

多源数据融合技术及其在地质矿产调查中的应用

何虎军, 杨兴科, 李煜航, 李永寿, 王 丽

(长安大学 地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 针对地质矿产调查的特点, 介绍了多源数据融合技术的概念、基本方法, 总结归纳了其在地质矿产调查中的工作流程、实施步骤、注意事项, 分析了多源数据融合技术在地质矿产调查中的应用意义。结合新疆黑山岭东南一带 1: 50 000 区域地质矿产调查项目, 采用多源数据融合技术, 在构造信息和矿化蚀变信息提取中, 对遥感图像数据和地质、地球物理、地球化学数据进行了融合处理和叠合显示, 取得了较好的地质效果。

关键词: 地质矿产调查; 多源数据; 数据融合; 遥感

中图分类号: TP79; P622 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2010)01-0044-04

Multi-source Data Fusion Technique and Its Application in Geological and Mineral Survey

HE Hu-jun, YANG Xing-ke, LI Yu-hang, LI Yong-shou, WANG Li

(School of Earth Sciences and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract Based on geological and mineral survey, the concept, basic methods of multi-source data fusion technology is introduced, flow of work, implementation steps, proceeding of application and matters need attention are summarized and application significance of multi-source data fusion technology is analyzed. Combined with the project of 1: 50 000 regional geological and mineral surveys along the southeast of Heishan mountain in Xinjiang, the fusion and overlay of remote sensing image, geological, geophysical and geochemical data in the extraction of structure and mineralization alteration information by means of multi-source data fusion technology is successful.

Key words: geological and mineral survey; multi-source data; data fusion; remote sensing

0 引言

区域地质矿产调查是一项基础性、公益性、综合性极强的基础地学工作, 也是地学领域地面数据获取的主要方法之一。全面系统地取全、取准野外第一手资料是进行地质矿产调查与填图工作的基础和首要任务。随着地质矿产勘查技术的发展, 信息的来源和种类越来越多, 在信息的实际应用中, 单一的信息源所提供的信息往往是片面的, 数据融合(Data Fusion)技术用于多源数据的处理, 它可以使不同地质手段的优势互补, 有效消除数据中信息的不确定因素, 提高检测结果的准确性, 使融合结

果比它的各组成部分有更充分的信息^[1-3], 在地质矿产调查中充分发挥综合实力。笔者结合新疆维吾尔自治区 1: 50 000 区域地质矿产调查项目的实际, 充分利用多源数据融合技术特长, 在全面收集区内地质、遥感图像、地球化学等有关资料的基础上, 对多源数据融合技术在地质矿产调查中的应用进行了研究及探讨。

1 多源数据融合

所谓数据融合, 实质上就是运用一定手段和技术方法, 将从研究对象获取的所有信息全部统一在时空体系内所进行的综合评价。换句话说, 就是将

收稿日期: 2009-04-07

基金项目: 新疆维吾尔自治区 1: 50 000 区域地质矿产调查项目(XJQDZ2006-16)

作者简介: 何虎军(1979-), 男, 陕西合阳人, 讲师, 工学博士, 从事矿产普查与勘探、计算机地学应用研究。E-mail: hshengjun @sohu.com

从不同侧面,用不同手段得到的统一地质体的信息,皆视为统一地质体的不同表征^[4]。其目的是吸收各种数据源的优点,从中提取更加丰富的信息,也可以称之为“1+1=3”^[5]。在区域地质矿产调查过程中主要进行的是多源遥感数据的融合及多源遥感数据与非遥感数据的融合。在区域地质矿产调查中,应用多源数据融合技术的目的是通过融合后的图像进行综合解译分析,提取区域地质矿产调查所需要的地层、构造、岩浆岩、矿产等专题信息,指导区调工作的合理部署。多源数据融合技术在地质矿产调查中应用的流程如图 1,整个过程通过人机交互操作、查询及决策反复调试加以实现。

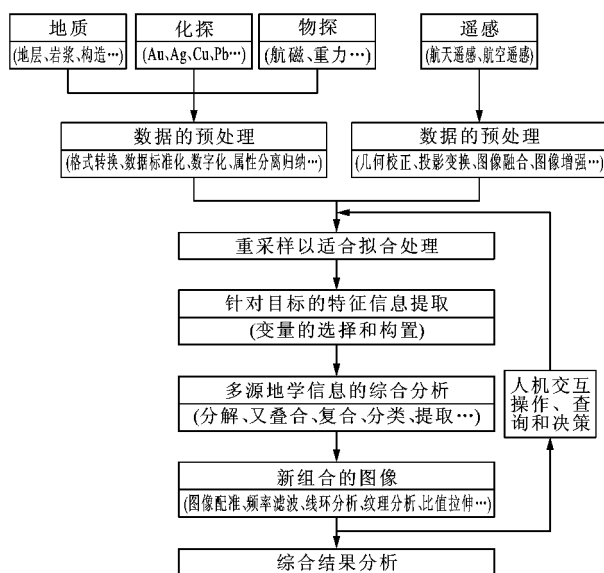


图 1 多源数据融合技术在地质矿产调查中应用流程

Fig. 1 Application Workflow of Multi-source Data Fusion Technology in Geological and Mineral Survey

1.1 数据选择

在地质矿产调查中进行多源数据融合时,合理选择数据对象是进行多源数据融合的首要步骤,这直接关系到多源数据融合处理的效果和是否满足实际应用需求。因此,首先要根据具体用途及目的选择合适的遥感数据及非遥感数据。遥感图像类型选择的依据为地面分辨率、光谱分辨率和时相分辨率,其中地面分辨率、光谱分辨率为图像优选的主要依据。当前,不论航天遥感数据还是航空遥感数据(黑白航空相片、彩色红外航空相片、红外多光谱等),均可作为区域地质矿产调查的基础信息源,尤以 TM/ETM 最佳^[5]。同时结合实际需要收集研究区相关的地质、地球物理、地球化学等方面的

资料。

1.2 数据预处理

在进行多源数据融合之前,首先必须对地质、地球化学、地球物理、遥感等不同类型数据和图件进行预处理,包括数据标准化、栅格图矢量化、属性分离归纳、遥感影像几何校准、不同来源图件地理配准,然后再转换成统一的图像格式(Image 或 Tiff),而且所有预处理皆应以能使已有的各类数据相互沟通为目的,从而保证各类数据能够在同一工作平台上实现融合^[6,7]。同时,针对研究目标对不同类型的空间数据进行图像化处理和图像增强处理:如遥感数据的光谱信息和空间信息提取、空间滤波、频率滤波、主成分分析、分形分析、纹理分析等处理方法;对于物探数据进行专业化的极化、延拓、匹配滤波、垂向二次导数等数值处理,形成图像,提取目标体不同特征的结构信息;地球化学数据处理的目的是找出化探异常区,关键问题是确定异常下限,通过多种计算方法,得到异常区的分布图像。以上处理结果只做灰阶处理,以便于下一步的融合^[8]。

1.3 数据融合

1.3.1 多源遥感数据融合

多源遥感数据融合的目的,就是通过图像处理技术来实现对多波段、多传感器、多平台、多时相、多分辨率遥感影像进行综合处理,以期增强卫星图像的应用效果。它主要有多光谱遥感数据与雷达数据的融合、高低分辨率遥感数据的融合以及不同多光谱数据间的融合等。目前,多源遥感数据融合有 3 种基本方法:基于像素级的融合、基于特征级的融合、基于决策级的融合^[9],表 1 列出了几种融合的方法。在地质矿产调查过程中,要根据具体目的选择合适的融合方法,例如提取线性构造信息的方法主要为滤波,可以在假彩色合成、主成分分析、比值等各种图像上进行,反差扩展或直方图调整以及相关的统计分析也是遥感线性构造研究的重要辅助手段;比值融合法、Crosta 技术以及基于图像监督分类的光谱角法等^[10-14],是矿化蚀变信息提取的主要方法。至于哪种方法好用,依具体情况而言,在实际应用中不囿于一些理论束缚,可依据具体情况对原方法进行灵活、合理地改动,同时要综合多种方法处理图像。

1.3.2 多源遥感数据与非遥感数据融合

地质矿产调查中,所用的信息有遥感信息和地质、地球物理、地球化学等非遥感信息。遥感信息

表 1 几种融合方法

Tab. 1 Several Merging Methods

像素级	特征级	决策级
加权融合法	Byesian 法	基于知识的融合法
乘积融合法	Dempster-shafer 法	Dempster-shafer 法
比值融合法	熵法	模糊集理论
高通滤波(HPF)融合法	加权平均法	可靠性理论
小波变换(wavelet)融合法	神经网络法	Byesian 法
彩色变换(HIS)融合法	聚类分析法	神经网络法
主成分(PCA)变换融合法	表决法	逻辑模板

具有高的光谱信息、色彩鲜艳、视域广、直观性强和综合信息丰富的特点,对地面地质特征(地层、岩性、构造等)、地形地貌和岩石裸露、水系分布均可直接提取,地质与物化探信息则对具体目标有指示能力,后者可以看作一种传感器数据源,与遥感信息通过某种技术方法融合,从而获得更丰富的信息。参与融合的地质图像可以是单一的,也可以是经过数据初步处理的综合信息^[8]。

1.4 综合结果分析

由于多源数据融合方法的多样性以及同一种融合方法对不同图像融合效果的多变性,使得对最终多源数据融合结果进行综合分析显得十分重要。一定要在图像处理及地质认识的基础上,以野外踏勘与实测地质剖面为依据,本着从已知到未知的原则,给其一个客观、正确的评价分析,以充分发挥多源数据融合技术在地质矿产调查中的作用,对有代表性的地质现象进行详细研究,最终建立研究区的各类地质模型。

2 应用实例

2.1 研究区地质概况

研究区位于北山山系西段地区,行政区划隶属新疆维吾尔自治区若羌县管辖,本区断裂构造发育,在研究区北部黑山岭南麓,断裂构造的走向以近东西向为主;在研究区中南部,断裂构造走向为东北—南西向,区内规模较大断裂有黑山岭南断裂、淤泥河隐伏断裂、矛头山断裂和盐滩断裂,沿黑山岭南坡断裂和矛头山断裂分别发育动力变质带。研究区隶属于塔里木板块东北缘北山古生代裂谷西段,在新疆优势金属矿产成矿规律与成矿预测图上划为北山金、铜、镍、铁成矿带,以白洼地—淤泥河大断裂为界,以北为依格孜塔格(笔架山—黑山岭)铜、镍、金、铁矿带,以南为因尼卡拉塔格金、铜、

铁矿带。

2.2 构造信息提取

主要收集了 TM (时相为 1993 年 6 月)和 ETM (时相为 2000 年 6 月)卫星影像数据,两种数据配合使用。在应用之前,首先对遥感影像进行了几何校正、坐标配准、亮度值动态拉伸等预处理^[13]。地质构造行迹主要表现为线性和环形特征。线性、环形构造及构造交叉部位,是成矿、找矿的重要条件,而它们在遥感图像上多以特定的色调、形态、图形结构、水系展布、地貌组合等线性、环形影像特征得以显示。通过多次试验,根据研究区特点并结合图像的统计数据或岩石的波谱特征,最终选取对岩性信息反映明显的 TM5、TM7 波段和对植被反映明显的 TM4 波段以及一个可见光 TM1 波段进行假彩色合成及处理。在构造信息提取过程中,主要经过对 TM7、TM4、TM1 波段进行主成分变换的 PC1 分别进行北西、北东、东西和北南方向滤波后进行线性和环形构造解译。最终解译结果如图 2,其中底衬图像为 TM7、TM4、TM1 波段假彩色合成图像。

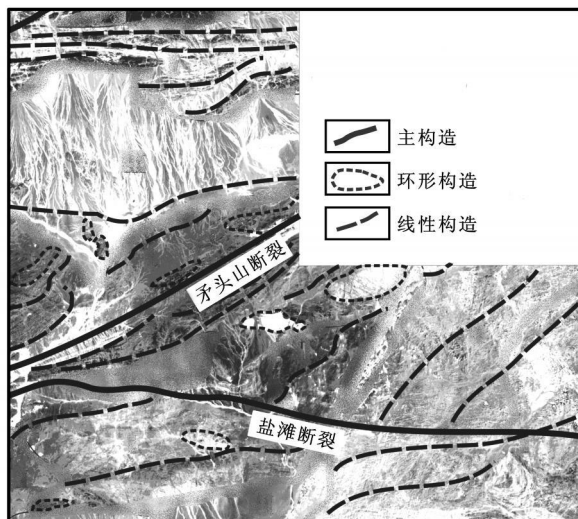


图 2 研究区构造解译

Fig. 2 Structure Interpretation in Study Area

2.3 矿化蚀变信息的提取及找矿靶区的圈定

遥感数据与非遥感数据通过融合可以做到优势互补,尤其在矿化蚀变信息的提取中,笔者根据不同数据源特点及在研究中的要求,对地物化数据和遥感图像数据等资料进行了配准叠合,并进行了融合处理与叠合显示,取得了较好的地质效果。采用 TM1、TM4、TM5、TM7 波段组合提取含羟基(OH^-)、含碳酸根离子等的矿物遥感蚀变异常;

TM1、TM3、TM4、TM5 波段组合提取含氧化铁(Fe^{3+} 、 Fe^{2+})遥感异常,作主成分分析,根据主成分分析的特征向量组合确定 PC4 主成分分量提取效果最好,突出可能的矿化蚀变部位,与 TM7、TM4、TM1 波段合成的假彩色影像图套合生成蚀变信息提取专题影像图;将合成的图像与 1:50 000 化探金、铜的栅格数据图以几何平均方式融合,这样既保留了遥感图像特征又较准确地突出了金、铜化探异常。同时根据研究区及邻区已知矿产的分布规律、地质、地球化学、成矿条件及控矿因素等特征,参照前人已有的研究成果,结合研究区实际地质矿产特征及野外地质矿产调查结果,进行找矿靶区的圈定。经综合研究后最终在本区内划分出 5 个找矿靶区(图 3)。通过对所提取的蚀变信息及控矿构造、已知矿床点在空间上的相关关系分析和野外实地查证,所提取的遥感蚀变信息,与已知矿(化)点基本吻合。

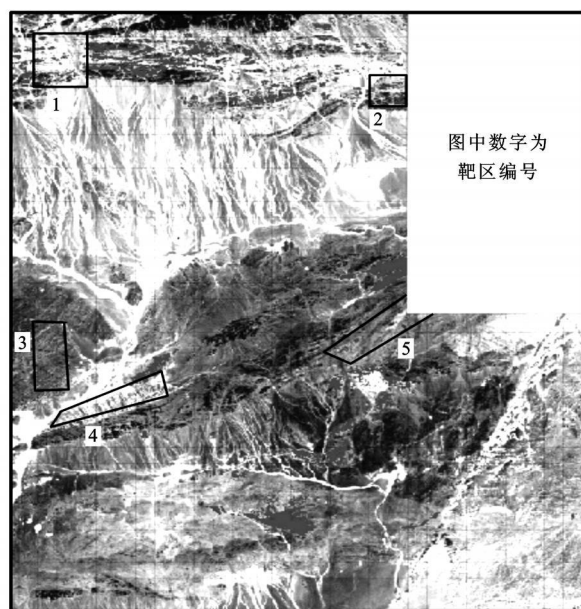


图 3 研究区矿化蚀变信息及靶区分布

Fig.3 Distribution of Mineralizing Alteration Information and Target in Study Area

3 结语

(1)在区域地质矿产调查过程中主要进行的是多源遥感数据融合及多源遥感数据与非遥感数据的融合,目的是通过对融合后的图像进行综合解译分析来提取区域地质矿产调查所需要的地层、构造、岩浆岩、矿产等专题信息,指导区调工作的合理部署。

(2)在地质矿产调查中进行多源数据融合的实施步骤:①合理选择数据对象;②分别对各种数据进行预处理,达到在同一工作平台上的数据统一;③根据具体目的选择不同的融合方法,并且在实际应用中不囿于一些理论束缚,灵活、合理的依据具体情况经常对原方法有所改动,同时要综合多种方法处理图像;④对融合结果进行客观分析评价。

(3)随着空间信息科学的不断发展和计算机水平的不断提高,多源数据融合技术用来处理地质矿产调查工作中的海量数据,能够有效消除数据中信息的不确定因素,提高对目标或环境的描述、解释分析和表示结果的准确性,获得比单一信息有更充分的融合结果。

参考文献:

- [1] 张海玲,王家林,许惠平,等.遥感数据和多源地学数据的融合研究[J].工程地球物理学报,2007,4(2):95-98.
- [2] 刘红红,杨兆升.基于数据融合技术的路段出行时间预测方法[J].交通运输工程学报,2008,8(6):88-92.
- [3] 赵忠杰,田梅.数据融合技术在公路隧道火灾探测中的应用[J].西安科技大学学报,2007,27(3):435-438.
- [4] 谭海樵,余志伟.遥感与非遥感地质信息复合应用中计算机处理[M].北京:地质出版社,1995.
- [5] 方洪宾,赵福岳,和正民,等.1:250 000 遥感地质填图方法和技术[M].北京:地质出版社,2002.
- [6] 李国填.天山阿拉沟地区地质地球化学 ETM+ 遥感图像处理与找矿靶区圈定[D].西安:长安大学,2006.
- [7] 张茂省,雷学武,校培喜,等.遥感技术在黄土高原区地质灾害详细调查中的应用[J].西北地质,2007,40(3):92-97.
- [8] 刘星,胡光道.多源数据融合技术在成矿预测中的应用[J].地球学报,2003,24(5):463-468.
- [9] 陈鲸.多源遥感影像融合技术及应用研究[D].郑州:解放军信息工程大学,2005.
- [10] 荆凤,陈建平.矿化蚀变信息的遥感提取方法综述[J].遥感信息,2005(2):62-67.
- [11] 刘磊,施明,周军,等.遥感、化探、地质信息综合在昌宁矿产勘查中的应用[J].地球科学与环境学报,2007,29(4):384-387.
- [12] 鞠崎,刘振宏,王永.柴达木盆地北缘滩涧山金矿遥感综合找矿模式[J].西北地质,2009,42(4):22-29.
- [13] 周军,陈明勇,高鹏,等.新疆东准噶尔蚀变矿物填图及多元信息找矿[J].国土资源遥感,2005,(4):51-56.
- [14] 周军,王继辉,祁世军,等.海南不磨金矿区地质化探遥感多元信息综合找矿研究[M].西安:陕西科学技术出版社,2005.
- [15] 高景刚,薛春纪,吴淦国,等.基于知识的蚀变遥感异常信息快速提取及找矿应用实践[J].遥感学报,2008,12(1):186-192.