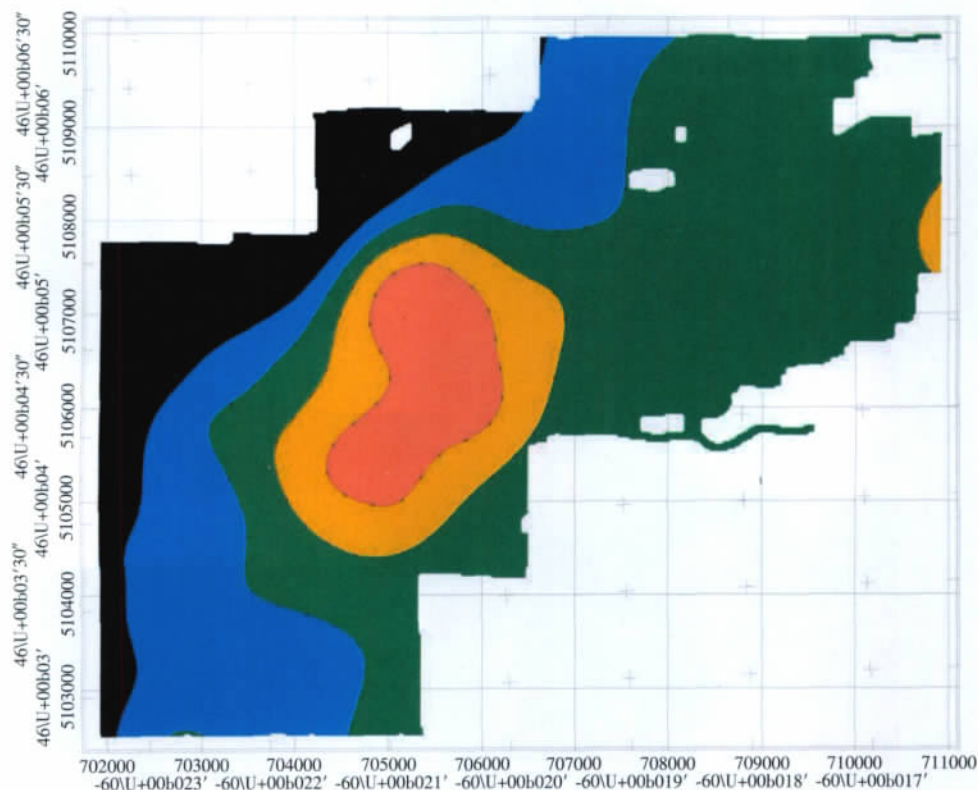


图 5 悉尼矿区 TMI 上延 500 m
Fig. 5 On Sydney mining area TMI extends 500 m

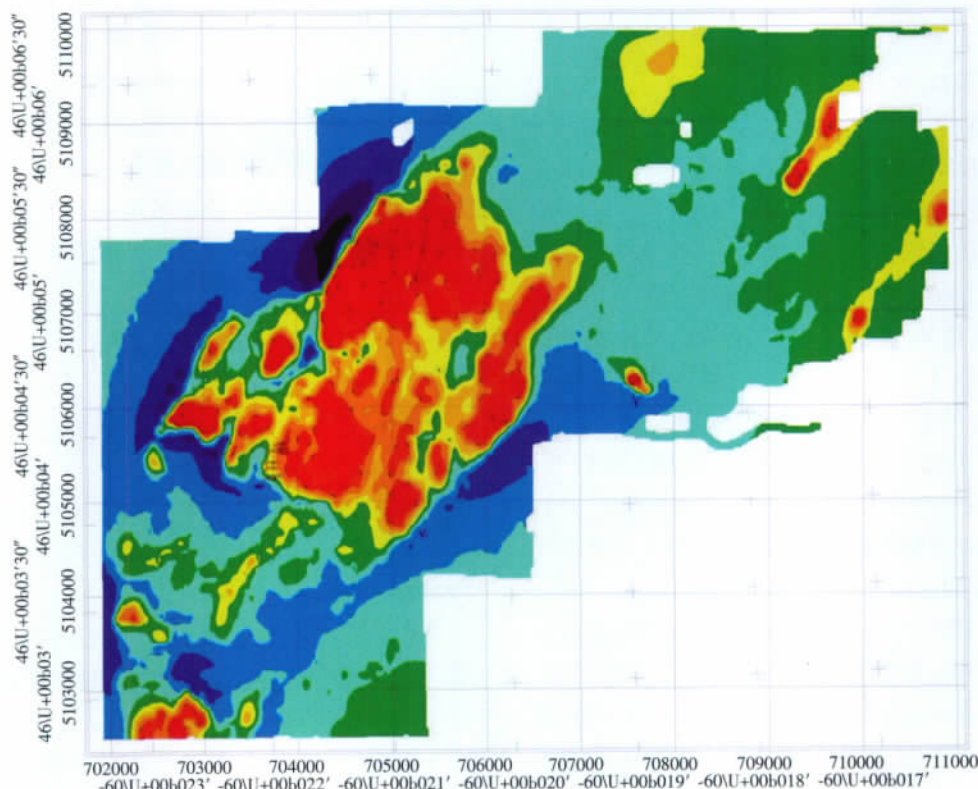


图 6 下延 20 m
Fig. 6 Under Sydney mining area TMI extends 20 m

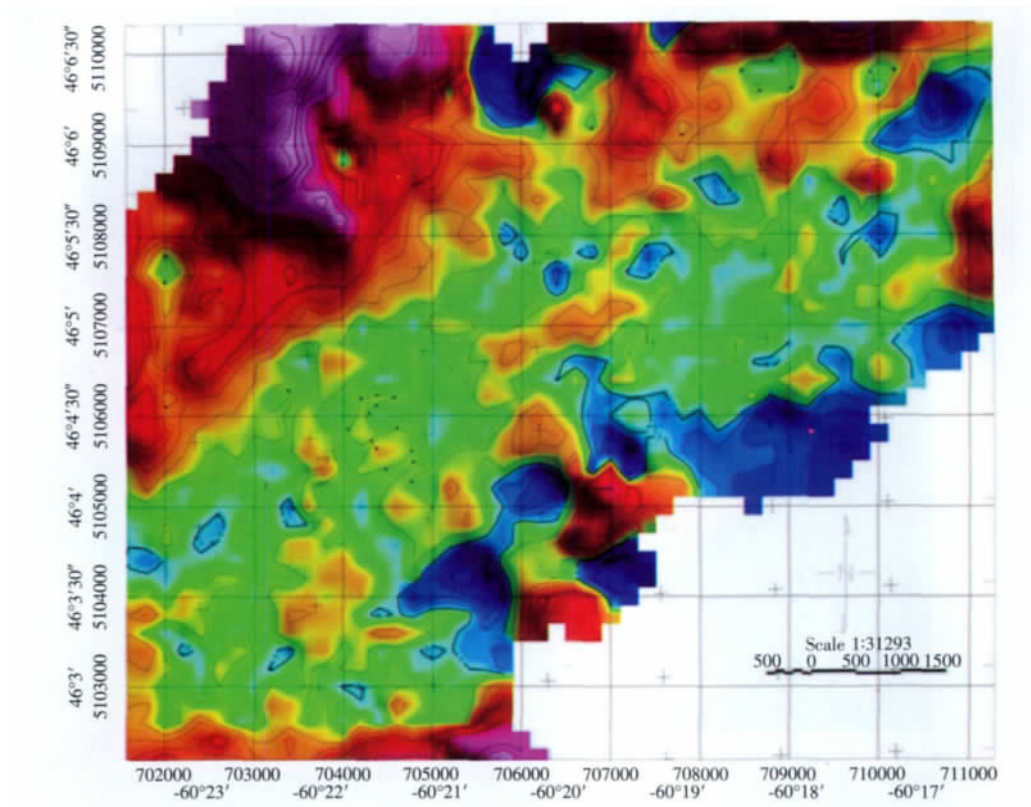


图7 磁性体深度平面图

Fig. 7 Magnetic depth plane figure

3.3.5 SPI 处理

场源参数成像(SPI)是由 Geosoft 公司的 oasis montaj 软件提供的,一个快捷有效且功能强大的类是欧拉反褶积方法,自动反演异常体边界更加圆滑(如下页图8所示)。

本工区航磁勘探是面性勘探,异常划分和异常解释主要根据磁力 TMI 异常平面图、磁力化极异常平面图、延拓异常平面图、磁源等深平面图和磁源界面等值线图为主要资料,并结合航电 EM 的成果图,进行异常的综合评价研究工作。

在航磁 Tmi 等值线图上,航磁异常强度较大,梯度陡,成群成片分布,群体效应非常严重。经过化极垂直一阶导数处理后,磁场上多形成扭曲的带状、椭圆状或似圆状异常。

从航电 EM 平面图来看(见下页图9),见矿好的钻孔位于 Em 高值区,故矿异常为高异常反映,但航电 EM 在构造和含水系地段,还有航磁高值地段都反映为高值,应对照地形图,航磁图加以区分。

从航磁图来看,见矿好的钻孔位于航磁高值边缘。从航磁处理结果来看,矿体(钻孔部位)位于岩性接触带部位,矿体埋深(矿体中部)在 40 m ~

220 m。从延拓图来看,延拓到 500 m 异常主要显示为背景场异常,但剩余异常也不小。可见磁源延伸不是很大。从航磁图来推断,主要构造呈北东南西向,次生构造与其近似垂直,为北西南东向,岩体走向受构造影响,都呈北东南西向延伸,与本工区的区域构造特征一致,北西南东向构造切断岩体。

4 应用效果

通过对航磁、航电资料的处理研究分析,得出如下结论。

(1)矿体对磁性电性若有所反映,表现的物性特征为:航电为高值反映,航磁反映为高值的边缘,岩体接触部位。

(2)在工作区内,岩体与本工区的区域构造特征一致,都呈北东南西向延伸,但北西南东向发育次生断裂构造切断岩体。

(3)矿体主要位于岩性接触带部位,磁源埋深(磁源中部)在 40 m ~ 220 m,延伸到 500 m 左右。

(4)构造、含水系地段,还有航磁高值地段,航电也反映为高值,圈定的成矿较好地段应兼顾地形、航磁、地质等资料。

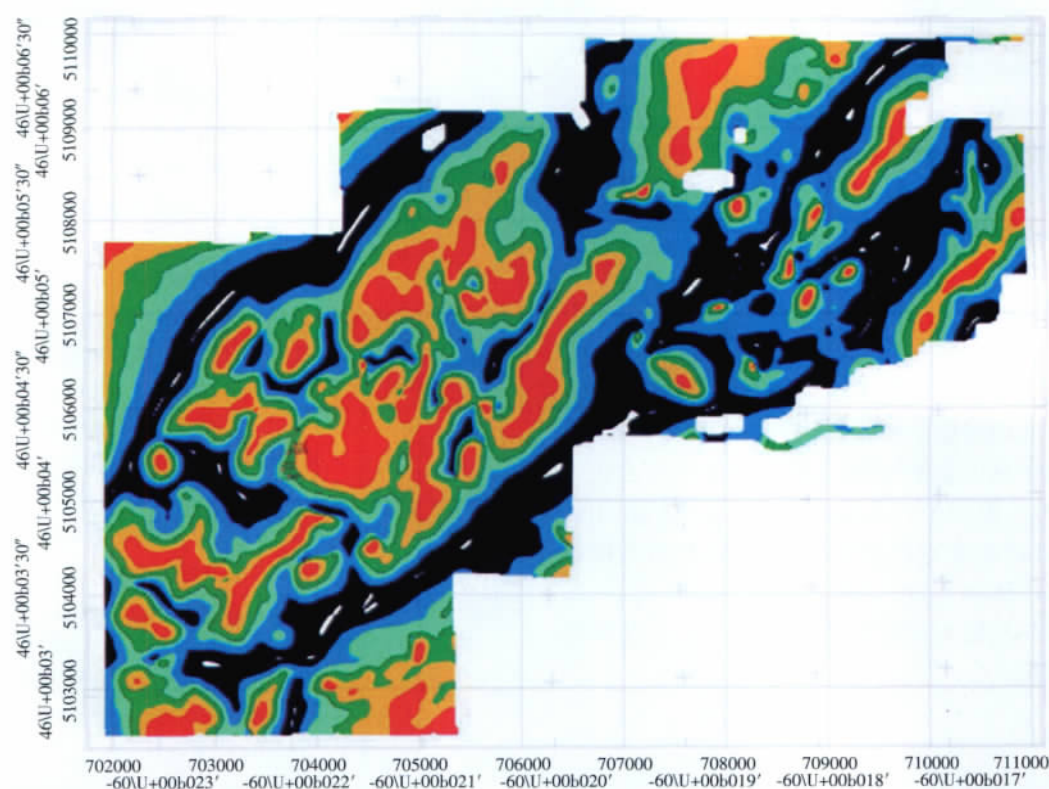


图 8 场源成像

Fig. 8 Field source imaging

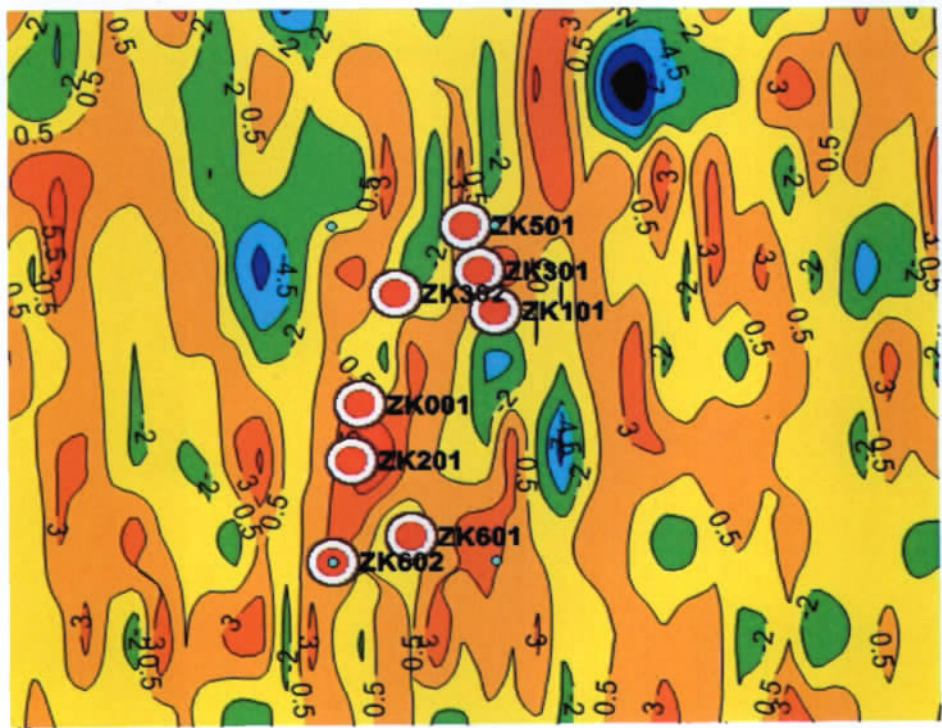


图 9 航电平面图

Fig. 9 Aviation electrical measurement of planar graphs

5 结语

在地形和气象条件许可的情况下,大比例尺航空物探测量可以取代同比例尺的地面测量工作。在环境保护,降低物探人员的劳动强度,提高测量效率等方面,航空物探都具有独特的优势。

近十几年来,我国大比例尺航空物探在地质工作中发挥了重要作用,也有多个运用大比例尺航空物探取得成功的案例。目前,增加航空物探方法,扩大航空物探工作量的主要困难,在于飞机租用价格过高和政府对于航空严格管制。可以预见,当中国的经济发展到一定的程度,飞机数量和机型有较大幅度的增加,航空公司之间的竞争促使飞机租用价格下调,在政府放宽航空管制后,航空物探的应用将会十分广阔。

本次航测的大量数据尚未处理完成,上述并非最终的成果。

参考文献:

- [1] PIKINGTON M, URQUHART W E S. Reduction of potential field data to a horizontal plane [J]. Geophysics, 1990, 55: 549.
- [2] 管志宁. 我国磁法勘探的研究与进展[J]. 地球物理学报, 1997(40): 299.
- [3] 王守坦. 航空物探技术[J]. 地学前缘, 1998(5): 1-2: 223.
- [4] 张守本. 国外电磁方法系列发展概况[J]. 国外铀金地质, 1997(14): 166.
- [5] 郭良德. 澳大利亚的航空物探[J]. 中国地质, 2000(7): 42.
- [6] 熊盛青. 发展中国航空物探技术有关问题的思考[J]. 中国地质, 2009, 36(6): 1366.
- [7] 于长春, 范正国, 王乃东, 等. 高分辨率航磁方法及在大冶铁矿区的应用[J]. 地球物理学进展, 2007, 22(3): 979.
- [8] 管志宁. 地磁场与磁力勘探[M]. 北京: 地质出版社, 2005.
- [9] 高珍权, 刘海鹏. 加拿大新斯科舍省铜钼多金属矿普查[Z]. 北京: 有色地质调查中心, 2010.
- [10] 范正国, 方迎尧, 王懋基, 等. 航空物探技术在 1: 25 万区域地质调查中的应用[J]. 物探与化探, 2007, 31(6): 504.
- [11] 于波, 翟国君, 刘雁春, 等. 利用航磁数据向下延拓得到海面磁场的方法[J]. 测绘学报, 2009, 38(3): 204.
- [12] 卢俊峰. 野外航空物探资料预处理问题的讨论[J]. 地质找矿丛书, 2003, 18(增): 170.
- [13] 黄旭钊, 梁月明, 徐昆. 航空物探数据的组织与管理[A]. 中国地球物理——中国地球物理学会第十九届年会论文集[C]. 2002.
- [14] 熊盛青. 图形图像处理方法的航空物探数据的有效性研究[J]. 铀矿地质, 1996, 12(5): 295.
- [15] 王守坦. 航空物探技术[J]. 地学前沿, 1998, 12(5): 223.

作者简介: 吴彦飞(1985—), 男, 硕士, 主要研究方向为成矿规律与成矿预测。

University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Key Laboratory of Nuclear Techniques in Geosciences, Chengdu 610059, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2012, 34(1): 80

EDS was used for spot measurement of natural radionuclide in Rangtang of Aba. The authors calculate internal / external exposure index, γ -ray exposure rate and γ -ray external exposure, and appraise the natural radioactive environment of the region. The results showed that γ -ray exposure rate was higher than the average of the country (100.07 Gy/h) and the world (80 Gy/h) in the region. But internal / external exposure index, γ -ray exposure rate and γ -ray external exposure were in the range of the country control limits. Enrichment of surface water and transport of radioactive elements in the role of the soil pool area have an impact on the level of radioactivity. And the fault zone near the relatively high level of radioactivity. Rangtang natural radioactivity level of the region is still in a safe range, suitable for human living and life.

Key words: EDS; internal exposure index; external exposure index; radioactivity level

GEOCHEMICAL ELEMENT ANALYSES AND PROSPECTING PREDICTION IN XIAOQINLING REGION

LI Chun-lan, CHEN Jing, GUO Wen-bo, et al. (Geophysical and Geochemical Exploration Team, Northwest Bureau of Geology and Exploration for Nonferrous Metal, Xi'an 710068, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2012, 34(1): 86

Xiaoqinling region has favorable geological conditions in ore forming, which is rich in metamorphic minerals. The paper uses canal system secondary halo to keep statistics and analysis on the geochemical anomaly, and summarizes geochemical anomaly characteristic and the element association pattern as well. This paper also proposes six prospecting prediction areas according to the surplus anomaly weight of Au element and the local geological environment, which is to provide feasible directions for prospecting further metallogenic provinces.

Key words: Xiaoqinling; geochemical exploration; anomaly statistic; surplus anomaly weight; Au

THE APPLICATION OF LARGE SCALE AERO GEOPHYSICAL SURVEY TO GEOLOGICAL PROSPECTING; Cu-Mo POLYMETALLIC MINE PROSPECTING IN NOVA SCOTIA PROVINCE SYDNEY, CANADA

WU Yan-fei^{1,3}, GAO Zhen-quan^{1,2,3}, GAO Xiaoguang³, et al. (1. Kunming University of Science and Technology Faculty of land resource engineering, Kunming 650093, China; 2. Institute of Geochemistry Chinese Academy of Sciences Laboratory of ore deposit geochemistry, Guizhou 550002, China; 3. China Nonferrous Metal Resource Geological Survey, Beijing 100012, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2012, 34(1): 93

This paper briefly introduces the development status of the Canadian airborne geophysical survey by taking Nova Scotia province Sydney Cu-Mo Polymetallic mine as an example, and introduces the large scale aerial geophysical prospecting and its achievements. Through the collection of mining area aeromagnetic and the partial ground magnetic surveying data, and with data processing, integration and analysis based on the geology and the already available geological rule, several geological models and geophysical models have been established in the survey area, which have been used to the division of mining area geological structure, classification of rock mass and the delineation of valuable ore target areas for prospecting, and offering the help for geological exploration.

Key words: large scale; aero geophysical survey method; aeromagnetic anomalies

EXPERIMENT STUDY ON LANDSLIDES DYNAMIC INFORMATION REAL-TIME ACQUISITION

CHEN Yi-ping, HE hua, TANG Dong-mei, et al. (Central south university, Geoscience and info-physics institute, Changsha 410083, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2012, 34(1): 101

The landslide dynamic real-time monitoring