

新疆博格达南缘化探与遥感信息综合应用及找矿预测

妙 超

(中国建筑材料工业地质勘查中心陕西总队, 陕西 西安 710003)

摘 要: 针对博格达南缘一带地形复杂、自然环境条件恶劣, 分布有众多小型矿床及矿点, 具有较好的成矿地质背景等特点, 采用传统的地质找矿方法难度大。在对区域成矿地质条件综合研究基础上, 通过对化探、遥感找矿信息的综合分析, 发现化探异常主要位于构造和岩浆侵入接触带附近。利用 GIS 进行了成矿预测选区, 圈定了 5 个具有成矿地质异常的找矿靶区, 并厘定了各靶区的主攻矿种, 为在本区进一步开展地质勘查工作提供了找矿依据和方向。

关键词: 化探; 遥感解译; 找矿靶区; 博格达; 新疆

中图分类号: P632; P627

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2015)01-0213-08

Comprehensive Application of Geochemical Prospecting and Remote Sensing Information in Prospecting Prediction of the Southern of Bogda, Xinjiang

MIAO Chao

(Shaanxi Branch of China Geological Exploration Center of Building Materials Industry,
Xi'an 710003, Shaanxi, China)

Abstract: In spite of complicated lithological conditions and harsh natural environment, the south edge of the Bogda terrain is fairly good geological background abundant in small deposits and occurrences. Geological prospecting with traditional methods is difficult and infeasible in this area. Based on a comprehensive study of mineralization geological conditions, and through an integral analysis of geochemical prospecting and remote sensing information, it is found that geochemical anomalies are mainly located in tectonic and magmatic intrusive contact zone nearby. Metallogenic prediction constituency conducted by GIS delineated five prospecting targets with metallogenic geological anomalies and determined the main minerals of each target area. The research provides prospecting basis and direction for further geological exploration in this area.

Keywords: geochemical exploration; remote sensing; prospecting target area; Bogda; Xinjiang

根据国内外理论研究, 遥感与化探技术的探测目标都是地表出露物, 因此在它们之间存在一定的相关性(徐瑞松等, 2003)。地球化学信息是最直接

的找矿信息, 通过对成矿相关元素以及其在不同地质体或区带的含量、分布规律进行研究, 能够快速找出异常地段, 缩小和确定找矿和勘探对象。而线性

收稿日期: 2013-08-20; 修回日期: 2014-10-08

基金项目: 国家“十二·五”科技支撑计划项目(2011BAB06B08)。

作者简介: 妙超(1986-), 男, 助理工程师, 硕士, 从事固体矿产资源勘查。E-mail: miaochao2012@sina.com

构造则对已知矿(化)点和地球化学元素异常具有较好的控制性,应用遥感图像资料开展成矿预测是加快找矿步伐的一条近路(朱余银,2009)。在成矿预测中应用遥感和化探信息相结合、互为补充,不但能够提高勘探速度与精度,还可以科学地指导找矿靶区的圈定工作(朱余银,2009)。

本次研究工作中,介于博格达南缘一带在勘查和科研方面均属研究程度较低地区,尚未取得找矿方面的突破,在掌握区域成矿规律的基础上,充分利用遥感解译信息、化探异常信息与成矿的相关性作综合分析,圈定找矿靶区,以指导该地区的下一步勘查工作,提高找矿效率。

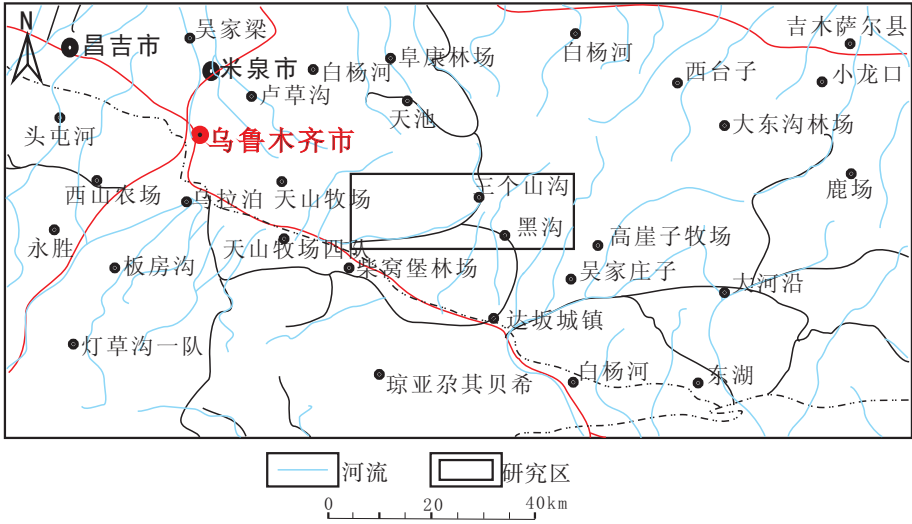


图 1 研究区地理位置图

Fig.1 Location map of the study area

2 区域地质概况

研究区位于博格达山西南侧。大地构造位置上属于哈萨克斯坦-准噶尔板块的南部,位于准噶尔地块-吐哈地块依连哈比尔尕-博格达裂谷盆地-巴音沟晚古生代裂陷槽的西段。

区内出露的地层有上石炭统祁家沟组、二叠系石人子沟组和塔什库拉组、侏罗系水西沟群、下第三系紫泥泉子组、上第三系上新统独山子组、第四系新疆群。侵入岩主要分布于研究区的东部,岩浆活动主要表现为晚石炭世一早二叠世中基性岩浆侵入,主要岩石构造组合有晚石炭世闪长岩-辉绿玢岩组合和早二叠世闪长岩-辉长岩组合。工作区断裂构

1 研究区地理位置

研究区位于新疆乌鲁木齐市东部约 30 km 处,行政区划主体属新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市管辖(图 1)。研究区地理坐标为东经 87°50′~88°31′,北纬 43°31′~43°43′,总面积 878.8 km²。位于天山东段博格达山南坡,属中高山与山间盆地相间地区,海拔一般为 1 500~3 500 m。北部为博格达山主脊,最高海拔 4 410 m,周边地形切割强烈,高差多在 300 m 以上,为现代冰川覆盖区。南部为柴窝堡盆地,海拔在 1 100 m 左右,地形较为平坦,为干旱荒漠区。

造发育,断裂方向有北东向、北西向、近东西向等,相互交错。各断裂水平错动不大,性质以浅表层次的脆性断裂为主。近东西向断裂是区内断裂构造的主体,多条主断裂近东西向分布,主要表现为压扭性断裂的特征。褶皱构造表现为轴向北东-南西向的复式背斜构造,表现为一背一向。该复式背斜中上石炭统柳树沟组为核部,祁家沟组及二叠系组成两翼。褶皱形态宽缓,两翼基本对称(图 2)。

3 化探数据处理及异常信息提取

研究区化探数据来源于 1:20 万水系沉积物测量成果资料。本区共采集 185 个样品,每个样品测试 16 种元素,即 Ag、As、Au、Bi、Co、Cr、Cu、Mo、

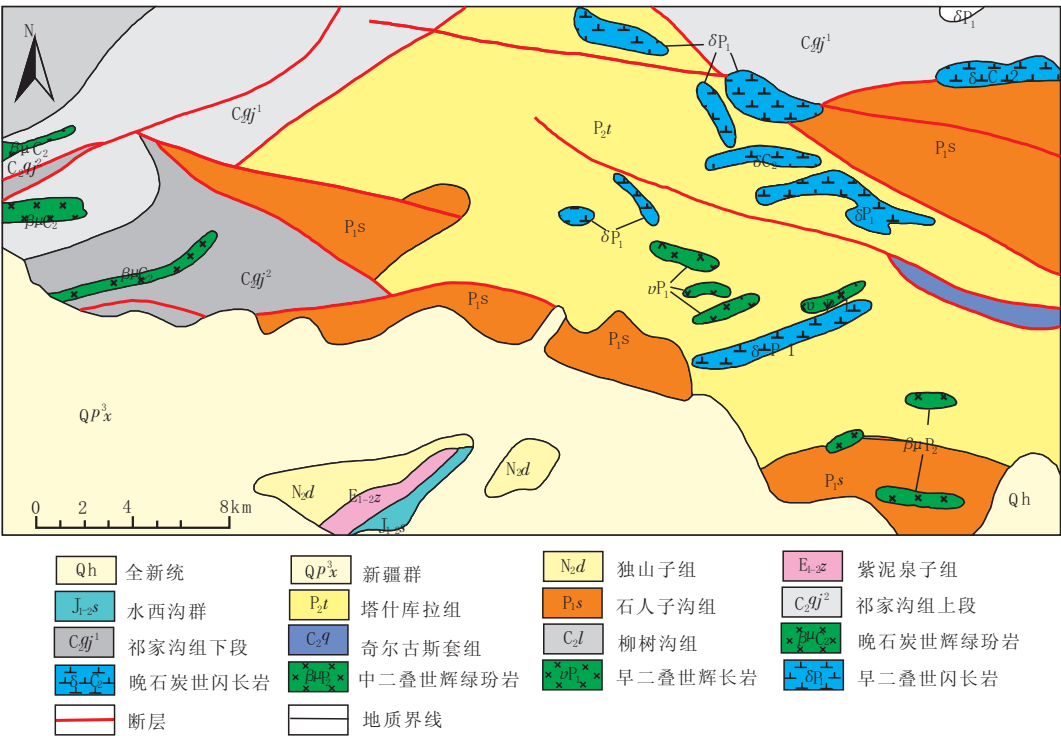


图 2 研究区区域地质图

Fig. 2 Regional geological map of the study area

Ni、Pb、Sb、Sn、Th、U、W、Zn。

3.1 数据含量变化范围

Ag、Cu、Zn3 个元素有特高值,分别将该元素的算术平均值替换其特高值,以排除这些数据对异常下限确定带来的干扰。对各元素含量分布直方图和含量对数直方图分析,数据基本呈正态分布。然后统计各样品的元素测量结果,测试总体特征见表 1。

表 1 元素含量统计表							
Tab. 1 Statistical table of element content							
项目	最小值	最大值	算术 平均值	中值	方差	标准差	浓度克 拉克值
Ag	32.00	180.00	75.77	72.00	638.78	25.21	1.01
As	3.00	14.00	7.79	8.00	5.76	2.39	3.54
Au	0.10	6.80	0.78	0.60	0.38	0.62	0.22
Bi	0.13	2.85	0.30	0.28	0.04	0.21	1.51
Co	8.00	49.00	22.06	22.00	47.59	6.88	0.88
Cr	59.00	281.00	115.52	107.00	1 253.39	35.31	1.05

续表 1							
项目	最小值	最大值	算术 平均值	中值	方差	标准差	浓度克 拉克值
Cu	26.50	546.00	54.66	47.80	1 699.80	41.12	0.87
Mo	0.30	11.00	1.02	0.80	0.97	0.98	0.79
Ni	25.80	237.30	52.21	46.60	516.62	22.67	0.58
Pb	7.00	442.00	25.95	22.00	1 050.45	32.32	2.16
Sb	0.20	1.77	0.63	0.60	0.07	0.26	1.02
Sn	0.70	4.50	1.89	1.90	0.17	0.41	1.11
Th	4.00	15.00	6.98	7.00	4.37	2.09	1.85
U	1.00	3.10	1.76	1.80	0.16	0.39	1.41
W	0.10	2.10	0.74	0.70	0.09	0.30	0.68
Zn	60.00	511.00	115.77	104.00	2 224.86	47.04	1.23

注:表中数据单位含量为 $\times 10^{-6}$ 。

浓度克拉克值表示某种元素在一定的矿床、岩体或矿物内浓集的程度。从统计结果可以看出,研究区内贫化元素为 Au、Co、Cu、Mo、Ni、W(浓度克拉克值<1);正常含量元素为 Ag、Cr、Sb、Sn、U、Zn

(浓度克拉克值为 1~1.5);富集元素为 As、Bi、Pb、Th(浓度克拉克值>1.5)。以浓度克拉克值大于 1 考虑,该区具有 Ag、Cr、Sb、Sn、U、Zn、As、Bi、Pb、Th 的元素组合。

表 2 元素含量相关系数表
Tab. 2 The correlation coefficient of element content

项目	Ag	As	Au	Bi	Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Th	U	W	Zn
Ag	1															
As	0.308	1														
Au	-0.030	-0.094	1													
Bi	0.278	0.165	0.625	1												
Co	-0.215	-0.366	-0.054	-0.233	1											
Cr	-0.062	-0.353	-0.046	-0.166	0.710	1										
Cu	0.450	0.035	-0.017	0.214	0.077	0.139	1									
Mo	0.189	0.157	0.496	0.754	-0.146	-0.012	0.058	1								
Ni	0.084	-0.156	-0.048	-0.030	0.671	0.787	0.146	0.014	1							
Pb	0.191	-0.017	0.668	0.884	-0.013	0.025	0.181	0.715	0.078	1						
Sb	0.522	0.518	0.029	0.274	-0.314	-0.268	0.088	0.198	-0.080	0.127	1					
Sn	0.334	0.139	0.018	0.133	-0.048	-0.066	0.079	0.111	0.015	0.048	0.222	1				
Th	0.414	0.323	0.051	0.252	-0.253	-0.164	0.156	0.286	0.018	0.131	0.435	0.150	1			
U	0.303	0.318	0.091	0.200	-0.352	-0.239	-0.032	0.117	-0.107	0.173	0.472	0.039	0.193	1		
W	0.582	0.478	0.263	0.593	-0.428	-0.341	0.217	0.557	-0.110	0.359	0.538	0.323	0.465	0.370	1	
Zn	0.586	0.057	-0.051	0.236	0.043	0.129	0.641	0.055	0.161	0.227	0.200	0.139	0.167	0.030	0.235	1

3.2 元素相关、聚类分析

由表 2 相关矩阵中可以看出,Ag 与 Sb、W,Au 与 Bi、Pb,Bi 与 Mo、Pb、W,Co 与 Cr、Ni,Mo 与 Pb、W,As 与 Sb,Cr 与 Ni,Cu 与 Zn,Sb 与 W 存在明显的正相关,其他元素之间的相关性不明显。

基于各元素含量值建立相关模式——R 型聚类谱系图(图 3)。

由图 3 可以看出,测区地球化学元素异常相关特征为 Bi-Pb-Mo-Au 组合、Cr-Ni-Co 组合、Cu-Zn 组合和 Ag-W-Sb 组合。其他地化元素相关性均较差。与地化元素含量相关系数分析得到的结果相吻合。

3.3 化探异常圈定

本次采用异常下限的方法是统计元素含量的算术平均值(μ)和标准差(σ),以 $\mu+1.65\sigma$ 作为各元素的异常下限值,所求得的结果见表 3。

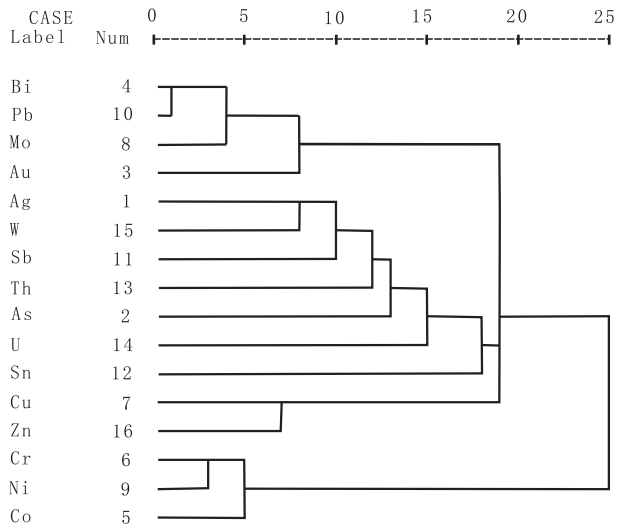


图 3 样品元素 R 型聚类谱系图
Fig. 3 R-mode cluster hierarchy of element

以克里金插值(Kriging)绘制地球化学元素等值线,不仅能体现了待估点位置与已知采样点位置的相互关系,而且还能体现出采样点之间的空间相关性(马俊等,2009)。

结合元素组合特征、元素异常下限值及成矿地质条件,将化探异常分为两类。分类原则是:① I 级:元素测试值高,多元素浓集中心套合程度高,化探所圈定的异常与成矿地质条件吻合较好。②II级:元素测试值高,多元素浓集中心套合程一般,化探所圈定的异常与成矿地质条件吻合一般。

表 3 元素异常下限表
Tab. 3 element anomalies lower table

项目	算术平均值	标准差	异常下限
Ag	75.77	25.21	117.36
As	7.79	2.39	11.74
Au	0.78	0.62	1.80
Bi	0.30	0.21	0.65
Co	22.06	6.88	33.41
Cr	115.52	35.31	173.78
Cu	54.66	41.12	122.50
Mo	1.02	0.98	2.64
Ni	52.21	22.67	89.61
Pb	25.95	32.32	79.28
Sb	0.63	0.26	1.05
Sn	1.89	0.41	2.58
Th	6.98	2.09	10.42
U	1.76	0.39	2.41
W	0.74	0.30	1.24
Zn	115.77	47.04	193.38

注:表中数据单位含量为 $\times 10^{-6}$ 。

在叠加各元素异常图的基础上,结合异常分类原则。本次 1:20 万水系沉积物化探扫面共圈定了 7 个地球化学综合异常(图 4),I 级异常区 3 个分别为:B、C、G,II 级异常区 4 个分别为:A、D、E、F。

3.3.1 I 级

B 区:Cu - Th - Ag - Zn 元素组合,异常面积较大,出露二叠系塔什库拉组粉砂岩和长石砂岩。南部有较大断裂。

C 区:Bi - Pb - Mo - Au - W - Ag 元素组合,异常面积较大,东北部出露二叠系石人子沟组长石砂岩、灰岩,南西部为石炭系祁家沟组上段砂岩、粉砂岩、泥岩。构造上发育有近北西向上地壳切割浅表层次的断裂。

G 区:Cr - Ni - Co 元素组合,异常面积最大,位于研究区东部。异常大部分出露二叠系石人子沟组长石砂岩和灰岩。南部小面积异常为二叠系塔什库拉组粉砂岩和长石砂岩。位于南北两条断裂之间。

3.3.2 II 级

A 区:Zn - Sn - Ag 元素组合,异常面积较小,位于研究区北西角。北部为下石炭系祁家沟组下段含砂泥岩、粉砂岩,少量长石砂岩。南部出露二叠系石人子沟组的长石砂岩、灰岩。区内有北西向断裂通过。

D 区:Cr - Ni - Co 元素组合,异常面积最大,位于研究区南部。异常北部出露二叠系塔什库拉组粉

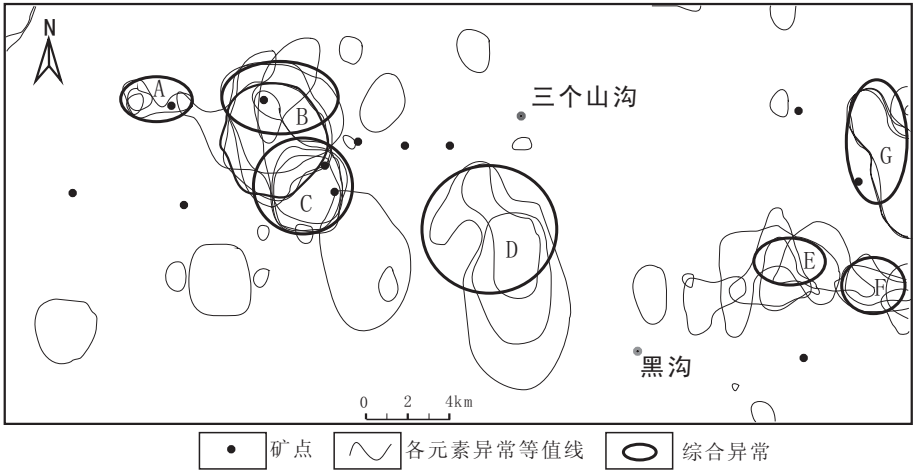


图 4 研究区地球化学综合异常图

Fig. 4 Map showing the comprehensive geochemical prospecting anomalies of study area

砂岩和长石砂岩。南部出露二叠系石人子沟组的长石砂岩、灰岩。东北部附近出露有早二叠世辉长岩和闪长岩。

E 区:Sb - U - As - W 元素组合,异常面积最大,位于研究区中部。出露二叠系塔什库拉组粉砂岩和长石砂岩。北部有一条较大断裂。

F 区:Sb - Th - As 元素组合,异常面积较小。出露二叠系塔什库拉组粉砂岩和长石砂岩。北部有一条较大断裂。

从 1:20 万化探测量结果来看,研究区以 Cr、Ni、Co、Bi、Pb、Mo、Au、Cu、Zn、W、Ag 为主的主成矿元素主要出露于二叠系石人子沟组和塔什库拉组。综合异常总体特征为:异常强度较高,面积较大,各元素异常空间套合程度较好。

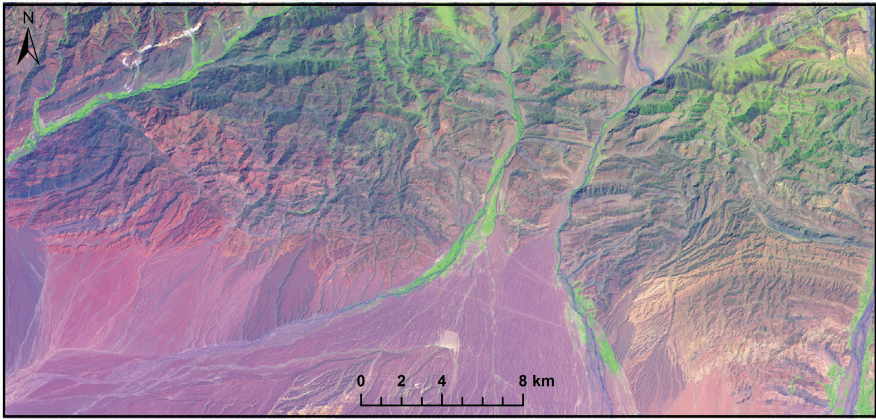


图 5 遥感影像 741 波段彩色合成图

Fig. 5 Remote sensing image 741 band color composite image

线性构造是指在遥感图像上与地质作用相关的线性(状)影像特征,通常的线性影像特征包括直线线性影像、弧线线性影像以及折线状线性影像(朱亮璞,1994)。一般而言,线性构造的类型包括:断层、剪切带、褶皱、火山链、岩墙群和区域裂隙带等,这些线性构造类型可以客观地反映出地质构造应力状态与构造格局。线性构造解译的标志主要分为直接解译标志和间接解译标志,直接解译标志包括岩性地层标志和构造标志;间接解译标志包括色标标志、地貌标志、水系标志、土壤和植被标志等(宋弢,2010)。其中对于地貌和水系,构造活动具有较为明显的控制作用(刘燕君,1991)。环状构造有单环,也有内外多层的套环,有的则是多环并列或相交的复环。

4 遥感解译信息提取

遥感影像的地质构造解译及其在地质找矿中的应用,最直观、最基础体现在识别线性构造和环形构造,它们并不是孤立的,而是具有一定形式的组合、分布规律,与区域矿产的生成有着密切的内在联系,因此,解译出的影像线、环构造是遥感找矿信息的重要部分之一(张船红,2011)。

本次工作选用 1999 年 8 月 23 日轨道号为 142-30 的 Landsat ETM+ 数据。利用 ArcGIS 软件对 7、4、1 波段进行假彩色图像合并(图 5),经过高斯-克吕格投影转换、裁剪。本次以目视解译为主对研究区的线性构造和环形构造进行解译。

环形构造是指在遥感图像上由色调、水系、影纹结构等标志显示出环形影像,通常的环形影像有单环影像、内外多层的套环影像,还有以多环并列或相交的复环(刘战庆等,2013;杨德生等,2010)。环状构造主要包括:地质构造、自然地形地貌、人类活动痕迹等,某些重要的环状构造可以很好的控制矿产的矿藏规模与位置分布,是利用遥感方法找矿时的一个重要标志,其中色调和形态标志环形构造解译的最主要标志(宋弢,2010)。

本研究区在东南部区域内有大规模的第四系覆盖层,该区域内构造标志不明显,而在研究区的其他区域内构造信息丰富,地层界线较明显,较大断裂的主要走向多为北东向、北西向和近东西向。另外,区

内有贯穿南北的两条较大水系,受构造控制较明显。北东向断裂是研究区内影像显示最为明显的一组断裂构造,主要集中于区内东北部及西北部,在展布上东部受限于北西向断裂,东北部的线性水系是识别此断裂的主要标志。北东向和近东西向断裂在研究区内比较发育,主要位于区内东部和西部,处于东部

的北东向断裂被阻于一条近东西向的较大断裂。东部两侧影像色调一致,层状影像对称分布,呈半圈闭,可解译为褶皱。环形构造集中出现于研究区中部,遥感影像较为明显,解译主要以近圆形的侵入体、半圆形水系、弧形山脊和环形山脊等为主。研究区的构造解译见图 6。

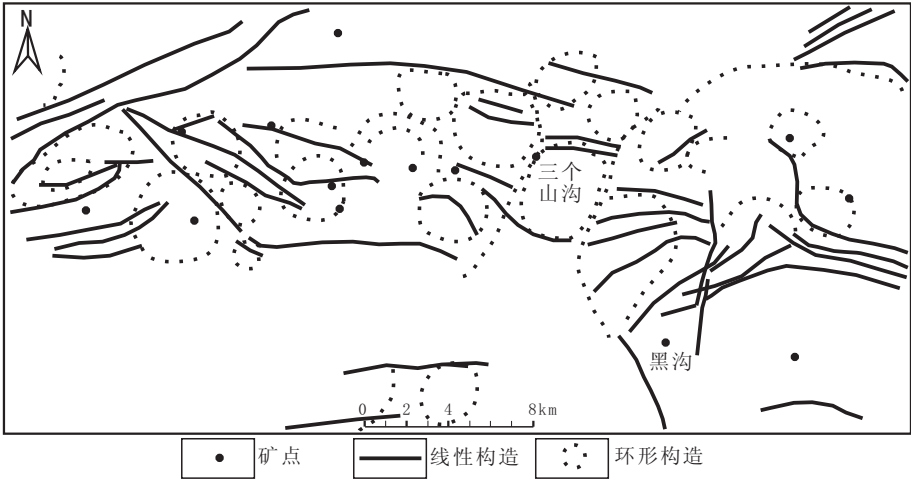


图 6 研究区遥感解译图

Fig. 6 Remote sensing interpretation map

由图 6 可看出:线性构造和环形构造以不同组合形式呈现,但是它们大多相伴出现,这反映了它们之间存在着某种依赖或共生关系。已知的矿床(点)多处于线性和环形构造相交或相邻的构造部位,可推断出这些相交或相邻的构造部位是研究区内找矿的有利部位。由叠加化探综合异常图和遥感解译图可以看出,化探异常带与遥感异常的展布同区域构造体系的展布特征一致性很强,且化探异常和遥感异常较多地聚集在线状构造交互处、环形构造的边缘、岩浆侵入接触带及附近。

5 结论

遥感成像“异常”与化探异常存在着某种相关性,很多研究结果证实了这一点(徐国端等,2003;张建国,2004;陈勇敢等,2010)。通过本次工作对化探异常和遥感异常信息与成矿的相关性进行分析,发现化探异常主要位于构造和岩浆侵入接触带附近。

A、B 和 C3 个元素组合异常区内已发现的铜镍矿点具有较高的成矿潜力,其余异常区元素异常值

也较高,多元素套合程度高,同样该区成矿潜力巨大。

在以上工作基础上,结合成矿地质条件进行找矿预测,提出了可供进一步进行勘查工作的找矿靶区 5 个。

(1)B 异常区与 C 异常区合并成为一个找矿靶区,厘定主攻矿种有金、银、铜—铅锌矿和钼、钨矿等。

(2)D 与 G 两个找矿靶区均为 Cr—Ni—Co 元素组合异常,厘定主攻矿种为铬镍钴多金属矿。

(3)A 异常找矿靶区,厘定主攻矿种为银矿。

(4)E 异常找矿靶区,厘定主攻矿种为钨矿。

参考文献(References):

徐瑞松,马跃良,何在成. 遥感生物地球化学[M]. 广州:广东科技出版社,2003.
XU Ruisong, MA Yueliang, HE Zaicheng. Remote sensing in biogeochemistry [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Publishing House, 2003.

- 朱余银. 新疆恰尔隆地区化探与遥感信息综合应用和找矿预测[J]. 矿产与地质, 2009, 23(1): 80-85.
- ZHU Yuyin. Comprehensive application of geochemical prospecting and remote sensing information with prospecting prediction of Qia'erlong area, Xinjiang[J]. Mineral Resources and Geology, 2009, 23(1): 80-85.
- 马俊, 吕晓华, 尉伯虎. 基于 Kriging 算法实现等高线制式转换[J]. 海洋测绘, 2009, 29(4): 35-37.
- MA Jun, LU Xiaohua, YU Bohu. Transformation of contour canonical with Kriging method[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2009, 29(4): 35-37.
- 张船红. 西藏墨竹工卡地区遥感找矿信息提取研究[D]. 成都理工大学, 2011.
- ZHANG Chuanhong. Research on remote sensing ore-finding information extraction of Mozhuogongka region in Tibet[D]. Chengdu University of Technology, 2011.
- 朱亮璞. 遥感地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- ZHU Liangpu. Geological Remote Sensing[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994.
- 宋弢. 基于 ETM+ 遥感数据的矿化蚀变异常信息提取[D]. 长安大学, 2010.
- SONG Tao. Extract mineralized alteration anomaly information from ETM+ remote sensing data[D]. Chang'an University, 2010.
- 刘燕君. 遥感找矿的原理和方法[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1991.
- LIU Yanjun. Principles and methods of remote sensing prospecting[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1991.
- 刘战庆, 梁力杰, 李赛赛, 等. 遥感解译在西倾山地区金矿成矿预测中的应用[J]. 西北地质, 2013, 46(3): 212-220.
- LIU Zhanqing, LIANG Lijie, LI Saisai, et al. Application of remote sensing interpretation to metallogenic prognosis of gold deposit in Xiqingshan area[J]. Northwestern Geology, 2013, 46(3): 212-220.
- 杨德生, 程刚, 卢小平. 遥感地质解译及矿化蚀变信息提取在矿产资源评价中的应用研究[J]. 河南理工大学学报, 2010, 29(2): 184-189.
- YANG Desheng, CHENG Gang, LU Xiaoping. Application of geological interpretation and mineralization information extrating by remote-sensing in mineral resource evaluating[J]. Journal of Henan Polytechnic University, 2010, 29(2): 184-189.
- 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.
- XU Guoduan, YANG Zian. Geochemical and remote sensing integrated prospecting information and metallogenic prognosis of gold in the Shaquanzi area of eastern Tianshan mountains, Xijiang[J]. Geology and Prospecting, 2003, 39(6): 21-24.
- 张建国. 遥感多光谱成矿信息提取与成矿预测[D]. 中南大学, 2004.
- ZHANG Jianguo. Multispectral remote sensing information extraction and mineralization mineralization forecast [D]. Central South University, 2004.
- 陈勇敢, 刘桂阁, 路彦明, 等. 遥感地球化学异常信息提取研究——以青海省白日其利沟地区为例[J]. 矿床地质, 2010, 29(Z1): 35-40.
- CHEN Yonggan, LIU Guige, LU Yanming, et al. Remote sensing information extraction of geochemical anomalies — a case study of Qinghai Bairiqiligou[J]. Mineral Deposits, 2010, 29(Z1): 35-40.