

遥感与化探数据融合技术在金矿预测中的应用

刘福江^{1,2}, 吴信才², 孙华山⁴, 梅林露², 郭艳³

(1. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 中国地质大学信息工程学院, 武汉 430074;
3. 中国地质大学计算机学院, 武汉 430074; 4. 中国地质大学资源学院, 武汉 430074)

[摘要]作为一种先进的多元数据融合技术,遥感与化探数据融合技术的目的在于能从原始的遥感图像中获得较高质量的图像和提取实际需要的蚀变信息。文章首先研究了几个典型的遥感与化探融合的算法(如PCA、ISODATA、MLC等),然后提出了一个新的使用了专家系统的基于3个层次(像素级、特征级和决策级)的遥感与化探数据融合方法。该方法通过在招远金矿区应用示范,结果表明这种新的方法较之传统的遥感与化探融合方法是一种行之有效的遥感找矿技术方法。

[关键词]数据融合 化探数据 遥感找矿 招远金矿区

[中图分类号]P632;P627 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2007)03-0074-04

0 引言

有关遥感与化探数据融合技术的应用和研究,从20世纪90年代至今在成矿预测中取得了大量的成果。1994年,陈南峰等^[1]以浙江新昌拔茅火山岩区为试验区,提出了“漏斗勘探原理”,探讨了由遥感TM图像和化探数据参与预测能取得较好的效果,并论证了矿产勘查中“遥感先行”的可行性;1996年,刘福权^[2]对吉林省浑江市区域化探异常进行了遥感评价、筛选研究;1998年,方洪宾等^[3]对新疆三区林场金化探异常进行了综合解译分析和评价,圈定了多处金矿(化)体;1999年,廖崇高等^[4]对兰坪盆地的线性构造和环形构造做了详细定量分析,并研究了遥感地质构造与地球化学异常的关系;2003年,徐国端等^[5]在新疆沙泉子金矿区通过对化探和遥感找矿信息的综合分析,圈定了4个具有金矿成矿地质异常的找矿靶区;同年,刘成等^[6]对辽南某区Au化探散点数据进行了高精度的图像化,并与遥感图像叠加,发现已知的金矿床和未知的矿化点;2005年,周军等^[7]在新疆东准噶尔地区将化探数据与遥感数据融合,经综合分析和部分实地查证,提出一系列重要找矿地段;同年,吴德文^[8]等阐明了遥感找矿信息与化探异常之间存在套合和藕合两种空间关系,并以新疆东天山地区作为试验区,进

行了遥感与化探数据融合处理的技术方法研究及试验应用。

1 遥感与化探数据融合研究概述

1.1 遥感与化探数据融合技术特点

遥感与化探数据融合符合多元数据融合^[8-10]的特点,其融合后的信息更精确、更完全、更可靠。根据融合层次的不同,可分为像素级融合(波段叠加、波段比值、IHS变换、主成分分析等方法)、特征级融合(Bayes统计理论、非监督分类、监督分类、神经网络等方法)和决策级融合(最大似然法、知识工程师、专家分类器、神经网络等方法)。遥感与化探数据3种融合技术特点如表1所示。

表1 遥感与化探数据3种融合技术特点

融合层次	信息损失	实时性	精度	容错性	抗干扰性	工作量	融合水平
像素级	小	差	高	差	差	小	低
特征级	中	中	中	中	中	中	中
决策级	大	好	低	优	优	大	高

1.2 遥感与化探数据融合常用算法简介

对于常用的融合算法,前人已经作了很好的研究^[11-12],比如波段比值、主成分分析、非监督分类、监督分类。比值运算是多光谱数据中同名像元的光谱亮度相应值实施除法运算,它可以部分地消

[收稿日期]2006-08-29; **[修订日期]**2006-12-04; **[责任编辑]**曲丽莉。

[基金项目]国家863项目(编号:2001AA135170)、中国地质大学(武汉)优秀青年教师资助计划项目(编号:CUGQNL0628, CUGQNL0640)和山东招金集团博士后基金项目(编号:2005026212)共同资助。

[第一作者简介]刘福江(1973年—),男,2001年毕业于中国地质大学,获硕士学位,在读博士生,讲师,现主要从事遥感科学技术及应用、地理信息系统及其应用、3S集成工作。

除阴影影响,突出某些地物间的反差,具有一定的影像增强作用;主成分分析方法是常用的一种统计方法,主要用于进行数据压缩或者减少数据的维数,它是对一组相关的变量进行线性变换,得到一组维数不变但是彼此互不相关的变量,即得到一组独立的变量,它消除了波段间的相互关系,减少了各个波段提供的信息的交叉和冗余,有利于做进一步的分析;非监督分类是借助软件平台将原始图形自动地进行粗略分类,便于进一步进行监督分类;监督分类是借

助已有的资料进行建模、分类,可以运用专家分类器进行定量的分类。

2 遥感与化探数据融合技术方法

遥感与化探数据融合技术方法流程从像素级、特征级、决策级3个层次上实施,在每一个层次上针对特定的目的使用具体的融合算法(图1)。

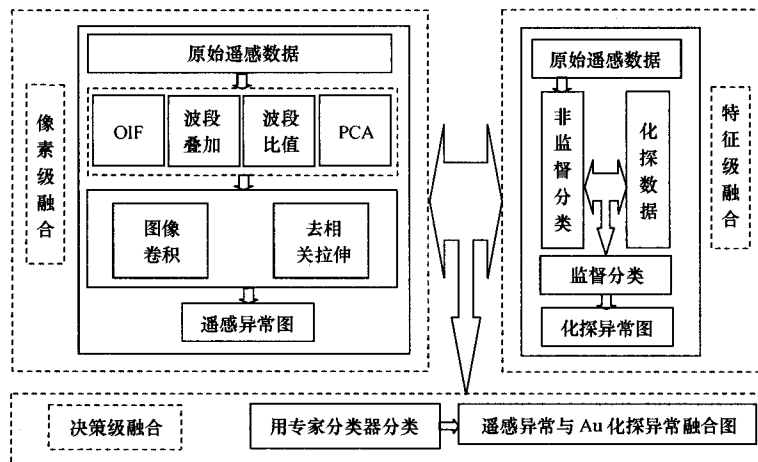


图1 遥感与化探数据融合流程图

2.1 研究区简介

研究所采用的遥感数据是从中国科学院中国遥感卫星地面站购买的2000年的Landsat-7 ETM+数据,轨道号为120/034,成像日期为06-12,参考图件有1:50 000胶东地区金矿构造地球化学图、1:50 000山东电子地质图、1:250 000山东矿产图。化探数据包括Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Hg等8种元素,如表2所示。

表2 招远金矿区土壤异常查证数据表

坐标位置		金属元素									
x	y	As	Sb	Hg	Au	Cu	Pb	Zn	Ag		
4 146 406	514 025	5.27	0.69	28	7	6.7	23	22.8	0.14		
4 146 518	513 891	8.04	0.96	24	7	12.5	22.9	22.2	0.1		
4 146 808	513 546	9.81	1.17	21	15	7.6	13.3	25.3	0.07		
4 146 118	514 086	9.03	0.72	37	7	6.4	22.6	21.4	0.08		
4 146 204	513 985	9.61	0.62	13	15	7	16.8	24.2	0.06		
4 146 220	513 966	12.88	0.74	19	7	7.3	16.4	27.5	0.07		
4 146 018	513 927	4.73	0.82	16	7	5.6	16.9	14.1	0.07		

注:地壳中上述元素的平均丰度为:2.2,0.6,0.089,4.63,12,94,0.08,其中金丰度的数量级为 10^{-9} ,其他为 10^{-6} ;按照丰度从400个化探数据中选取超过地壳中平均丰度较多的点。

2.2 数据预处理

融合前预处理主要包括几何校正和图像配准两部分。数据的预处理是遥感影像融合的基本前提,它

直接关系到融合的质量^[13]。波段组合优化是由美国查维茨Chavez等(1984)提出最佳指数因子法(optimum index factor,OIF)用来进行波段组合优化^[14]。

2.3 信息提取

2.3.1 构造信息提取

构造信息提取的重点是隐伏构造判别,隐伏构造信息可以通过地表地层含水量、水系、地形、岩性等差异特征表现出来,反映在遥感图像上就是影纹结构、颜色色调的变化与异常。但这些信息往往被掩盖在地表物质光谱的强反射信息下,十分微弱,在原始图像中不易发现。笔者经过对系列处理所得成果图像的比较,认为经主成分分析、去相关拉伸以及反差增强等处理后的假彩色合成图像ETM1、ETM2、ETM6、ETM5/ETM7对于提取各类线性构造最为有效。

应特别指出的是ETM6波段的应用,一般认为ETM6的分辨率较低(60m)而不予采用,但是通过对物体热性质的分析、Kirchhoff解译原理、ETM6图像成像原理的了解,就可以充分利用岩石的热性质和热状态,与其他ETM波段的反射率信息互相补充以增强和填制岩性,揭示成矿地质条件。

图2中白线为经过目视解译的构造信息。经查证,与已知构造信息的吻合率达100%,图中的红色

部分为蚀变信息。

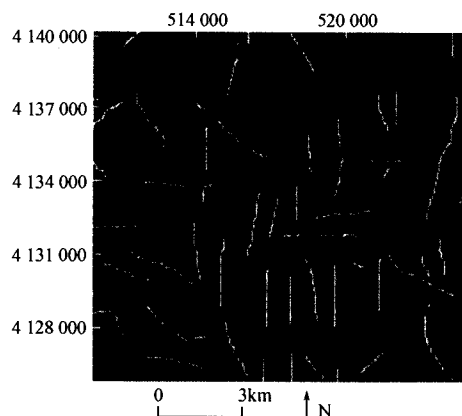


图2 招远金矿区遥感地质构造解译图

2.3.2 遥感蚀变信息提取

蚀变岩石信息与金属矿床有较高的相关性,所提取的蚀变遥感异常作为一种找矿标志参数同样具独立性^[14]。遥感探测的是地表物质的光谱信息,因此只要有一定面积的蚀变岩石出露,遥感都有可能测出,也就是说,只要有蚀变岩出露,就有可能在 ETM 图像上有所表现,当然,蚀变信息的强弱也很重要。经过比较分析,发现选取 ETM1、ETM3/ETM4、ETM5、ETM7 叠加后进行主成分分析最为有效。

图3中粉红色为背景信息,绿色则为蚀变信息,它与图2中所指示的蚀变信息位置一致,由于图2的处理方法主要是为了提取构造信息,对于蚀变信息的提取则不够准确,但是能够起到一定的指导作用,图3则是专门提取蚀变信息的,其结果更加的精确。

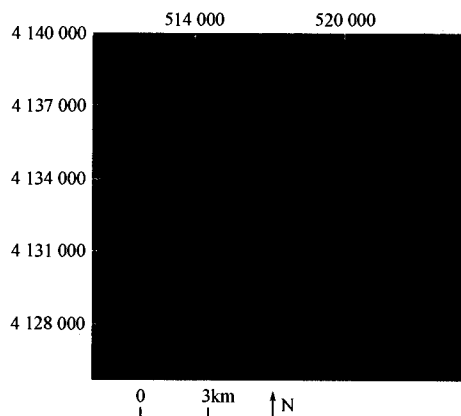


图3 招远金矿区主成分分析蚀变异常图

2.3.3 化探异常提取

当化探数据中某种元素的含量超过了它在地壳中的平均丰度时,它就有可能聚集成矿。而同种元素对应的化探异常在遥感图像上的反映大致相同,因此,结合手上已有的化探数据和遥感图像对图像进行了相关的预处理(如图像增强、去相关拉伸等)

后,以坐标为依据进行监督分类,将化探异常图像化,更加直观地反映到图像上来。并且为专家分类器中规则的确定起到很好的指导作用。

图4中的深红色为化探异常信息,是依据已有的化探数据经过特征级处理后得到的。

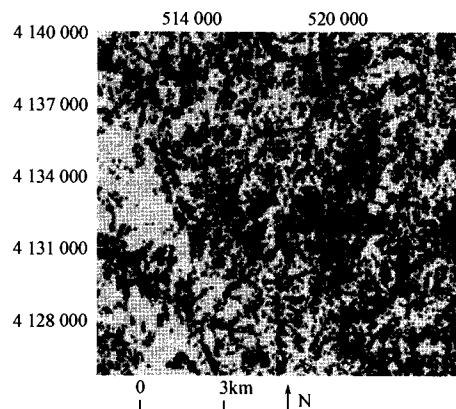


图4 招远金矿区化探异常图

2.2.4 专家分类器

由于“同物异谱”与“同谱异物”现象的存在,使仅仅停留在像素级和特征级处理的方法存在了一定的局限性。专家系统作为模拟人类组合各种带有因果关系知识进行推理并得出结论的思维构成,在遥感图像的处理中有容错性极强的特点。在已有的像素级和特征级处理的基础上进行决策级处理将大大提高处理的精度。图5为专家分类器的结果图,更准确,更具有指导作用,也说明了在像素级以及特征级基础上做决策级的处理,能更加准确的区分各种地物以及其他想要的信息(如蚀变信息)。专家分类器如图6所示。

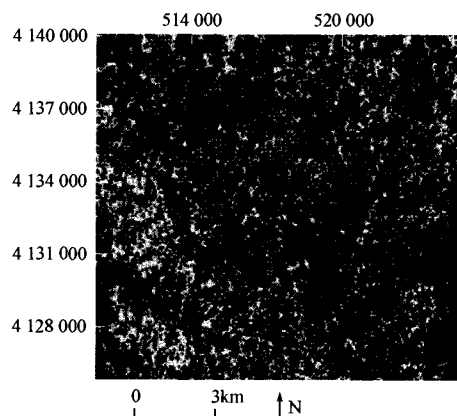


图5 专家分类器获取的分类图

3 结 论

通过对遥感与化探数据融合技术的研究,并结合同行的研究经验在招远金矿区应用示范,得出以

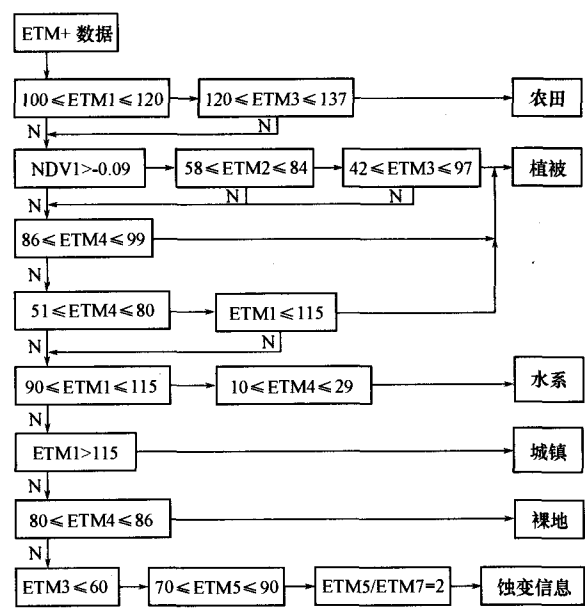


图6 专家分类器

下结论:

1) 单一的遥感技术(如PCA、植被指数、非监督分类、监督分类)在遥感找矿研究中都具有一定的局限性,而采用多种数据源(如化探、遥感)融合技术才能达到较好的效果。

2) 文章在提取线性构造时大胆使用ETM6,结果表明,ETM6与其他波段的反射率信息互相补充以增强和填制岩性,揭示成矿地质条件,能很好的指示构造信息。

3) 文章提出的一种新的基于3个层次(像素级、特征级、决策级)的化探遥感融合方法是一种行之有效的综合型找矿方法,特别是决策级专家系统的使用,可以很好地解决“同物异谱”与“同谱异物”问题,同时也体现了其容错性极强和能获得较高精度的特点。

以上结论均建立在招远金矿区验证的基础上,研究成果给金属找矿提供了有利的参考模型,具有广泛的应用价值和推广意义。

[参考文献]

[1] 陈南峰,田良虎,黄智才.多金属矿区遥感成矿预测初探[J].遥感技术与应用,1994,9(1):48-54.

[2] 刘福权.浑江市幅区域化探异常遥感评价筛选研究[J].国土资源遥感,1996,28(2):29-37.

[3] 方洪宾,李志中.遥感化探信息综合分析在地质找矿中的应用研究[J].国土资源遥感,1998,38(4):33-37.

[4] 廖崇高,陈建平,刘登忠.兰坪盆地遥感地质及化探综合分析在成矿预测中的应用[J].国土资源遥感,1999,42(4):17-23.

[5] 徐国端,杨自安.新疆东天山沙泉子地区化探遥感综合找矿信息与金矿成矿预测[J].地质与勘探,2003,39(6):21-24.

[6] 刘成,金成洙,姚玉增,等.化探散点数据的图像化及其和遥感图像的叠合[J].东北大学学报(自然科学版),2003,24(6):597-599.

[7] 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,2005,66(4):51-56.

[8] 吴德文,袁继明,张远飞,等.遥感与化探数据融合处理技术方法及应用研究[J].国土资源遥感,2005,65(3):44-49.

[9] 吴艳.多传感器数据融合算法研究[D].西安:西安电子科技大学,2003:4-102.

[10] 韩玲,吴汉宁.多源遥感影像数据融合的理论和技术[J].西北大学学报(自然科学版),2004,34(4):457-460.

[11] 袁金国,王卫.多源遥感数据融合应用研究[J].地球信息科学,2005,7(3):97-104.

[12] 钱夕元,邵志清.模糊ISODATA聚类分析算法的实现及其应用研究[J].计算机工程与应用,2004,15(1):70-71.

[13] 李庆亭,张连蓬,杨锋杰.高光谱遥感图像最大似然分类问题及解决方法[J].山东科技大学学报(自然科学版),2005,24(3):23-26.

[14] Farhan Al - juaidi, Andrew C Millington and Sue S McLaren. Merged remotely sensed data for geomorphological investigations in deserts: examples from central Saudi Arabia[J]. The Geographical Journal, 2003, 169(2), 117-130.

APPLICATION OF FUSION TECHNIQUES OF REMOTE SENSING AND GEOCHEMICAL DATA IN GOLD ORE EXPLORATION

LIU Fu - jiang^{1,2}, WU Xin - cai², SUN Hua - shan⁴, MEI Lin - lu², GUO Yan³

(1. School of the Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083;

2. Faculty of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074;

3. School of Computer, China University of Geosciences, Wuhan 430074;

4. Faculty of Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Abstract: As one of advanced multi - source remote sensing image fusion techniques, fusion techniques of remote sensing and geochemical data aim at obtaining information of greater quality and extract alteration information from the original images. Several classic algorithms, including Band Ratio, Principal Component Analysis, Iterative Self - Organizing Data Analysis Technique (ISODATA), and Maximum Likelihood Classifier (MLC) are studied. A novel remote sensing and geochemical data fusion method based on three levels (Pixel Level, Feature Level, and Decision Level) by using expert classifier is proposed. Experiment results in the Zhaoyuan gold district show that the method is remarkably better than the classical fusion methods.

Key words: data fusion, geochemical data, remote sensing exploration, Zhaoyuan gold district