

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2021.04.003

# 新疆北山白山地区地球化学特征及找矿远景预测

李文明,刘拓\*,孙吉明,杨博,谢燮,尤敏鑫,杜辉,赵禹

(中国地质调查局西安地质调查中心,陕西 西安 710054)

**摘要:**在新疆白山地区开展1:50 000土壤地球化学测量的基础上,对该区地球化学特征进行了初步分析,并对该区元素地球化学参数进行计算,对元素分布特征、单元素异常特征、综合异常特征进行了研究。结果显示Cu、Ni、Au、W为区内具有一定潜力的找矿指标;通过元素异常特征,结合成矿地质条件及已知矿化信息,圈定了找矿远景区;利用土壤地球化学测量成果,发现了铜镍矿体,为进一步找矿工作指明了方向。

**关键词:**土壤地球化学测量;地球化学特征;白山地区;找矿远景区

中图分类号:P595

文献标志码:A

文章编号:1009-6248(2021)04-0042-07

## Geochemical Characteristics and Prospecting Prognosis in Baishan Area of Xinjiang Beishan

LI Wenming, LIU Tuo\*, SUN Jiming, YANG Bo, XIE Xie, YOU Minxin, DU Hui, ZHAO Yu

(Xi'an Center of China Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

**Abstract:** Based on the 1:50000 soil geochemistry survey in Baishan area in Xinjiang, this study preliminarily analyzed the geochemical features and parameters, highlighting the element distribution characteristics, element anomalies, multi-element anomaly characteristics. The results show that Cu, Ni, Au and W might be prospecting in the study area. The element anomalous characteristics combined with the ore-forming geological conditions and the existing information delineate the prospecting areas. Copper nickel ore body has been found with the help of soil geochemical survey, indicating a direction for the future prospecting in this area.

**Keywords:** soil geochemical survey; geochemical characteristics; Baishan area; prospecting areas

北山地区横跨内蒙古自治区、新疆维吾尔自治区、甘肃省3个省区,位于阿尔泰山、东天山、阿尔金山3大山系的交汇区域。在漫长的地质演化历史时期中,由于经历多期地质构造演变和多时段岩浆活动,具有较好的成矿条件和成矿,发现了大量的矿产

地(杨合群等,2006,2008,2012;姜寒冰等,2015)。若羌白山地区属于中坡山-红十井(裂谷系)铜-镍-金-铁-锰-铅-锌成矿带,矿带内已发现金、铜、镍、铁、锰、钨、钠硝石、石盐、芒硝等9种矿产,但以金、铜、镍、石盐、芒硝、钠硝石为主,包括坡一超大型镍矿床,是进

收稿日期:2021-04-02;修回日期:2021-07-20

基金项目:中国地质调查局项目“东天山-北山成矿带地质调查”(DD20160009)。

作者简介:李文明(1984-),男,高级工程师,地球化学专业,主要从事地质矿产勘查方面的工作。E-mail: cgs\_Wenming@126.com。

\*通讯作者:刘拓(1964-),男,教授级高工,地球化学专业,主要从事地球化学调查研究方面的工作。E-mail: 379937608@qq.com。

一步找矿的良好潜力地区<sup>①</sup>。研究区位于罗布泊东北缘,属于干旱荒漠戈壁残山景观区,地势平缓开阔,水系不太发育,残坡积物、冲积物厚度较小,基岩覆盖较浅,是开展土壤地球化学测量的较理想场所(刘珊等,2016;段星星等,2019;王乔木等,2021;HE, et al., 2021)。笔者在1:5万土壤地球化学测量的基础上,对研究区成矿元素地球化学特征、元素组合类型和异常空间分布特征进行了规律总结,优选了成矿远景区,探讨了本地区找矿潜力和找矿方向。

## 1 地质特征

研究区位于北山裂谷构造带,构造带界于罗布泊-疏勒河断裂带和车尔臣-星星峡断裂带之间,是发育在塔里木陆壳板块和敦煌地块之间的一个构造活动带,主要由堆积巨厚的古生代地层和支离破碎的前寒武纪微型陆块组成,构造带内构造线多呈北东东向,褶皱构造和断裂构造均较发育<sup>①</sup>。区内断裂以北东东向白山韧性大断裂为主,近东西向及南北向断裂也较为发育,褶皱样式复杂多样,以多期次构造叠加褶皱为主。研究区出露地层由老到新主要为古元古界敦煌岩群、中元古界长城系古铜井岩群、下石炭统红柳园组、上石炭统石板山组和干泉组、下二叠统红柳河组中性火山岩-火山碎屑岩-碎屑岩建造,第四系更新统山前冲洪积扇砂砾、砾石、碎石层,全新统现代冲积砂、砾石层等。区内广泛分布岩浆岩,岩浆活动以石炭-二叠纪为主,含有少量的古元古代及早古生代岩浆活动。

## 2 工作方法与分析测试

土壤测量工作严格按照地球化学普查规范执行(国土资源部,2015),研究区面积为750 km<sup>2</sup>,其中基岩出露区约为730 km<sup>2</sup>,中新世地层覆盖区约为20 km<sup>2</sup>。采集样品为土壤样品,采样时采用多点结合方式,以主采样坑为中心,采集20~30 m内多点采样混合,增强代表性,粒级为-4~+20目。按照新疆北山地区的气候和景观特点,采样物质一般为干样,由于区内土壤样品盐碱较大(段星星等,2019),需在野外对样品进行初步去碱加工过筛,室

内进一步除碱过筛。本次工作共采集土壤样品6 276件,采样密度为8.37个/km<sup>2</sup>,重复样153件。

样品分析测试工作在西安地质调查中心实验测试中心完成,测定Au、Ag、Cu、Ni、Cr、Co、Fe、Mn共16种元素,样品报出率、标样监控合格率、密码抽查合格率、外检样合格率等分析测试符合规范要求,满足分析质量要求。

## 3 地球化学特征

### 3.1 元素地球化学参数

笔者对区内6 123件样品(去除重复样)的测试数据进行了分析研究,利用元素平均值( $\bar{X}$ )、最大值( $X_{\max}$ )、标准离差( $S$ )、变化系数( $Cv$ )、浓集卡拉克值( $K$ )等参数讨论土壤地球化学特征和规律(表1)。从表1可以看出,指示元素相对背景含量与地壳(岩石)丰度比较,其浓集卡拉克值大于1的有As、Sb、Bi、Cr、Mn,表明研究区大多指示元素浓集卡拉克值( $K$ )小于1。因研究区位于罗布泊东北缘的新疆北山,土壤中含碱量较大,加之地球化学景观环境为荒漠干旱区,物理风化占优势,所采样品以岩屑为主,所以 $K$ 值小于1,表明指示元素背景平均值接近基岩的背景平均值。

变化系数反映元素变异程度,其值越大说明元素在地质体中不均匀分配越强,找矿潜力越高。根据元素在不同地质单元中的分配特征,按变化系数( $Cv$ )分为很不均匀元素( $Cv > 1.5$ )、不均匀元素( $1 \leq Cv \leq 1.5$ )和均匀元素( $Cv < 1$ );按浓度卡拉克值( $K$ )分为富集元素( $K > 1$ )、稳定元素( $0.9 \leq K \leq 1$ )和贫化元素( $K < 0.9$ )。

根据上述分析,区内元素的分布特征为:①研究区元素的变化系数为0.38~2.41,元素变化系数最大为Bi,变化系数大于1的有Ni、Au、As、Sb、Bi、W、Mo,表明这些元素分散、富集程度较高,具有富集成矿的潜力;部分元素变化系数小于0.5,为弱分异或不具分异元素,相对而言在研究区内不利于元素富集。②对比研究区主要地质单元元素的分布特征如下:古元古代敦煌岩群分布于工区中西部,其变化系数 $Cv > 1.5$ 的元素有As、Bi、W、Mo,该组地层中富集元素为:Bi(2.10)、Sb(1.26)、Cr(1.38)、Mn

①李文明,孙吉明,谢燮,等.新疆若羌白山地区矿产地质调查成果报告.西安:西安地质调查中心,2019。

(1.20)、Ag(1.01),应该注意在不整合接触带、侵入于地层中的各类岩脉、岩体及地层和岩体的接触带附近寻找找矿线索;晚石炭世干泉组分布于工区北部,少量见于中西部的北山断裂附近,该地层中变化系数  $C_v > 1.5$  的元素有 Au、Sb、Hg,富集元素为 As(3.48)、Sb(1.32),在该地层中注意 As、Sb 等低温热液元素成矿可能;晚石炭橄榄辉长岩主要分布于工区中东部,部分以脉体形式出露,橄榄辉长岩中变

化系数  $C_v > 1.5$  的元素仅有 Ni(1.94),富集元素为 Bi(1.21)、Cu(1.0)、Co(1.07)、Cr(2.62)、Ni(1.57),该岩体着重注意寻找基性-超基性相关的岩浆铜镍硫化物矿床。③Cu 和 Ni 的异常最大值分别为  $1\,473 \times 10^{-6}$  和  $1\,434 \times 10^{-6}$ ,Cu 和 Ni 在研究区有矿化显示,已发现矿化线索。综合以上特征,结合区域地质背景、物探特征、成矿条件等,可见 Cu、Ni、Au、W、Mn 等元素为研究区主要成矿元素。

表 1 白山地区元素地球化学参数表  
Tab. 1 Geochemical parameters of soil in Baishan area

| 元素                | Au    | Ag    | As    | Sb    | Hg    | Bi    | Cu    | Pb    | Zn    | W     | Sn    | Mo    | Co    | Cr    | Ni    | Mn     |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 样品数(N)            | 6 123 | 6 123 | 6 123 | 6 123 | 6 123 | 6 123 | 6 123 | 6 123 | 6 123 | 6 123 | 6 123 | 6 123 | 6 123 | 6 123 | 6 123 | 6 123  |
| 平均值(X)            | 0.70  | 48.90 | 2.33  | 0.22  | 6.93  | 0.22  | 32.05 | 11.82 | 70.59 | 1.12  | 1.86  | 0.68  | 21.88 | 89.73 | 39.62 | 894.31 |
| 极大值( $X_{\max}$ ) | 25    | 592   | 189   | 13.6  | 395   | 24.8  | 1473  | 116   | 448   | 77.1  | 20.3  | 38.8  | 118   | 2 481 | 1 434 | 21 340 |
| 中位数(M)            | 0.6   | 44    | 1.43  | 0.18  | 6     | 0.14  | 28.2  | 10.3  | 70.4  | 0.81  | 1.61  | 0.54  | 20.7  | 68.5  | 28    | 899    |
| 标准离差(S)           | 0.73  | 22.75 | 4.85  | 0.37  | 5.54  | 0.54  | 28.22 | 7.69  | 27.02 | 2.43  | 1.14  | 0.79  | 12.25 | 85.28 | 54.45 | 460.73 |
| 变化系数( $C_v$ )     | 1.04  | 0.47  | 2.09  | 1.65  | 0.80  | 2.41  | 0.88  | 0.65  | 0.38  | 2.17  | 0.62  | 1.16  | 0.56  | 0.95  | 1.37  | 0.52   |
| 浓集克拉克值(K)         | 0.17  | 0.98  | 1.22  | 1.49  | 0.09  | 1.75  | 0.84  | 0.79  | 0.82  | 0.47  | 0.45  | 0.34  | 0.68  | 1.42  | 0.70  | 1.15   |

3.2 元素聚类分析

采用 R 型聚类分析对区内土壤中的元素进行研究,得到元素之间相关程度,所获谱系见图 1。图 1 清晰地反映出测区指示元素分类组合的基本规律,在 0.1 的相似水平上,指示元素分 3 大类。

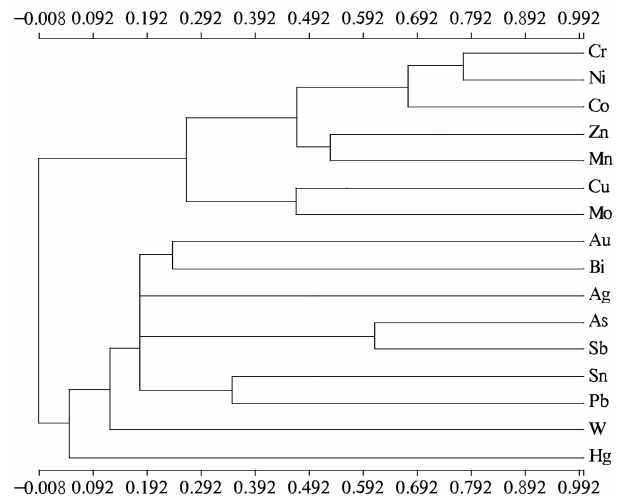


图 1 R 型聚类分析谱系图

Fig. 1 R Cluster analysis pedigree

第一类: Au、As、Sb。反映了测区的与中低温热液或热水沉积有关的成矿元素组合,组合为较典

型的成金成晕组合。

第二类: Cr、Co、Ni、Cu。与区内分布的基性-超基性岩之专属性有关,岩性控制了这些铁族元素的密切组合关系,在 0.7 相似水平上的 Cr、Co、Ni 组合及 0.5 相似水平上的 Cu、Zn、Mo 基本与基性-超基岩之特征有关,但已有高温热液因素的影响。

第三类: Ag、Sn、Pb、W、Bi 等。比较复杂,但多与岩浆作用有关,表现出中-高温热液组合的特征。

3.3 单元素异常特征

根据选定的主成矿元素及各元素的地球化学特征,共圈定单元素异常 611 个,圈定综合地球化学异常 12 处,其中甲类异常 2 处,乙类异常 3 处。Cu、Ni 元素异常具有三级浓度分带,规模较大,成矿地质条件有利。

3.3.1 Cu 异常

研究区 Cu 异常主要沿北东向的白山断裂呈带状分布,其中具 Cu 找矿远景的异常 5 处(表 2)。①Cu 异常集中区主要分布于研究区中部基性-超基性岩出露的区域,与磁异常套合较好,Cu 元素异常强度较高、规模较大。如 Cu48 异常,面积为  $1.7\text{ km}^2$ ,几何均值为  $107.7 \times 10^{-6}$ ,衬度为 2.5,是清晰度比较高的 Cu 异常,最高 Cu 含量达  $1\,473.0 \times 10^{-6}$ ,地

表见有孔雀石化现象,通过进一步工作圈定了铜镍矿化体。②Cu 部分地球化学异常分布于研究区东北部,其 Cu 异常可能与石炭系火山岩引起,其分布较为分散,规模较小。

表 2 Cu 异常的主要特征表  
Tab. 2 Main features of Cu anomaly

| 异常编号 | 面积(km <sup>2</sup> ) | 形 态 | 极值(10 <sup>-6</sup> ) | 规模(NAP) |
|------|----------------------|-----|-----------------------|---------|
| Cu9  | 3.8                  | 规则  | 319.0                 | 11.4    |
| Cu18 | 26.0                 | 不规则 | 307.0                 | 42.4    |
| Cu24 | 1.3                  | 椭圆  | 270.0                 | 68.9    |
| Cu27 | 1.2                  | 规则  | 325.0                 | 3.9     |
| Cu48 | 1.7                  | 椭圆  | 1 473.0               | 4.3     |

3.3.2 Ni 异常

Ni 异常主要集中在研究区中部,具有 Ni 找矿远景的异常 4 处(表 3)。研究区的 Ni 地球化学异常均分布于磁异常带,中部指示元素异常也是规模最大,强度最高,主要与出露地表的基性-超基性岩相关,地表岩体分异较好地段 Ni 元素异常强度高、规模大。如 Ni21 异常,面积达 15.3 km<sup>2</sup>,几何均值为 202.86×10<sup>-6</sup>,衬度为 2.76,异常清晰度比较高,最高 Ni 含量达 1 434.0×10<sup>-6</sup>。地表见有镍化,通过槽探工程圈定了镍矿体。Ni33 异常面积为 0.89 km<sup>2</sup>,几何均值为 389.67×10<sup>-6</sup>,衬度为 5.29,Ni 最高含量为 1 120.0×10<sup>-6</sup>。

表 3 Ni 异常的主要特征表  
Tab. 3 Main features of Ni anomaly

| 异常编号 | 面积(km <sup>2</sup> ) | 形 态   | 极值(10 <sup>-6</sup> ) | 规模(NAP) |
|------|----------------------|-------|-----------------------|---------|
| Ni5  | 1.2                  | 椭圆    | 798.0                 | 3.5     |
| Ni21 | 15.3                 | 不规则带状 | 1 434.0               | 40.9    |
| Ni25 | 0.6                  | 椭圆    | 550.0                 | 2.2     |
| Ni33 | 0.9                  | 椭圆    | 1120.0                | 4.7     |

4 找矿远景区的划分

在 1:5 万土壤地球化学测量成果的基础上,结合研究区已知矿产及其分布规律、成(控)矿地质条件、成矿规律和找矿标志,划分出白山断裂南铜镍找矿远景区、白山断裂东铜镍找矿远景区、淤泥河南金多金属成矿远景区和小独山南金多金属矿找矿远景

区,并进一步圈定白山断裂南铜镍找矿靶区和白山断裂东铜镍找矿靶区。根据找矿成果,本次优选白山断裂南和白山断裂东铜镍找矿远景区进行介绍。

4.1 白山断裂南铜镍找矿远景区

远景区位于研究区西南部,面积约为 9 km<sup>2</sup>。区内见有基性-超基性岩体露头,露头较小,零星分布,主要岩相有辉长岩相、橄榄辉长岩相及辉石岩相。区内地层主要为敦煌岩群第一岩性段和第二岩性段。主要岩石组合为黑云斜长片麻岩、黑云石英片岩、斜长角闪片岩和斜长角闪岩,局部见有石英岩出露。

远景区主要由 Hy-11(甲)综合异常组成,Cu、Ni、Co 元素形态较为规则,且异常套合较好,异常面积约为 1.1 km<sup>2</sup>。Cu、Ni 元素均具内中外带,Ni 异常极值为 1 120.0×10<sup>6</sup>,Cu 异常极值为 1 473.0×10<sup>6</sup>。

进行异常检查时,在地表高值点采样坑中发现褐铁矿化、孔雀石化和黄钾铁矾化,其位于一蚀变破碎带中。经工程验证,在辉石岩、长英质角岩层理面及构造破碎带中圈定隐伏铜镍矿体 1 条,呈似层状产出;矿体视厚度为 32.95 m,Ni 品位为 0.20%~10.99%,平均品位为 1.84%;Cu 品位为 0.21%~4.19%,平均品位为 0.93%;矿石为浸染状、贯入型脉状和块状矿石,矿石中主要金属硫化物以黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿等为主,矿体顶、底板围岩均为长英质角岩。

远景区内经槽探工程控制圈定 1 处镁铁-超镁铁岩体,呈透镜状,长为 500 m,宽为 20~70 m。岩石组合有:橄榄岩、辉石岩、辉长岩及苏长岩。杂岩体套合有负磁或低磁物探异常,航磁异常显示深部有高磁性体存在,并往北有较好的延伸,具有进一步找矿的潜力(图 2、表 4)。

4.2 白山断裂东铜镍找矿远景区

远景区位于研究区中部,面积约为 61 km<sup>2</sup>。区内出露主要地质体为新发现的白山镁铁-超镁铁杂岩体(谢燮等,2018),岩带呈带状展布,岩带走向严格受白山深断裂的控制,平面上呈相互联通的岩盆状,长轴方向与白山断裂带方向一致;围岩主体为元古代的敦煌岩群,主要岩石组合为黑云斜长片麻岩、黑云石英片岩、斜长角闪岩,杂岩体外围见有顶垂体及残留老地层,内部未见有残留老地层。镁铁-超镁铁岩体与地层呈侵入接触东部接触带呈弧形展布,西部接触带呈不规则的波状;该基性-超基性岩体岩相较齐全,基性岩和超基性岩均有出露,见有辉(苏)

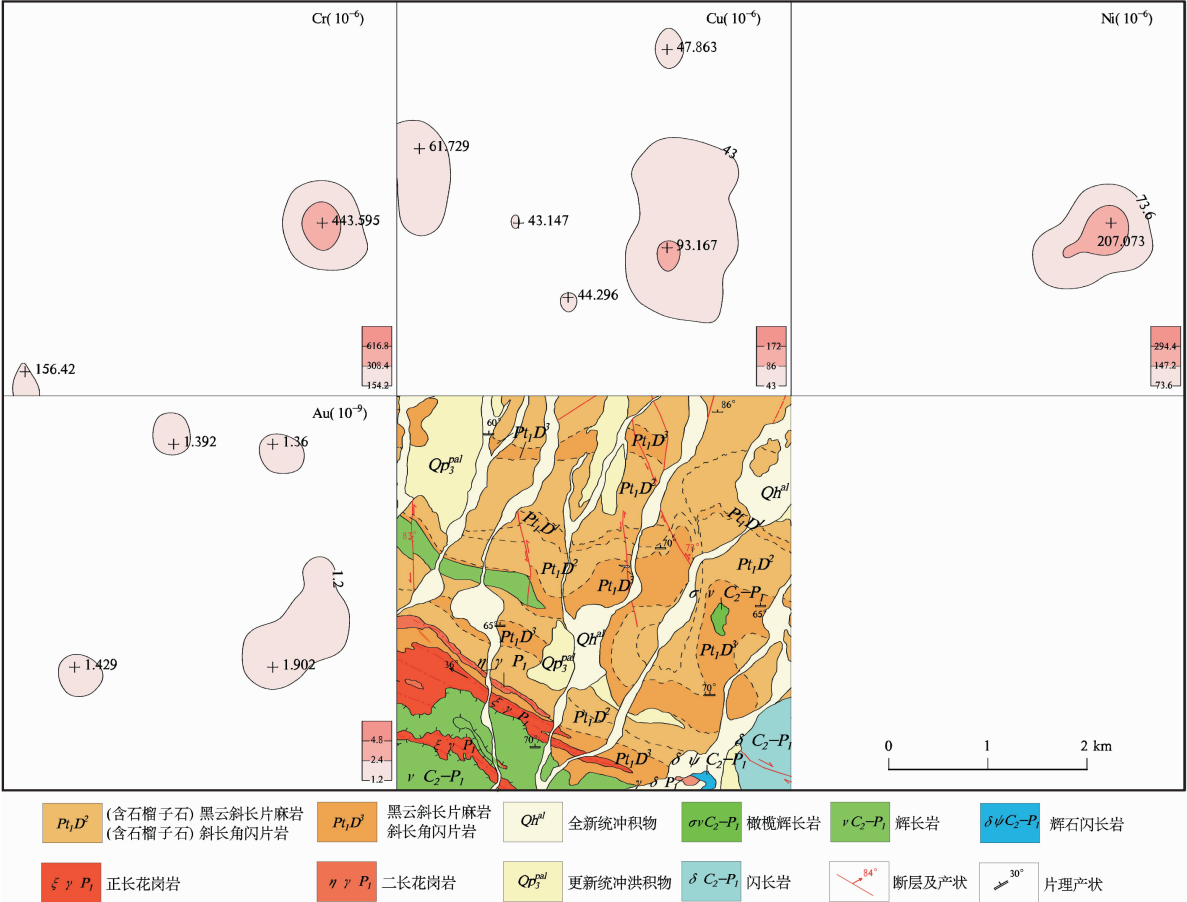


图 2 白山断裂南 Hy - 11 综合异常剖析图

Fig. 2 Hy - 11 comprehensive anomaly profile

表 4 Hy - 11 综合异常特征表

Tab. 4 Hy - 11 features of comprehensive anomaly

| 元素                   | Cr                        | Cu                     |                          | Ni                       | Au                    |                        |
|----------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|
| 异常编号                 | Cr29                      | Cu44                   | Cu48                     | Ni33                     | Au19                  | Au26                   |
| 面积(km <sup>2</sup> ) | 0. 61                     | 0. 57                  | 1. 72                    | 0. 89                    | 0. 51                 | 0. 81                  |
| 形态                   | 规则                        | 规则                     | 规则                       | 规则                       | 规则                    | 规则                     |
| 异常均值                 | 1 018. 5×10 <sup>-6</sup> | 94. 8×10 <sup>-6</sup> | 107. 74×10 <sup>-6</sup> | 389. 67×10 <sup>-6</sup> | 3. 2×10 <sup>-9</sup> | 3. 98×10 <sup>-9</sup> |
| 异常极大值                | 1 284×10 <sup>-6</sup>    | 114×10 <sup>-6</sup>   | 1 473×10 <sup>-6</sup>   | 1 120×10 <sup>-6</sup>   | 3. 8×10 <sup>-9</sup> | 11×10 <sup>-9</sup>    |
| 异常均方差                | 375. 47                   | 16. 64                 | 123. 00                  | 331. 66                  | 0. 85                 | 4. 1                   |
| 异常衬度                 | 6. 61                     | 2. 21                  | 2. 51                    | 5. 29                    | 2. 67                 | 3. 32                  |
| 异常规模                 | 528. 90                   | 29. 45                 | 111. 32                  | 280. 53                  | 1. 01                 | 2. 24                  |
| 异常 NAP               | 4. 04                     | 1. 25                  | 4. 31                    | 4. 70                    | 1. 35                 | 2. 67                  |

长岩、橄榄辉长岩、橄榄苏长岩、橄长岩、辉橄岩、纯橄岩,在橄榄辉(苏)长岩和超基性中见有星点状磁黄铁矿和黄铜矿,矿体主要产于橄榄岩相中。

远景区主要由 Hy - 6(甲)综合异常组成,Cu、Ni、

Co 元素形态较为规则,且异常套合较好,其受到工作区西侧北东向白山断裂的控制,异常面积约为 48.5 km<sup>2</sup>;元素中只有 Ni 具内中外带,Ni 异常极值为1 473.0×10<sup>-6</sup>;Cu 异常极值为 270.0×10<sup>6</sup>(表 5、图 3)。

表 5 Hy-6 综合异常特征表  
Tab. 5 Hy-6 features of comprehensive anomaly

| 元素                       | Cu    |       |      | Ni     |         |        | Co    |       |       | Cr     |       |         |
|--------------------------|-------|-------|------|--------|---------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|
| 异常编号                     | Cu24  | Cu25  | Cu36 | Ni9    | Ni19    | Ni21   | Co1   | Co3   | Co4   | Cr9    | Cr10  | Cr17    |
| 面积(km <sup>2</sup> )     | 1.3   | 0.54  | 0.35 | 1.56   | 12.25   | 0.54   | 0.48  | 0.62  | 1.5   | 1.2    | 0.7   | 4.3     |
| 形态                       | 带状    | 带状    | 带状   | 带状     | 规则      | 规则     | 规则    | 规则    | 规则    | 规则     | 圆形    | 较规则     |
| 异常均值(10 <sup>-6</sup> )  | 97.5  | 131.5 | 96.1 | 204.57 | 235.83  | 259.67 | 76.5  | 73.25 | 88.78 | 378.71 | 277.5 | 424.85  |
| 异常极大值(10 <sup>-6</sup> ) | 270.0 | 270   | 148  | 318    | 1 434   | 550    | 84.1  | 102   | 118   | 646    | 396   | 1 496   |
| 异常均方差                    | 78.6  | 93.57 | 46.4 | 77.48  | 268.95  | 251.46 | 10.65 | 40.66 | 28.67 | 171.82 | 82.97 | 372.36  |
| 异常衬度                     | 2.27  | 2.27  | 1.66 | 2.57   | 2.96    | 3.26   | 1.78  | 1.7   | 2.1   | 2.06   | 1.51  | 2.32    |
| 异常规模                     | 68.9  | 39.8  | 13.2 | 194.5  | 1 913.2 | 96.6   | 16    | 18.6  | 68.03 | 227.81 | 63.1  | 1 024.6 |
| 异常 NAP                   | 2.87  | 1.23  | 0.57 | 4.0    | 36.27   | 1.75   | 0.85  | 1.05  | 3.07  | 2.41   | 1.02  | 9.83    |

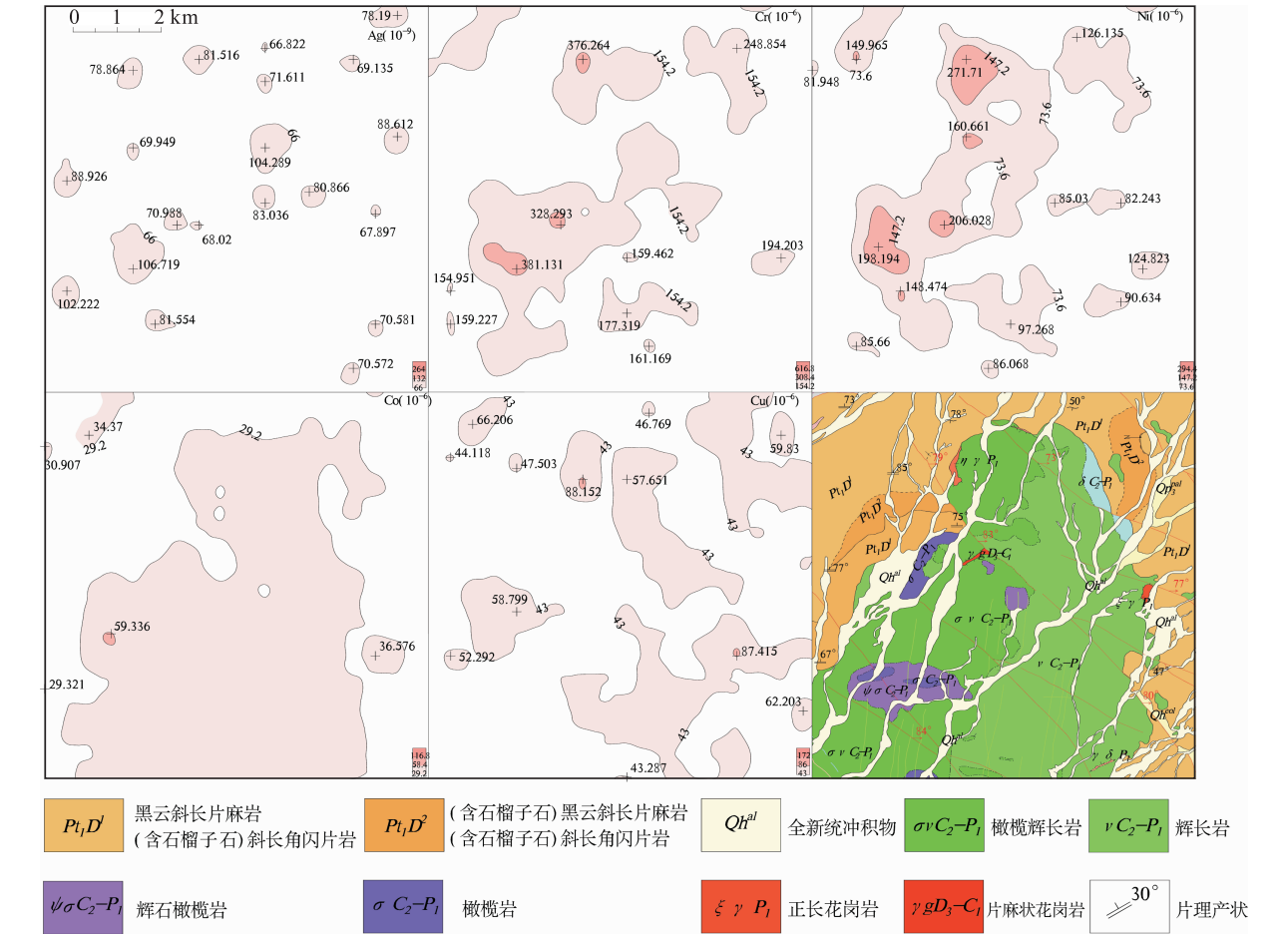


图 3 Hy-6 号综合异常剖析图  
Fig. 3 Hy-6 comprehensive anomaly profile

对远景区开展了 1:1 万重力和磁测工作, 覆盖面积约为 40 km<sup>2</sup>。根据物探工作对 2 个杂岩体进行了工程揭露, 杂岩体出露岩石以辉长岩为主, 橄辉岩、纯橄岩次之。1 号杂岩体呈不规则状, 长为 1.5 km, 宽为 1.3 km, 其中圈定 Ni1 号矿体, 走向为 115°, 倾向为 35°, 倾角为 49°。矿体长为 300 m, 视厚度为 1.9~2.5 m; 矿体以黄铁矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿为主要矿石矿物, Ni 品位为 0.21%~0.79%,

平均品位为 0.34%。2 号杂岩体呈不规则状,长为 1 km,宽为 0.9 km,其中圈定 Ni2 号矿体,走向为 53°,倾向为 155°,倾角为 56°,矿体长为 400 m,视厚度为 3.7~6.0 m;矿体以黄铁矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿为主要矿石矿物,Ni 品位为 0.21%~0.57%,平均品位为 0.35%。

矿(化)体具有较大规模,矿化蚀变带有一定延伸,具备良好成矿地质条件,找矿标志明显,物化探异常显示较好,显示该区找矿前景优越,铜镍资源潜力较大,有望扩大和找到新的矿体。

## 5 结论

(1)通过土壤地球化学特征、R 型聚类分析划分了元素组合类型,反映了各元素间共生组合和成因关系,解释了元素富集特征及原因,为远景区优选提供了依据。

(2)研究区内元素相关性较好,具有找寻与晚石炭世—早二叠世镁铁—超镁铁岩有关的铜镍矿和与石炭纪—早二叠世构造—岩浆作用有关的金矿矿体或矿化体的潜力。

(3)Cu、Ni 元素异常强度高、规模大、异常套合较好,综合了地质、矿产等信息,圈定出了白山断裂东铜镍找矿远景区和白山断裂铜镍找矿远景区,并在进一步的工作中圈定了铜镍矿(化)体。

(4)发现铜镍矿化的白山岩体位于北山裂谷南带,岩体地质、岩相学、岩石地球化学特征,以及成岩时代均与区域内及东天山地区含矿岩体具有较强的相似性(谢燮等,2018),且发现有块状富矿石,表明具有较好的铜镍成矿潜力,证明新疆北山地区具有较大的铜镍找矿空间。

## 参考文献(References):

杨合群,李英,杨建国,等. 北山造山带的基本成矿特征[J]. 西北地质,2006,39(2):78-95.

YANG Hequn,LI Ying,YANG Jianguo,et al. Main Metallogenic Characteristics in the Beishan Orogen [J]. Northwestern Geology,2006,39(2):78-95.

杨合群,李英,李文明,等. 北山成矿构造背景概论[J]. 西北地质,2008,41(1):22-28.

YANG Hequn,LI Ying,LI Wenming,et al. General Discussion on Metallogenic Tectonic Setting of Beishan

Mountain, Northwestern China[J]. Northwestern Geology,2008,41(1):22-28.

杨合群,赵国斌,任华宁,等. 新疆—甘肃—内蒙衔接区元素相关性及其重要矿床异常显示[J]. 地球科学进展,2012,27(A1):91-92.

YANG Hequn,ZHAO Guobin,REN Huaning,et al. Element correlation and abnormal display of important ore deposits in Xinjiang Gansu Inner Mongolia convergence area [J]. Advances in Earth Science, 2012,27(A1):91-92.

姜寒冰,杨合群,谭文娟,等. 敦煌成矿带地质建造的成矿系列家族[J]. 西北地质,2015,48(1):64-71.

JIANG Hanbing,YANG Hequn,TAN Wenjuan,et al. The Metallogenic Series Family of Geological Formation in Dunhuang[J]. Northwestern Geology, 2015,48(1):64-71.

谢燮,李文明,孙吉明,等. 新疆北山地区白山镁铁—超镁铁岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及其找矿意义[J]. 地质科技情报,2018,37(6):11-21.

XIE Xie,LI Wenming,SUN Jiming,et al. Geochemistry and Zircon U-Pb Dating of the Baishan Mafic-Ultramafic Rock Complex in the Beishan Area of Xinjiang and Its Prospecting Significance [J]. Geological Science and Technology Information,2018, 37(6):11-21.

刘珊,陈亮,段先哲,等. 土壤地球化学测量在黔东八瓢达冲金矿勘查中的应用与找矿效果[J]. 物探与化探,2016,40(1):27-32.

LIU Shan,CHEN Lian,DUAN Xianzhe,et al. The application of soil geochemistry survey to prospecting in the Bapiao Dachong gold ore district of eastern Guizhou Province and its effect[J]. Geophysical and Geochemical Exploration,2016,40(1):27-32.

段星星,黑欢,梁楠,等. 新疆东天山玉海铜矿外围浅覆盖区 1:5 万化探方法技术及应用[J]. 西北地质,2019,52(3):143-150.

DUAN Xingxing,HEI Huan,LIANG Nan,et al. 1:50,000 Geochemical Prospecting Techniques and their Applications in Shallow Covered Area outside the Yuhai Copper Deposit in East Tianshan Mountains, Xinjiang [J]. Northwestern Geology,2019,52(3):143-150.

王乔林,孔牧,韩伟,等. 土壤地球化学测量在甘肃北山白头山钨矿找矿中的应用[J]. 地质与勘探,2021,57(1):110-121.

WANG Qiaolin,KONG Mu,HAN Wei,et al. Application of soil geochemical survey in the Baitoushan rubidium deposit, Beishan area, Gansu Province [J]. Geology and Exploration,2021,57(1):110-121.

HE Jingzi,FAN Zhengguo,XIONG Shengqing,et al. Geophysical prospecting of copper-nickel deposits in Beishan rift zone, Xinjiang [J]. China Geology, 2021,4:126-146. doi: 10.31035/cg2021015.