

# 岩屑地球化学测量方法在找矿中的应用——以内蒙古白音查干银(金)多金属矿为例

范红科

西北有色地质研究院,陕西 西安 710054

**摘要:**内蒙古中东部半干旱荒漠草原景观区选择B层-5~+40目粗粒级的风化岩屑样品可以有效地排除风成砂的干扰,突出成矿及指示元素的地球化学异常特征。以内蒙古西乌珠穆沁旗白音查干银(金)多金属矿床的发现为例,介绍该景观条件下开展岩屑地球化学测量的方法技术以及应用效果。在半干旱荒漠草原景观区开展岩屑地球化学测量可以快速、准确地圈定出矿化蚀变带的范围,提高找矿效果,是行之有效的找矿方法。

**关键词:**半干旱荒漠草原景观区;岩屑地球化学测量;找矿效果;白音查干银(金)多金属矿;内蒙古

中图分类号:P618.51

文献标识码:A

文章编号:1005-2518(2010)01-0032-04

白音查干银(金)多金属矿化区位于内蒙古自治区西乌珠穆沁旗白音高勒苏木,东距西乌珠穆沁旗政府所在地90 km,南距锡林浩特市110 km。该区的地质调查工作始于20世纪50年代,曾先后开展过1:100万和1:20万区域地质调查以及以寻找铬铁矿为主的地质找矿工作;1993年完成了1:20万区域地球化学测量工作,圈出了多处金、银、砷、锑、汞地球化学异常;2002年对该区的成矿地质条件和矿化分布规律进行初步调查研究,但由于地质调查研究工作不够深入、找矿方法不合理,使得找矿效果不理想;2006年西北有色地质研究院在该区进行了1:1万岩屑地球化学测量工作,获得1个近EW向展布的Ag、Au、Cu、Pb、Zn以及As、Sb、Bi等多元素综合异常群。经地质、物探和深部探矿工程控制,目前已圈定多条银(金)多金属矿化体,银矿化体远景规模可达中—大型,取得了重大的找矿突破,是内蒙古中东部半干旱荒漠草原景观区开展岩屑地球化学测量找矿应用的成功实例。

## 1 区域地质背景

白音查干银多金属矿化区位于华北地台北缘二连浩特—贺根山晚古生代构造—岩浆岩带内,其北部为华北陆台与西伯利亚板块的碰撞对接带——二连浩特—贺根山深大断裂带(图1)。地层分布广泛,断裂发育,岩浆活动强烈,矿产资源丰富,是内蒙古中东部地区重要的多金属成矿带。

区内出露地层主要有下二叠统大石寨组( $P_2d$ )变质粉砂岩、粉砂质板岩和蚀变安山质凝灰岩以及哲斯组( $P_2z$ )变质粉砂质板岩、生物碎屑岩;上侏罗统

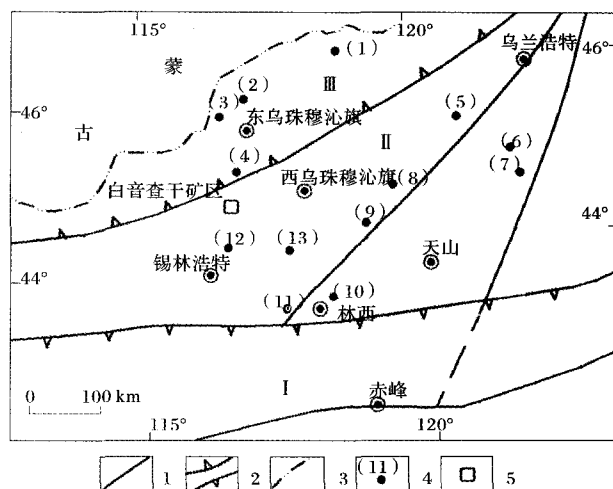


图1 白音查干矿区位置以及区域地质略图

I—华北陆台北缘过渡带;II—古生代兴安造山带;III—西伯利亚板块南缘过渡带;1.断裂带;2.古板块缝合线;3.国界;4.金属矿床及编号;5.矿区位置;(1)朝不愣铁—锌—铋多金属矿床;(2)沙麦钨矿;(3)奥尤特铜矿;(4)小坝梁铜—金矿床;(5)巴尔哲银—钼—铅—锌矿床;(6)孟恩陶勒盖银—铅—锌矿床;(7)布敦化铜矿床;(8)浩步高铅—锌—铜—锡矿床;(9)白音淖尔铅—锌矿床;(10)大井锡—铜—铅—锌—银矿床;(11)黄岗锡—铁矿床;(12)毛登锡—铜矿床;(13)拜仁大坝银矿

玛尼吐组( $J_3mn$ )玄武岩、安山质晶屑凝灰岩以及白音高老组( $J_3b$ )凝灰质流纹岩;下白垩统大磨拐河组( $K_1d$ )砾岩、泥岩夹煤层以及第四系( $Q_4$ )松散堆积物和冲洪积物。银多金属矿化体赋存于下二叠统大石寨组火山—沉积岩地层中,与蚀变安山质凝灰岩关系密切。

区内断裂以NE、NEE向为主,而白音查干银多金属矿床则位于这2组断裂带的交会部位。

岩浆岩以华力西晚期黑云母花岗闪长岩( $\gamma_4^2$ )、辉长岩( $\alpha_4^2$ )以及燕山早期中粒斑状花岗岩( $\gamma_3^2$ )为主,

收稿日期:2009-07-24;修订日期:2009-10-27.

作者简介:范红科(1972-),男,甘肃涇川人,高级工程师,主要从事矿床地质、地球化学勘查及研究工作.E-mail:fhk929@tom.com

呈岩株或岩脉分布于工作区的东南部。岩浆岩多期次、频繁地活动,促使地层中的成矿物质活化、迁移,并在适当环境或构造有利地段富集成矿。

区域矿产资源丰富,已发现银、铜、金、铅、锌、锡等贵金属矿产和有色金属矿产。近年来又发现煤、萤石等非金属矿产。

## 2 景观地球化学特征

研究区地处内蒙古中东部,靠近中蒙边界,属典型的半干旱荒漠草原景观区。地势总体平缓,地形起伏小,切割不明显,水系不发育,沟谷多为干沟,相对高差一般在 $\pm 100$  m。气候属典型的中温带半干旱大陆性气候,夏季干旱少雨,冬季寒冷,气温低,年平均气温 $2\sim 4$   $^{\circ}\text{C}$ ,年降雨量在 $150\sim 350$  mm之间,年蒸发量为 $1\ 500\sim 2\ 500$  mm,远远大于降雨量。区内以物理风化为主,化学风化作用相对较弱;表层物质中化学元素的迁移以机械迁移为主,化学迁移次之。土壤垂直剖面上发育A层、B层和C+D层,B层局部有缺失。A层为风成砂和粉砂土,上部丛生矮禾草、矮灌木等草原植被,植物根系发育,富含有机质,颜色较暗;B层为粉砂质黏土,颜色为黄褐色或棕褐色;C+D层为风化岩屑或基岩层。区内降雨相对较少,元素淋滤作用较弱,土壤剖面上岩渍层发育。由于风蚀和风搬运作用强烈,地表疏散堆积物中风成砂分布

较为普遍。当风成砂大量混入到采样介质中时,样品中各元素的浓度因稀释而明显减弱,异常强度相应降低,异常规模也大大缩小。因此,在该景观区开展岩屑地球化学测量,应尽可能排除风成砂的干扰,突出成矿及指示元素地球化学异常特征,提高找矿效果。

## 3 岩屑地球化学测量方法

岩屑地球化学测量成败的关键在于确定采样介质的层位和样品中成矿及指示元素的富集粒级。为了寻找适合该景观区岩屑地球化学测量的方法技术,在开展工作之前,选择了区内已知的银、金、铅、锌、铜矿(化)体进行采样与加工方案的实验对比。分别采集已知矿(化)体A层、B层和C+D层岩屑样品,按 $-5\sim +20$ 目、 $-20\sim +40$ 目、 $-40\sim +100$ 目和 $-100$ 目4种粒级段进行采样层位和富集粒级的实验对比研究(表1),确定了化探岩屑测量的采样对象。经分析对比,有以下认识。

(1)B层、C+D层各个粒级段的样品中主成矿元素Cu、Pb、Zn、Ag及相关伴生元素As、Sb、Bi、Mo、W的含量明显高于A层,异常峰值明显且变化幅度大,仅Mn元素含量A层高于B层和C+D层。但采集C+D层岩屑样品采样深度相对较大、工作效率相对较低,因此在该景观区采集岩屑样品应选B层;若

表1 白音查干矿区实验样品不同层位各粒级元素平均含量对比

( $\times 10^{-6}$ )

| 采样层位 | 粒级/目           | Cu  | Pb    | Zn  | As  | Sb  | Bi    | Mo   | W    | Ag | Mn  |
|------|----------------|-----|-------|-----|-----|-----|-------|------|------|----|-----|
| A层   | $-5\sim +20$   | 280 | 470   | 126 | 85  | 177 | 10.25 | 1.20 | 1.62 | 13 | 568 |
|      | $-20\sim +40$  | 213 | 156   | 395 | 23  | 57  | 3.84  | 0.86 | 1.03 | 6  | 510 |
|      | $-40\sim +100$ | 224 | 133   | 36  | 18  | 267 | 3.22  | 1.07 | 1.13 | 6  | 514 |
|      | $-100$         | 298 | 168   | 45  | 24  | 66  | 4.22  | 1.15 | 1.44 | 9  | 776 |
| B层   | $-5\sim +20$   | 399 | 1 390 | 188 | 288 | 253 | 17.38 | 1.94 | 2.45 | 15 | 280 |
|      | $-20\sim +40$  | 291 | 1 128 | 456 | 191 | 288 | 13.72 | 1.64 | 2.10 | 12 | 312 |
|      | $-40\sim +100$ | 266 | 837   | 44  | 132 | 208 | 10.44 | 1.40 | 1.93 | 11 | 319 |
|      | $-100$         | 310 | 859   | 47  | 127 | 194 | 10.31 | 1.48 | 2.07 | 10 | 437 |
| C+D层 | $-5\sim +20$   | 438 | 1 409 | 189 | 298 | 283 | 15.34 | 2.03 | 3.45 | 18 | 240 |
|      | $-20\sim +40$  | 391 | 1 527 | 403 | 187 | 328 | 18.72 | 3.32 | 2.08 | 19 | 187 |
|      | $-40\sim +100$ | 296 | 948   | 53  | 203 | 314 | 16.84 | 1.82 | 1.51 | 8  | 219 |
|      | $-100$         | 273 | 835   | 28  | 84  | 102 | 13.54 | 3.06 | 1.21 | 9  | 283 |

B层有缺失,则选C+D层上部的风化岩屑,采样间距为40 m,采样深度一般为 $0.2\sim 0.6$  m。

(2)A层中成矿元素Cu、Pb、Zn、Ag及相关伴生元素As、Sb、Bi、Mo、W的含量多在 $-5\sim 20$ 目和 $-100$ 目的粒级段富集;B层中这些元素则大多富集在 $-5\sim 20$ 目和 $-20\sim 40$ 目粒级段;Mn元素含量不论在A层还是B层均在 $-100$ 目细粒级段富集。A层富含腐殖质,同时考虑到B层 $-40$ 目的细粒样品中风成砂对样品含量的影响,一般不适合在该景观条件下开展岩屑地球化学测量工作。

因此,确定B层 $-5\sim +40$ 目中粗粒级段的岩屑样品作为本次普(详)查工作的采样对象,采样应穿过腐殖质层,深度一般在 $0.2\sim 0.6$  m之间。

### 3.1 工作方法

根据对比实验成果,本次1:1万化探岩屑测量按照 $100\text{ m}\times 40\text{ m}$ 的正规网度布设采样点。野外一般用GPS卫星定位仪定点。岩屑样品加工采用野外初加工与室内加工整理相结合的方法。在野外对目估粒度为 $-5\sim +40$ 目的岩屑样品进行初选,室内由专人负责将采集的样品过筛截取 $-5\sim +40$ 目粒级,筛后样

品重量控制在 $\pm 200$  g。将加工好的样品正样装箱,送化验室细磨至-200 目进行分析测试。

### 3.2 分析测试

岩屑样品的分析测试由获得国家计量认证资格的有色金属西北矿产地质测试中心承担完成。分析元素有 Ag、Au、Pb、Zn、Cu、As、Sb、Bi、Mo、Mn、W 等。Pb、Zn、Cu、Mo、W、Sn、Mn 等元素用 ICP-AES (等离子光谱)或 ICP-MS(等离子质谱)测定;As、Sb、Bi 用 AFS (原子荧光)测定;而 Au、Ag 则用 FAA(无火焰原子吸收光谱)测定。

样品测试采用一级标样、密码样及重采样进行分析质量监控。样品分析质量合格率达 95%以上,样品分析测试报出率为 100%。

### 3.3 地球化学异常特征

根据前人 1:20 万区域化探测量成果和已有地质资料选区,2006 年完成 1:1 万岩屑地球化学测量 17.62 km<sup>2</sup>。获得 1 个近 EW 向展布的 Ag、Au、Cu、Pb、Zn 及 As、Sb、Bi 多元素综合异常群(图 2),长 1.7 km,宽约 1 km,面积 1.7 km<sup>2</sup>。该异常区 Ag、Au、Cu、Pb、Zn 异常形态规整,梯度变化大,浓集中心清晰,与前缘晕 As、Sb、Bi 异常套合好,各元素的含量高;而尾晕 W、Mo、Mn 等元素异常强度相对较弱,分布零散,以低浓度沿 NE 向断层破碎带呈串珠状展布。异常主要位于下二叠统大石寨组泥质粉砂岩和

粉砂质板岩和蚀变安山质凝灰岩地层中,异常浓集中心地带为近 EW 向与 NE 向 2 组构造的交会部位。多期次构造—岩浆热液的叠加、改造作用为成矿元素的矿化富集创造了条件。

各元素异常的平均含量:Ag 为  $12 \times 10^{-6}$ ,Au 为  $3 \times 10^{-9}$ ,Pb 为  $958 \times 10^{-6}$ ,Cu 为  $296 \times 10^{-6}$ ,Zn 为  $798 \times 10^{-6}$ ,As 为  $827 \times 10^{-6}$ ,Sb 为  $304 \times 10^{-6}$ ,Bi 为  $4 \times 10^{-6}$ ,Mo 为  $2 \times 10^{-6}$ ,Mn 为  $532 \times 10^{-6}$ ,W 为  $3.52 \times 10^{-6}$ ;各元素异常衬值由高到低的顺序:Sb 为 548.30,As 为 163.57,Ag 为 131.49,Pb 为 59.62,Cu 为 30.13,Zn 为 25.69,Bi 为 26.86,Au 为 2.72,Mo 为 2.54,W 为 2.37,Mn 为 1.05。由此可见,各元素异常强度大,具有较高的平均值和异常衬值,是找矿最有利异常。

### 3.4 异常的解释与推断

根据各元素异常组合特征,该区主要成矿元素应为 Ag、Au、Pb、Zn;前缘晕发育,尾晕较弱,矿体剥蚀较浅,深部可能有隐伏矿体存在,应作为重点勘查区开展找矿评价。

## 4 异常查证

依据化探综合异常的展布及特征,经进一步野外地质调查和钻、坑探工程验证,在异常区内已发现多条银矿(化)体,呈 NE、近 EW 向展布。Ag 含量在

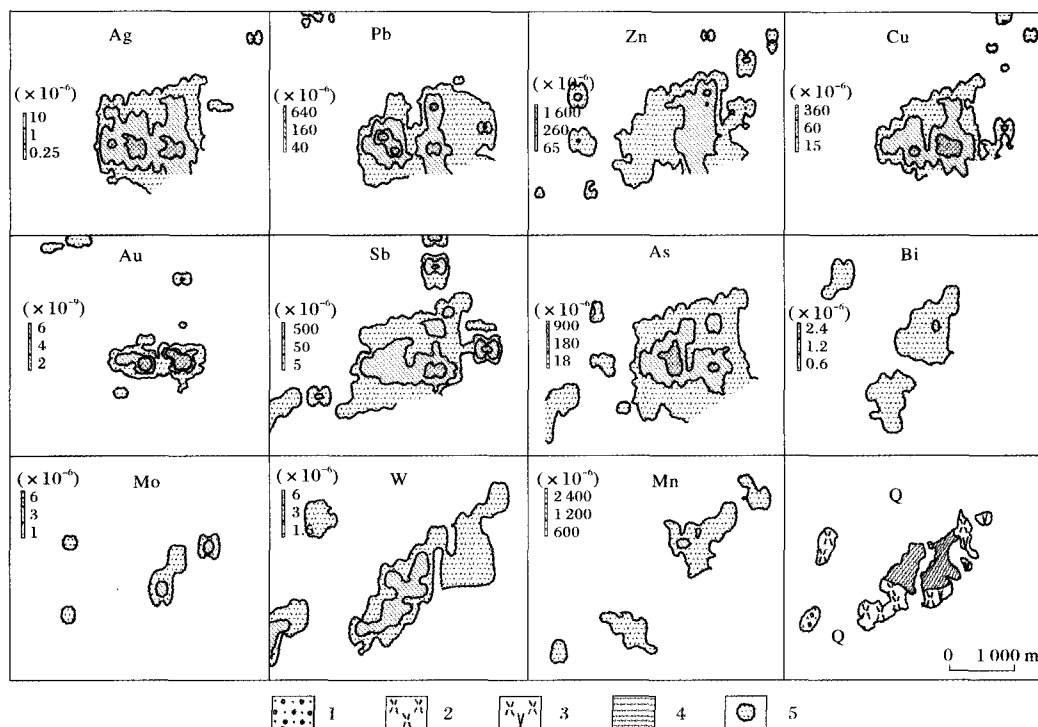


图 2 白音查干矿区 1:1 万化探岩屑测量异常剖析图

Q- 第四系砂质粘土、风成砂;1.下白垩统大磨拐河组砂砾岩;2.上侏罗统白音高老组晶屑流纹岩、岩屑流纹岩;3.上侏罗统玛尼土组晶屑流纹岩、安山岩及安山玄武岩;4.下二叠统大石寨组变质粉砂岩;5.异常范围

$249 \times 10^{-6} \sim 552 \times 10^{-6}$  之间, Au 含量在  $0.2 \times 10^{-6} \sim 0.5 \times 10^{-6}$  之间, Pb 含量在 0.46%~5.4% 之间, Zn 含量在  $2.87 \times 10^{-6} \sim 4.45 \times 10^{-6}$  之间, 银矿化体远景规模可达中—大型。矿区共圈定 4 个矿化富集段, 其特征如下。

(1) I 号矿化富集段位于矿区西部, Ag 含量一般为  $150 \times 10^{-6} \sim 600 \times 10^{-6}$ , Pb 含量一般为 1.0%~3.0%, Zn 含量一般为 2.0%~5.0%。矿体走向  $85^\circ$ , 倾向 S, 倾角  $55^\circ \sim 65^\circ$ , 呈脉状分布于蚀变碎裂岩带中, 赋矿岩性为变质粉砂岩、变质角砾岩、硅质泥岩等。

(2) II 号矿化富集段位于矿区中部偏北, Ag 含量一般为  $200 \times 10^{-6} \sim 500 \times 10^{-6}$ , Zn 含量一般为 1.0%~5.0%。赋矿岩性主要为硅化碎裂岩, 与 NE 向断层破碎带关系密切。

(3) III 号矿化富集段分布于矿区中部偏南, Ag 含量一般为  $100 \times 10^{-6} \sim 400 \times 10^{-6}$ , Pb 含量一般为 1.0%~2.0%, Zn 含量一般为 1.0%~7.0%。矿体走向约  $45^\circ$ , 倾向 SE, 倾角  $65^\circ \sim 75^\circ$ 。赋矿岩性主要为硅化碎裂岩。

(4) IV 号矿化富集段分布于矿区东南部, 银含量一般为  $100 \times 10^{-6} \sim 400 \times 10^{-6}$ , 锌含量一般为 1.0%~4.0%。矿体走向  $75^\circ \sim 85^\circ$ , 倾向 NW, 倾角一般  $55^\circ \sim 65^\circ$ , 呈脉状、长透镜状展布, 赋矿岩性为粉砂质碎裂岩、凝灰岩质碎裂岩、安山质碎裂岩等。

## 5 结论

(1) 白音查干银多金属矿的发现与评价, 充分证实了岩屑地球化学测量在内蒙古中东部半干旱荒漠草原景观区开展区域地质找矿的有效性。只要采样部位正确, 找矿方法技术手段合理有效, 便可达到事半功倍的效果。

(2) 半干旱荒漠草原景观区开展岩屑地球化学测量选择 B 层-5~+40 目粗粒级段的风化岩屑样品可以有效地排除风成砂的干扰, 突出成矿及指示元素的地球化学异常特征, 提高找矿效果。

(3) 1:1 万岩屑地球化学测量扫面和精测剖面测量与原生晕的测量效果一样, 可以快速、有效地对 1:5 万化探异常进行检查, 指出含矿层位和含矿地质体的规模及范围, 配合地表工程揭露, 可对浅部矿体达到近似定量评价的效果。

(4) 依据岩屑地球化学测量的异常特征, 可以快速、准确、有效地圈定出矿化蚀变带的范围, 结合相关地质、物探资料可为进一步勘查评价及钻探工程设计提供依据。

## 参考文献

- [1] 任天祥, 伍宗华, 羌荣生. 区域化探异常筛选与查证的方法技术[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [2] 黄薰德, 吴郁彦. 地球化学找矿[M]. 北京: 地质出版社, 1985.
- [3] 任天祥, 赵云, 张华, 等. 内蒙干旱荒漠区域化探工作方法初步研究[J]. 物探与化探, 1984, 8(5): 282~296.
- [4] 伍宗华, 古平. 隐伏矿床的地球化学勘查[M]. 北京: 地质出版社, 2000.
- [5] 金浚, 丁汝福, 陈伟民. 森林沼泽景观元素存在形式及化探方法研究[J]. 地质与勘探, 2002, 38(4): 50~55.
- [6] 任天祥, 赵云. 内蒙中西部干旱、半干旱区区域化探扫面方法技术研究[G]. 第三届勘查地球化学学术讨论会论文选编. 北京: 冶金工业出版社, 1988.
- [7] 孔凡吉, 张青, 曹金虎. 内蒙古二连浩特—东乌珠穆沁旗半干旱荒漠草原区区域化探方法实验[J]. 地质找矿论丛, 2004, 19(4): 261~269.

## The Application of Debris Geochemical Measurement Methods in Prospecting: Taking Inner Mongolia Baiyinchagan Ag(Au) Multi-metal Ore as an Example

FAN Hongke

Northwest Institute of Nonferrous Geology, Xi'an 710054, Shaanxi, China

**Abstract:** In the semi-arid desert and grassland landscape area in Inner Mongolia, geochemical debris survey sampling tests show that the thick grain size (-5~+40 mesh) of weathering debris samples from B layer of soil can effectively remove the interference of eolian sand, and it also can stand out the geochemical anomalous characteristics of mineralization and indicating elements. Take the discover of Baiyinchagan Ag(Au) polymetallic ore deposit for example, we analyze the methods, technologies of geochemical debris survey and its exploration application. It is demonstrated that geochemical debris exploration method is a good prospecting method, as it can quickly, accurately enclose the range of the mineralization alteration zone, and improving the prospecting effect.

**Key words:** Semi-arid desert and grassland area; Geochemical debris survey; Prospecting effect; Baiyinchagan Ag(Au) polymetallic ore deposit; Inner Mongolia