五龙沟金矿集中区化探异常与遥感蚀变异常的综合分析

易桂花[1]，张廷斌[2]，倪师军[1]，钟康惠[2]，别小娟[2]
(1. 成都理工大学 地球化学系，四川 成都 610059;
2. 成都理工大学 地球科学学院，四川 成都 610059)

摘 要：五龙沟地区位于东昆仑造山带的中部，元古界富金地层广泛分布，脆韧性剪切带发育，具有较好的成矿地质背景，是青海省最具资源潜力的金矿集中区之一。本文通过水系沉积物地球化学数据处理，优选出 Au-As-Sb 组合异常作为化探异常参数；利用 ETM+ 遥感影像，采用波段比值和主成分分析等方法，提取了羟基异常和铁染异常；提出了遥感综合蚀变异常的概念，并把遥感综合蚀变异常作为遥感异常参数；最后，对工作区化探异常与遥感蚀变异常进行了综合分析。

关键词：化探异常；遥感蚀变异常；遥感综合蚀变异常；五龙沟
中图分类号：P612/P624 文献标识码：B 文章编号：1004-4051(2010)12-0104-03

Comprehensive analysis of geochemical anomaly and remote sensing alteration of gold mineralized concentrate district in Wulonggou area

YI Gui-hua[1], ZHANG Ting-bin[2], NI Shi-jun[1], ZHONG Kang-hui[2], BIE Xiao-juan[2]
(1. Department of Geochemistry, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;
2. College of Earth Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Wulonggou area locates in middle part of orogenic belt in East Kunlun Mountains. It is one of the most important gold mineralized concentrate districts with a better metallogenetic geological background, in which the aurum-rich stratum of Proterozoic Eonothem and the brittle-ductile shear zone are distributing abroad. Composite anomaly of Au-As-Sb is selected as a geochemical anomaly parameter by data processing about stream sediment geochemistry. Using ETM image data as the information data, Hydroxylate Anomaly and Ferric Contamination Anomaly are extracted by remote sensing data processing, some methods, such as band ratio, principal component analysis etc., are applied to enhance the alteration information on the image. Remote sensing integrate alteration is proposed and selected as the parameter of remote sensing alteration. Finally, based on integrated studies of geochemical anomaly and remote sensing alteration, several conclusions are drew.

Key words: geochemical anomaly; remote sensing alteration; remote sensing integrate alteration; Wulonggou area

地球化学信息和遥感信息的综合分析，是近年来多源地学综合分析的热点之一。已有研究者开展了不同程度的综合应用研究，如植起汉利用物探、化探、遥感和地质等多因素统计特征，建立了成矿预测的综合解译标志[1]；刘荫椿借助 GIS 将遥感、物探、化探和地质信息有机的结合起来，进行金矿成矿预测[2]；杨自安在青海两兰地区对化探和遥感异常信息与成矿的相关性进行了分析，圈定了找矿靶区[3]；吴德文提出了遥感与化探数据融合处理过程中的套合和耦合两种相关关系，并进行了融合处理的技术方法研究和试验应用[4]。本文以东昆仑五龙沟金矿集中区为例，提出了遥感

收稿日期：2010-06-17
基金项目：青海省国土资源厅重点项目（2005024）；四川省教育厅自然科学青年项目（08ZB085）资助
作者简介：易桂花（1982-），女，2008 年毕业于成都理工大学，获硕士学位，在读博士生，现主要从事勘查地球化学、遥感应用等研究工作。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

综合蚀变异常的概念，对化探异常和遥感蚀变异常进行了综合分析。

1　区域地质概况

五龙沟地区位于青藏高原北部东昆仑山中段，是一个以金为主的铜、铅、锌、钼多金属矿化集中区。现已查明矿床（点）52 处，其中金矿床（点）30 余处，集中产出在石灰沟、红旗沟、中支沟、淡水沟、黑风口等地，构成五龙沟金多金属矿田，被认为是青海省最具资源潜力的金矿集中区之一。

区内主要出露元古界地层，各元古界地层中普遍有金矿（化）体产出。区内岩浆侵入活动强烈，侵入岩广泛分布。岩石类型以中酸性岩类为主，呈岩基产出，空间展布与地层时序展布基本一致[5]。区内构造变形强烈，以断裂为主，褶皱次之；按断裂走向可划分为 NWW 向、NW 向、NNW 向以及 SN 向、NE 向、和近 EW 向等 6 组；区域构造线为 NW-NWW 向，主要发育了近于平行的岩金沟、萤石沟-红旗沟、三道梁-苦水泉等 3 条脆-韧性剪切带，是区内最重要的导矿、容矿构造带[6]-[7]，在叠加其上的 80 余条构造破碎带中，已有 40 余条圈定了 1000 多个金矿体。区内围岩蚀变强烈，以硅化、绢云母化、黄铁矿化、毒砂化、高岭土化为主，近地表氧化带发育褐铁矿化、臭葱石化、粘土化等，矿化与蚀变强度呈正比。

研究区水系沉积物地球化学异常

在研究区进行了 1∶2.5 万水系沉积物地球化学的采样工作，共采集样点 4669 个，每个采样点进行了 Au、As、Sb、Cu、Pb、Zn 等 6 种元素的测试。利用 Mapgis、Surfer 和 Spss 等软件对数据进行了预处理，工作区各元素地球化学特征参数见表 1。

表 1　研究区 6 元素地球化学特征参数表

项目	Au	As	Sb	Cu	Pb	Zn
均值	3.09	29.68	1.91	18.71	23.64	62.74
东昆仑均值	1.61	12.3	0.96	20.2	18.7	58.3
青海省均值	1.35	13.6	0.93	19.9	19.97	57.5
标准差	3.60	35.80	2.05	12.83	19.14	32.81
变异系数/%	116.49	120.62	107.29	68.54	80.96	52.29
异常下限	8.5	83.5	5.0	38.0	52.5	112.0

与东昆仑和青海省区域元素平均含量相比，Au、As、Sb 三元素含量高，且变异系数较大，分散富集趋势明显。

工作区 6 元素 R 型聚类分析表明，As、Sb、Au 关系密切为一类；因子分析中，3 个主因子的累积贡献率为 85.802%，其中第一主因子主要包含 Au、As、Sb 的信息，第二主因子主要包含 Pb、Zn 的信息，第三主因子主要包含 Cu 的信息；经与 Au-As-Sb 组合异常对比分析知，第一主因子综合异常信息与组合异常特征基本一致。

3　研究区遥感蚀变异常

基于 TM（ETM^+）遥感影像提取的遥感蚀变异常，一般指遥感羟基异常和遥感铁染异常，是反映热液矿化蚀变信息的找矿线索。遥感羟基异常主要反映高岭石化、蒙脱石化、绿泥石化、碳酸盐化、方解石化等蚀变岩石，遥感铁染异常主要反映了褐铁矿化、赤铁矿化、黄钾铁钒等地表氧化物。

本次研究工作采用成像日期为 1999 年 9 月 14 日的美国陆地卫星 Landsat-7 ETM^+ 136-35 景影像作为数据源，通过波段比值、主成分分析以及多重主成分分析等图像处理技术，提取了羟基、铁染异常信息[8]。通过与已知金矿点叠加分析，91% 的已知金矿点周围有羟基异常分布，75.8% 的已知金矿点周围有铁染异常分布，说明遥感异常与金矿化关系密切。

遥感的羟基异常和铁染异常，作为两个异常类别，在异常信息提取时是分别提取的，但这两个异常都是热液蚀变的产物，一般情况下同时出现，空间关系密切。为减少参与综合分析的数据维数，有必要对羟基异常和铁染异常进行综合，形成遥感综合蚀变异常。

综合的方法，可以根据两类异常的空间分布特点和异常互补情况，采用算术运算或逻辑运算，如对两种异常进行加和处理、或逻辑 AND、逻辑 OR 运算等。本文通过加和处理，得到了羟基和铁染的综合蚀变异常。

遥感综合蚀变异常很好的保持了羟基异常和铁染异常的空间分布特点，以一级异常和三级异常为主，异常具浓度中心，分带性好。经对已知金矿点的统计分析，94% 的已知矿点与综合蚀变异常吻合，比单个异常与已知矿点的吻合率高，

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

说明蚀变异常综合的结果是有效的。

4 化探异常与遥感蚀变异常综合分析

化探异常是矿体及其原生晕和次生晕的表生破坏在矿床附近水系沉积物中形成的与成矿有关的元素含量异常地带; 热液蚀变岩石的发现, 可以指示有利的找矿方向, 而遥感蚀变异常正是热液蚀变在地表的反映。因此, 化探异常和遥感蚀变异常都是地表异常的反映, 二者同源同宗。

研究区属高原大陆型气候, 年均降雨量少, 为干旱荒漠区。结合气候、地质、矿产、地形因素, 可以基本确定出本区元素的迁移不大, 可以作为准源地来考虑。这是化探异常和遥感蚀变异常综合分析的前提条件。

综合分析的方法很多, 为保有化探异常和遥感蚀变异常的原始空间分布特征, 为综合分析提供本真信息, 本文选择空间叠加的方法进行了综合分析。

化探异常与遥感蚀变异常空间对应关系密切, 但遥感蚀变异常的面积远大于化探异常的面积; 在化探异常区域, 基本上都有遥感蚀变异常分布; 从已知金矿点与化探异常和遥感蚀变异常的空间叠置关系来看, 大部分已知金矿点 (21 个, 占已知金矿点的 63. 6%) 落在化探异常和遥感蚀变异常的重叠区域, 另外有 4 个和 8 个已知金矿化点分别落在化探异常和遥感蚀变异常区域内, 分别占已知金矿点的 12. 1% 和 24. 2%; 落在化探异常区域的已知金矿点, 半数以上位于化探异常的中心区域, 其它则位于化探异常的边部, 反映了研究区化探异常的准原地性; 落在遥感综合蚀变异常区域内的已知金矿点, 与三级异常和二级异常的空间对应关系密切, 仅有 5 个已知金矿点落在一级遥感综合蚀变异常范围内。

5 结论与建议

(1) 化探异常与遥感蚀变异常的综合分析, 达到了优势互补, 取得了良好的效果; 本区遥感蚀变异常与矿化关系密切, 表现了遥感蚀变异常良好的示矿性; 遥感蚀变异常可以作为一种找矿参数[9, 10], 圈定找矿靶区, 至少可以增加化探异常成矿有利度的判别。

(2) 通过遥感蚀变异常与已知金矿点的空间叠置分析, 发现已知金矿点多分布于北北西向遥感蚀变异常带的边部, 而此位置恰好受萤石沟-红旗沟、三道梁-苦水泉韧性剪切带的控制; 在异常带的中部区域, 受剪切带的影响, 构造破碎带发育, 且遥感异常分布集中、强度较高, 是金矿找矿的潜力区域。

(3) 研究区内, 存在既无化探异常又无已知金矿化点的遥感蚀变异常密集分布区, 同样, 也存在既无遥感蚀变异常又无已知金矿化点的化探异常区。这两类区域, 也是金矿找矿的潜力区, 应加强对这两种异常区的异常查证工作。

参考文献

[1] 植起汉, 张远飞, 朱谷昌. 多源地学数据综合处理技术在金属矿产预测中的应用 [J]. 国土资源遥感, 1990 (2): 8 – 12.

[2] 刘荫椿, 董晓辉, 刘志杰. 基于 GIS 的金矿多源地学信息复合处理及应用 [J]. 黄金地质, 1997, 3 (1): 63– 66.

[3] 杨自安, 徐国瑞, 邹林, 等. 化探与遥感信息在青海两兰地区找矿预测中的应用 [J]. 地质与勘探, 2003, 39 (6): 42– 45.

[4] 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– 47.

[5] 石金友. 青海省都兰县五龙沟金矿成矿地质特征及找矿标志 [J]. 前寒武纪研究进展, 1997, 20 (2): 29– 36.

[6] 钱壮志, 李厚民, 胡正国. 青海五龙沟地区金矿控矿构造研究 [J]. 西安地质学院学报, 1997, 19 (增刊): 28 – 32.

[7] 李厚民, 沈远超, 胡正国, 等. 青海东昆仑五龙沟金矿床成矿条件及其成矿机理 [J]. 地质与勘探, 2001, 37 (1): 65– 69.

[8] 张廷斌, 钟康惠, 易桂花, 等. 东昆仑五龙沟金矿集中区遥感地质信息提取与找矿预测 [J]. 地质与勘探, 2009, 45 (4): 444– 449.

[9] 杨建民, 张玉君, 陈薇, 等. ETM+ (TM) 蚀变遥感异常技术方法在东天山戈壁地区的应用 [J]. 矿床地质, 2003, 3 (22): 278– 284.

[10] 丛丽娟, 岑况, 黄增芳, 等. 内蒙古西部朱拉扎金矿遥感蚀变异常与化探异常对比研究 [J]. 华南地质与矿产, 2008 (1): 29– 34.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net