

内蒙古额济纳旗沙河北幅土壤地球化学特征与异常评价

王永开

(首钢地质勘查院地质研究所,北京 100144)

摘要: 通过内蒙古额济纳旗沙河北幅1:5万区域地质调查、1:5万土壤地球化学测量和1:1万土壤地球化学剖面测量,结合区域地质特征,对区域土壤地球化学数据进行元素含量特征、单元元素异常、元素组合异常的分析,根据异常检查和土壤地球化学剖面验证结果,发现了较好的土壤地球化学异常地段,并对该异常进行解释评价,从而圈定找矿靶区,并提出进一步工作的建议。

关键词: 沙河北幅;土壤地球化学测量;土壤地球化学剖面;元素异常;异常评价;内蒙古自治区

中图分类号: P632.1;P618.67 **文献标识码:** A

0 引言

沙河北幅位于内蒙古额济纳旗赛罕陶来苏木的沙河北一带,由建国营进入工作区有简易公路及戈壁便道相连,交通较为方便。本区工作程度较低,前人仅进行过一些中小比例尺的区域性地质调查。1958—1964年,甘肃省地质局区测队进行1:100万玉门幅地质测量^①,获得了较为系统的区域地质矿产资料,揭示了较大范围的区域地层、构造、岩浆岩、火山活动及矿产特征。1975—1977年完成甘肃省地质局第四地质队1:20万路井幅区域地质调查^②,查明了工作区的地质矿产特征,并通过重砂样品分析发现白钨矿异常区。1995—1996年,内蒙古自治区第二地球物理地球化学勘查院实施1:20万路井幅区域化探扫面^③,提交了成果报告及图件,对区内地球化学研究和地质找矿工作提供了较为可靠的基础性地球化学资料。

近几年来,对额济纳旗赛罕陶来苏木以西的沙河北幅开展了1:5万区域地质调查、1:5万土壤地球化学测量和1:1万土壤地球化学剖面测量。

其中,1:5万地球化学测量土壤采样面积为400 km²,共采集有效土壤样品2010件,1:1万土壤剖面长度20 km,采集有效样636个,对土壤样进行了Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Cd、W、Sn、Mo、As、Sb、Bi、Hg、Cr、Ni、Co等16种元素分析。本文在1:5万区域地质调查工作的基础上,参考土壤地球化学测量及成矿预测的相关进展^[1-7],阐述该区土壤地球化学特征,并对土壤异常进行成矿潜力评价。

1 工作区地质特征

1.1 地层

区内地层较少,以中-新生系为主,其中新生系的分布较为广泛(图1)。

中生界主要有上三叠统珊瑚井组(T_3sh)和下白垩统赤金堡组(K_1c),主要出露在工作区的西南部,二者呈不整合接触关系;上三叠统珊瑚井组主要岩性为砾岩、长石石英砂岩、长石岩屑砂岩及粉砂岩,下白垩统赤金堡组的主要岩性为粉砂岩、泥岩、泥晶灰岩和长石岩屑砂岩,夹少量菱铁矿及石膏层。

新生界下部为新近系上新统苦泉组(N_2k),上

收稿日期: 2020-08-12; 责任编辑: 余和勇

基金项目: 中国地质调查局地质矿产调查项目(基[2014] 01-012-029号)(12120113056600)资助。

作者简介: 王永开(1986—),男,助理工程师,硕士,矿物学、岩石学、矿床学专业,从事地质-地球化学调查与研究工作。通信地址:北京市石景山区晋元庄路23号,首钢地质勘查院地质研究所;邮政编码:100144;E-mail:wykaaai@126.com

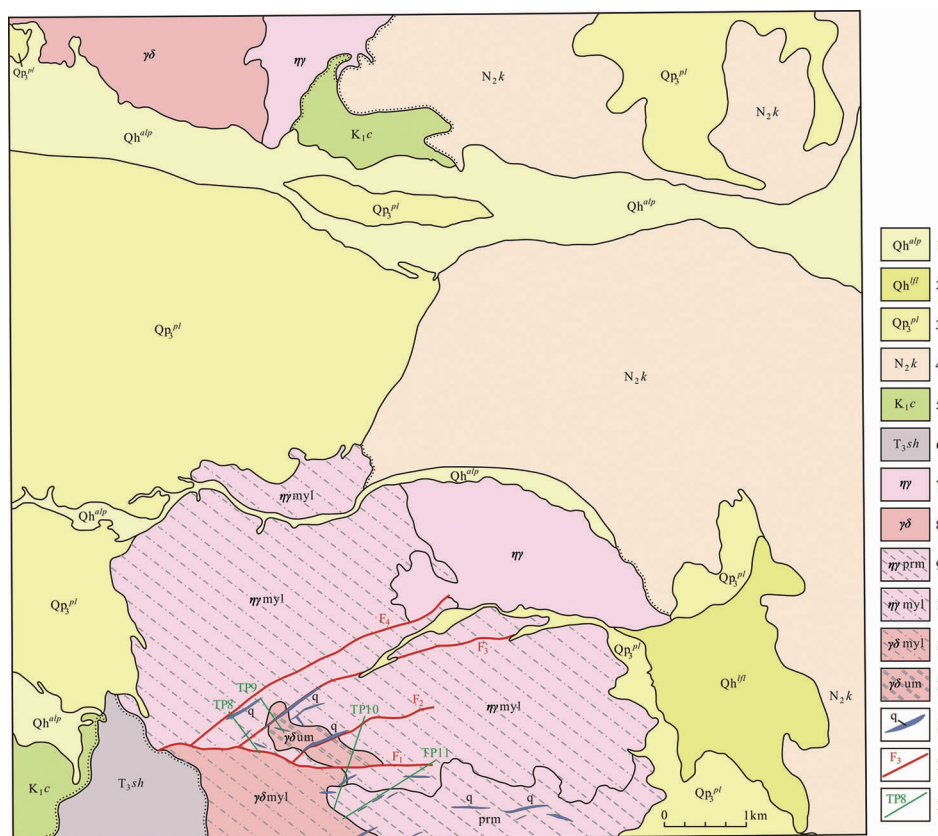


图1 内蒙古额济纳旗沙河北幅地质图

Fig. 1 Geological map of Ejinaqi sheet

1. 全新统冲洪积层; 2. 全新统湖沼积层; 3. 晚更新统洪积层; 4. 新近系苦泉组; 5. 下白垩统赤金堡组;
6. 上三叠统珊瑚井组; 7. 二长花岗岩; 8. 花岗闪长岩; 9. 二长花岗质初糜棱岩;
10. 二长花岗质糜棱岩; 11. 花岗闪长质糜棱岩; 12. 花岗闪长质超糜棱岩;
13. 石英脉; 14. 断裂及编号 15. 土壤地球化学剖面及编号

部为第四系上更新统洪积层(Qp_s^{pl})、全新统湖沼积层(Qh^{lpl})和冲洪积层(Qh^{alpl});上新统苦泉组大面积分布于工作区东北部,下与赤金堡组呈不整合接触,上被第四系覆盖,为粉砂岩夹少量黏土;上更新统洪积层为半胶结的砾石层夹少量黏土,主要分布于西部,东部仅小面积出露,地貌上沿山间低洼地带或盆地中分布,形成洪积平原;全新统湖沼积层为周围山区间歇性流水携带的含细砾砂质黏土、亚砂土,堆积在东部的低洼处,主要形成于雨季;全新统冲洪积层为松散的砂砾石,主要分布在工作区的中北部,构成季节性河流低级阶地,在沟谷中呈狭长状或树枝状展布。

1.2 构造

根据前人地质资料及遥感影像特征,区内的总体构造线方向以NW—SE向为主,主要表现为NW向的韧性剪切带构造,韧性剪切带可分为强糜棱岩带和弱糜棱岩域,次为近EW向断裂(如 F_1)和NE

向断裂(如 F_2 、 F_3 和 F_4),而最不发育的是近SN向断裂(图1)。近EW向、NE向断裂形成的时间相对较晚,对NW向的断裂和褶皱构造具破坏或改造作用。

区内石英脉较为发育,走向以NW向和近EW向为主,特别是断裂带附近石英脉的规模较大,蚀变较强,故推测工作区内的石英脉与NE向、近EW向断裂的形成关系密切,推测深部可能存在有中酸性侵入体或隐伏的断裂带。

1.3 岩浆岩

区内岩浆活动强烈,主要表现为加里东期花岗闪长岩和二长花岗岩等岩体,大多分布在工作区的南部,并具有不同程度的糜棱岩化,有的可达到超糜棱岩,北部有少量发育,糜棱岩化不发育;另有华力西期伟晶岩化花岗岩,分布在工作区的南部,主要呈岩株状侵入到加里东期二长花岗岩等岩体中;脉岩主要表现为石英脉,NE向为主,近EW向为辅(图1)。

2 土壤地球化学样品采集、加工和测试

根据野外地质调查,以 1:5 万地形图做工作手图,土壤样品均匀布设,样品采集时,利用便携式 GPS 卫星定位仪,辅之罗盘进行定点,对采样点及其周围地形地质情况进行详细记录,在采样单元格内,选择残(坡)积物(风化碎石层即土壤 C 层)发育的地段,穿透地表腐殖层、风积黄土层和淋失层,采集—4~+20 目粒级段的介质,样品处理完全按照干燥→碎样→过筛→拌匀→称重→装袋→装箱的工序,并严格防止样品的相互污染,最后送交化验室。

野外共采集样品 2010 件,化验分析由中国冶金地质总局一局测试中心完成,分析项目为 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Cd、W、Sn、Mo、As、Sb、Bi、Hg、Cr、Ni、Co 等 16 种元素。

3 土壤地球化学测量结果

3.1 元素含量特征

通过对研究区 2010 个样本的统计(表 1),用新疆金维 GeoIPAS 软件计算平均值(X)、标准离差(S)、变异系数(C_v)和富集系数(q)等地球化学参数。

从表 1 可以看出,Ag、Cd、Bi 元素的变异系数均

远大于 1,表明 Ag、Cd、Bi 元素分布极不均匀,为强分异型,说明元素分布集中,异常特征明显,有极大的成矿可能性;Au、Mo、Sb、W、Sn 元素的变异系数介于 0.7~2.3 之间,表明 Au、Mo、Sb、W、Sn 元素分布不均匀,为分异型,说明元素分布相对集中,异常特征较明显,成矿可能性较大;Cu、Pb、Zn、Cr、Ni、Co、As、Hg 元素均小于 0.5,表明 Cu、Pb、Zn、Cr、Ni、Co、As、Hg 元素分布均匀,矿化异常特征不明显。

Mo、Sb 元素的富集系数大于 1.2,富集较好,成矿远景较好;Pb、As、W、Sn 元素的富集系数 ≈ 1 ,说明其丰度与背景值相比,发生了一定程度的富集,但富集不明显,有一定的成矿远景;Au、Ag、Cu、Zn、Ni、Co、Cd、Bi、Hg 元素的富集系数较低,富集较差,成矿远景较弱。

综合元素的变异系数和富集系数,W、Sn、Mo、Sb 元素具有较好的分异型和富集系数,说明 W、Sn、Mo、Sb 具有较好的成矿远景。

3.2 单元素异常

土壤地球化学测量单元素异常图采用 GeoIPAS 软件成图,通过迭代法确定背景值及异常下限,并以此为基础,分别以其 1 倍、2 倍和 4 倍共 3 个浓度带圈定和显示 W、Sn、Mo、Sb 单元素异常(图 2)。从 W、Sn、Mo、Sb 地球化学元素异常的分布看,异常带呈近 EW 或者 NE 向展布,异常长轴与 F_1 、 F_2 、 F_3 和 F_4 断裂的走向一致,异常浓集中心较明显,多集中在断裂部位,尤以 W 元素的异常范围最大,异常浓集中心最多,为成矿前景最好的元素。

表 1 研究区各元素主要地球化学参数统计表
Table 1 Statistics of geochemical parameters for each element

元素	最高值 X_{Max}	最低值 X_{Min}	平均值 X	标准离差 S	北山背景值	变异系数 C_v	富集系数 q
Au	44.78	0.20	1.16	1.71	1.81	1.47	0.64
Ag	0.29	0.02	0.06	1.33	0.75	22.80	0.08
Cu	72.10	3.75	9.22	1.34	15.28	0.15	0.60
Pb	107.10	6.50	16.60	1.35	16.69	0.08	0.99
Zn	184.40	8.60	22.39	1.36	37.69	0.06	0.59
Cr	329.89	4.38	15.52	1.47	33.27	0.09	0.47
Ni	103.60	1.65	7.06	1.57	16.54	0.22	0.43
Co	192.50	1.09	3.90	1.46	7.06	0.37	0.55
Mo	41.98	0.25	0.89	1.55	0.71	1.74	1.25
Cd	1.09	0.02	0.06	1.32	0.21	22.34	0.31
As	61.96	0.56	5.44	2.52	5.96	0.28	0.91
Sb	8.44	0.11	0.70	1.56	0.58	2.23	1.21
W	486.80	0.42	0.90	1.33	1.01	1.48	0.89
Sn	26.08	0.69	2.26	1.17	2.30	0.52	0.98
Bi	10.19	0.05	0.16	1.47	0.29	9.08	0.55
Hg	4050.0	1.89	6.21	1.58	11.08	0.25	0.56

注:北山地区背景值引自文献[4]。变异系数 C_v =标准偏差 S /平均值 X ;富集系数 q =平均值 X /北山背景值。
量的单位: $w(\text{Au, Hg})/10^{-9}$,其他元素 $w_B/10^{-6}$ 。

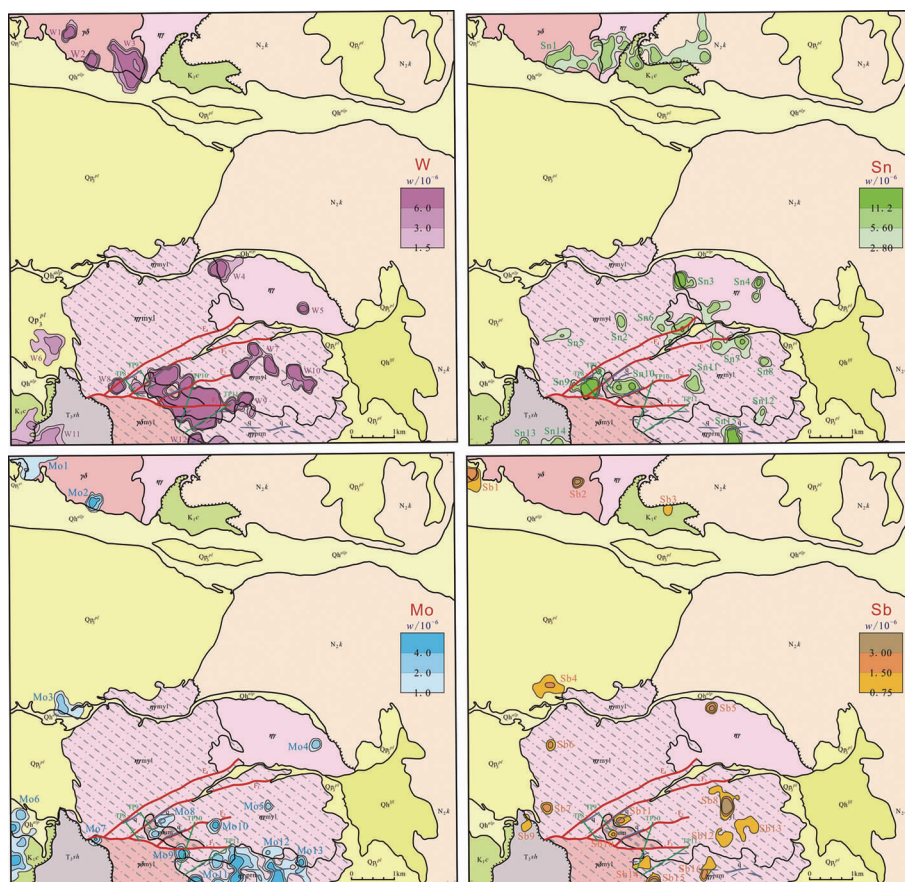


图 2 沙河北幅部分单元素异常图

Fig. 2 Anomaly map for some single element

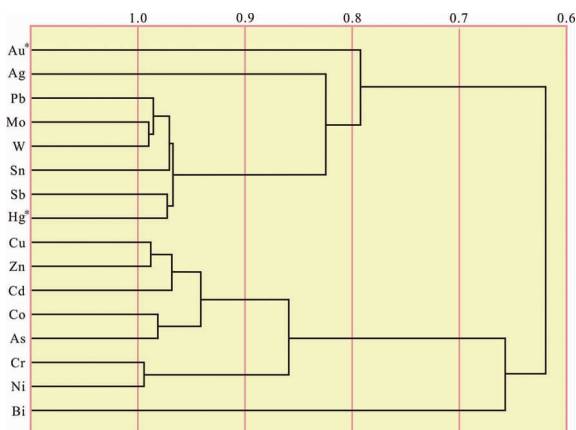


图 3 土壤地球化学元素 R 型聚类分析谱系图

Fig. 3 Pedigree chart of R-type factor cluster analysis

在工作区中, W 元素主要分布在志留纪糜棱岩化的花岗岩体中, 但其异常高值区主要出现在工作区的南部, $w(W) = 0.42 \times 10^{-6} \sim 486.8 \times 10^{-6}$, 可圈定 3 级异常, 据统计, $w(W)$ 的最高值是背景值的 482 倍, 是异常下限值的 324 倍。W 元素异常的形状

态呈近 EW 向, 且与 F_1 、 F_2 和 F_3 断裂关系密切。

3.3 元素组合异常

矿床分布往往受多种因素的影响, 为了更准确地圈定异常范围, 采用多种元素组合来进行异常的圈定。对土壤地球化学数据进行 R 型聚类分析, 得出聚类分析谱系图(图 3)。聚类过程中, 元素 W 与 Mo 首先聚类, 其次是 W 与 Sn、Pb、Sb、Hg 聚类, 组合系数大于 0.9, 说明这些元素与 W 元素有很好的相关性, 成矿关系密切。

综合考虑各元素在土壤中的元素含量特征、主成矿元素 W 与各元素相关性、元素 R 型聚类分析特征、各单元素异常面积和展布等因素后, 选取 W、Mo、Sn、Sb 来进行组合, 得到元素组合异常图(图 4)。元素组合异常主要分布在研究区南部断裂带附近, 异常规模大, 强度高, 异常较为集中, 元素套合性较好, 远离断裂带的地区也见到少量异常, 但规模小, 强度低; 另外, 在研究区北部也分布一定规模的元素组合异常, 异常强度较好, 规模相对较大, 但异

常相对较分散,元素套合性较差,且异常附近断裂带不甚发育。

4 异常检查与验证

对工作区南部的断裂带附近进行野外异常检查,断裂带内石英脉发育,走向多呈近EW向和NE向,断裂长度10~1000 m,宽度1~30 m(图5a);石英脉内蚀变较强,以褐铁矿化、绢云母化为主(图5b),黄铁矿化和黑色金属局部发育(图5c);围岩主要为二长花岗质糜棱岩、花岗闪长质糜棱岩和花岗闪长质超糜棱岩等,石英脉与围岩接触部位蚀变较强,主要有硅化、云英岩化、绢云母化、电气石化等,石英脉延伸方向与断裂带、异常带的展布方向相一致,故推断断裂内的石英脉与该组合异常有着密切的关系,成矿条件较好,为有利的找矿靶区。

在工作区南部组合异常附近进行土壤地球化学剖面验证(图6)。剖面采样点距为40 m,在石英脉发育或蚀变较强地段点距加密至20 m,采集方法与土壤地球化学测量相同,布设了TP8、TP9、TP10、TP11共4条土壤地球化学剖面。

TP8剖面长980 m,采集样品33个, $w(W)$ 最高达 58.5×10^{-6} ,最低为 1.2×10^{-6} ,剖面中部的断裂破碎带内有石英脉充填,石英脉中W、Au、Sn元素含量较高,剖面南东段的石英脉对应于化探W元素的高值点(图6a)。TP9剖面长820 m,采集样品27个, $w(W)$ 最高达 25.6×10^{-6} ,最低为 1.76×10^{-6} ,第3岩性层为断裂破碎带,其中石英脉发育,化探显示W、Au、Mo、Sb元素较为富集,与组合异常及元素相关性较吻合,第5岩性层和第7岩性层石英脉的W元素显示也很好(图6b)。TP10剖面长1410 m,采集样品47个, $w(W)$ 最高达 689×10^{-6} ,最低为 0.89×10^{-6} ,第7岩性层石英脉的化探结果对应

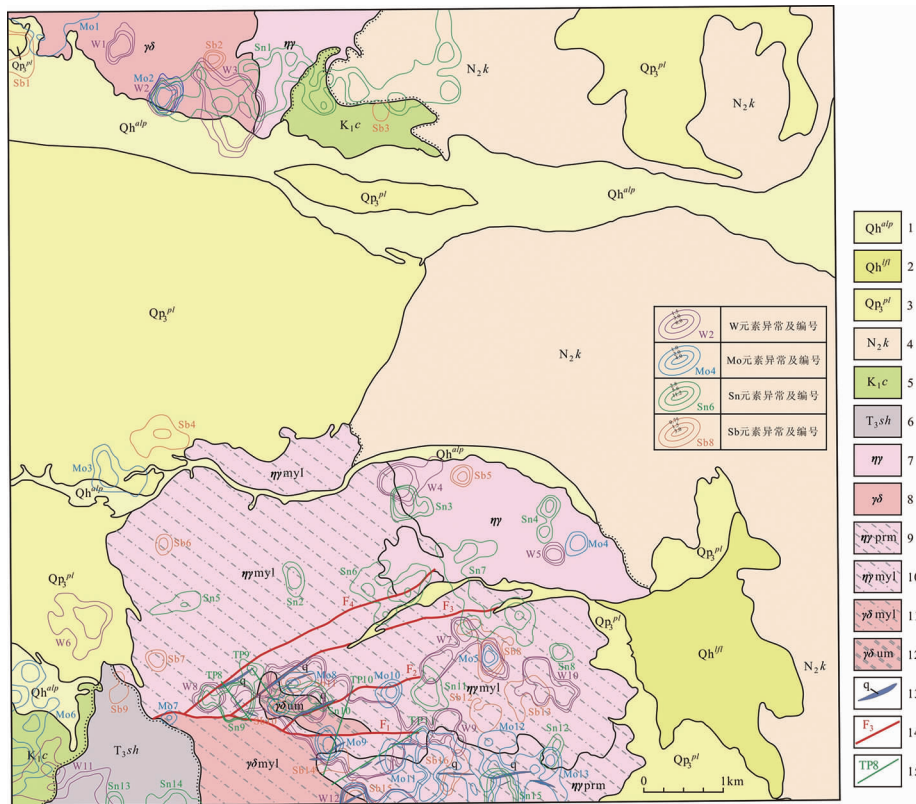


图4 沙河北W-Mo-Sn-Sb元素组合异常图

Fig. 4 W-Mo-Sn-sb combination anomaly map

1. 全新统冲洪积层; 2. 全新统湖沼积层; 3. 晚更新统洪积层; 4. 新近系苦泉组;
5. 下白垩统赤金堡组; 6. 上三叠统珊瑚井组; 7. 二长花岗岩; 8. 花岗闪长岩; 9. 二长花岗质初糜棱岩;
10. 二长花岗质糜棱岩; 11. 花岗闪长质糜棱岩; 12. 花岗闪长质超糜棱岩;
13. 石英脉; 14. 断裂及编号; 15. 土壤地球化学剖面及编号



图 5 沙河北幅南部石英脉野外地质特征

Fig. 5 The field geological characteristics of quartz vein in the South of the Shahebei sheet

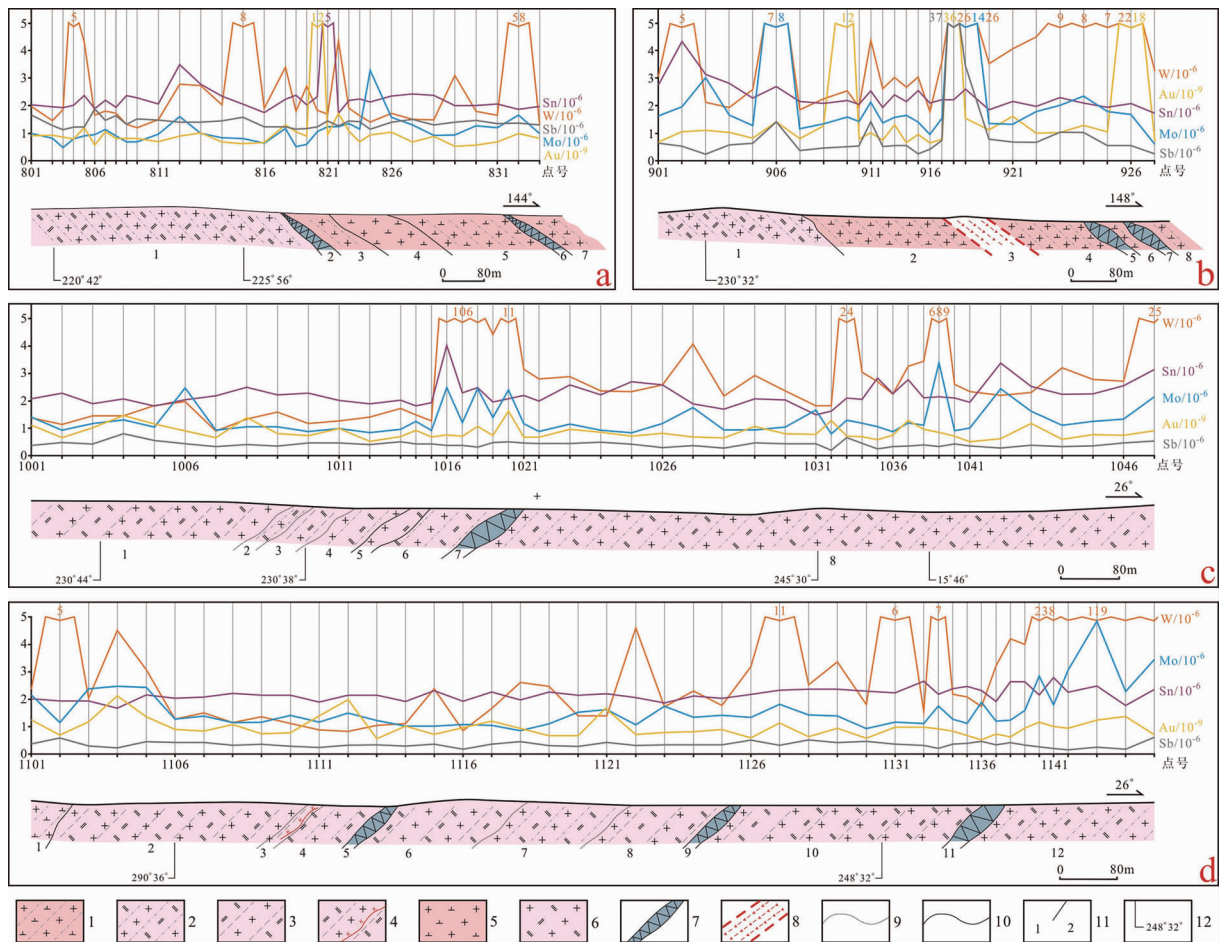


图 6 土壤地球化学综合剖面图

Fig. 6 Integrated soil geochemical section

a. TP08 剖面; b. TP09 剖面; c. TP10 剖面; d. TP11 剖面

1. 花岗闪长质糜棱岩; 2. 二长花岗质糜棱岩; 3. 二长花岗质初糜棱岩; 4. 钾化二长花岗质初糜棱岩; 5. 花岗闪长岩; 6. 二长花岗岩;
7. 褐铁矿化石英脉; 8. 断裂破碎带; 9. 渐变地质界线; 10. 岩性界线; 11. 岩性分界线及岩性编号; 12. 地质产状

$w(W) = 106 \times 10^{-6}$ 的高值(图 6c)。TP11 剖面长 1540 m, 采集样品 45 个, $w(W)$ 最高达 238×10^{-6} , 最低为 0.82×10^{-6} , 第 9 岩性层和第 11 岩性层石英脉对应化探 W 元素的高值点(图 6d)。剖面所见石英脉主要呈褐红色、黄褐色、浅肉红色和灰褐色等; 蚀变矿化类型主要为褐铁矿化、黄铁矿化和绢云母化。建议进一步对蚀变石英脉进行工程验证, 更

好地对化探异常进行解释评价。

5 结论与建议

(1) 土壤地球化学元素含量特征统计显示, 工作区内 W、Sn、Mo、Sb 元素具有较好的分异型和富集

系数,表明这些元素参与了次生富集成晕作用,易形成地球化学异常。

(2)元素单元素异常显示,工作区内W元素的异常范围最大,异常浓集中心最多,为本区成矿前景最好的元素。

(3)土壤地球化学元素组合异常显示,工作区内W、Sn、Mo、Sb元素的组合异常规模大、强度高,异常较为集中,元素套合性较好,说明工作区的主成矿元素为W元素,伴生Sn、Mo、Sb等成矿元素。

(4)土壤地球化学剖面验证结果显示,W元素的高值点主要与蚀变的石英脉有关,近EW向或NE向断裂对石英脉的形成具有控制作用,断裂带附近的蚀变石英脉是寻找钨矿的直接矿化标志,工作区南部断裂带发育的位置是有利的找矿靶区。

(5)TP8土壤剖面的第2岩性层、TP9土壤剖面的第3岩性层均产于F₃断裂中,断裂附近均有Au、W、Sn、Mo、Sb元素的浓集显示,应注意寻找与Au矿化有关的成矿线索。

(6)本次圈定的找矿靶区中,只进行了野外异常检查和土壤地球化学剖面的检测,对工作区寻找钨矿相关的矿床有一定的指示作用,建议对有利的找矿靶区进行系统探矿工程控制,从而更有效地对异常进行评价。

致谢:野外采样期间,得到内蒙古地质同行的热情帮助和单位领导的大力支持;成文过程中,天津地

调中心专家和吉林大学李世超老师对文稿提出了宝贵意见,在此一并表示感谢!

注释:

- ① 甘肃地质局区测队. 1:100万K-47(玉门幅)地质调查报告[R]. 北京:全国地质资料馆,1964.
- ② 甘肃省地质局第四地质队. 1:20万K-47-22(路井幅)区域地质调查报告[R]. 北京:全国地质资料馆,1977.
- ③ 内蒙古自治区第二地球物理地球化学勘查院. 1:20万K-47-22(路井幅)区域化探扫面报告[R]. 北京:全国地质资料馆,1996.

参考文献:

- [1] 张雨莲. 北山地区化探数据处理和靶区优选[D]. 武汉:中国地质大学资源学院,2009:1-85.
- [2] 刁理品,韩润生,方维萱,等. 沟系土壤地球化学测量在贵州普晴锦金矿勘查区应用与找矿效果[J]. 地质与勘探,2010,46(1):120-127.
- [3] 蒙勇,文件生,吕宇明,等. 广西贵港银山岭铅锌矿土壤地球化学找矿研究[J]. 现代地质,2011,25(5):1013-1020.
- [4] 汪校锋,矫东风,秦雅东,等. 汉南岭头地区金土壤地球化学特征及找矿潜力分析[J]. 地质与勘探,2011,47(3):406-413.
- [5] 孙社良,徐青峰,张寿庭,等. 河南栾川地区陈南沟钨矿区土壤地球化学异常的特征与评价[J]. 地质通报,2011,30(11):1785-1793.
- [6] 夏广清. 内蒙古乌旗地区土壤地球化学测量及找矿效果[J]. 矿产与地质,2005,6(19):634-639.
- [7] 席明杰,马生明,刘崇民,等. 内蒙古准苏吉花铜钨矿区土壤地球化学异常特征与评价[J]. 地质与勘探,2013,49(2):337-345.

Characteristics and anomaly evaluation of soil geochemistry of Shahebei sheet of Ejinaqi in Inner Mongolia

WANG Yongkai

(Geological Institute of Shougang Geological Prospecting Bureau, Beijing 100144, China)

Abstract: Geological survey at scale 1:50000, soil geochemical survey at scale 1:50000 and soil geochemical section survey at scale 1:10000 are carried out in the Ejinaqi sheet. Based on the regional geological characteristics element content characteristics, single element anomaly and element combination anomaly of the regional geochemical data are analyzed. Result of check of the anomalies and verification of the geochemical section reveals potential soil geochemical anomaly domain. The anomaly domain is interpreted and evaluated to lineate targets and proposal for further prospecting is put forward.

Key Words: Shahebei sheet; soil geochemical survey; soil geochemical section; element anomaly; anomaly evaluation; Inner Mongolia