文章编号: 1009-6248(2007)04-0043-10

岩石地球化学剖面测量在找矿实践中的应用

——以新疆哈密市白山北坡 HS-2 异常为例

王满仓, 李维成, 张飚, 崔继岗, 王小平, 王北颖

(陕西省地质调查院, 陕西 西安 710016)

摘 要: 在 1∶5 万区域地质矿产调查的基础上, 对新疆哈密市白山北坡 HS-2 异常区钨矿点实施 1∶1 万岩石地球化学剖面测量, 并对其地质、地球化学特征进行综合研究, 圈定了两个钨矿化蚀变带, 初步判断有工业矿体存在。在此基础上肯定了异常区的找矿前景, 并指出了找矿重点地段。

关键词: 岩石地球化学剖面; 地球化学特征; 成矿地质条件; 钨矿; 白山; 哈密

中图分类号: P596 **文献标识码**: A

北山成矿带位于中国西部新、甘、蒙一带, 是我国重要的多金属成矿带, 区域上已经发现金、铜多金属、铜镍、铅锌、铀、锰等矿产地几十处 (李文渊等, 2006)。近年来在成矿带东段的新、甘、蒙地区新发现哈密市白山北坡钨矿 (新疆地调院, 2004)、玉山钨矿 (甘肃地调院, 2003)、国庆钨矿 (西安地矿所, 2003) 等多个矿床、矿点, 并新圈定红柳园、盘陀山、公婆泉、白山堂等一批岩浆热液型钨矿找矿远景区, 显示出北山成矿带具有寻找钨矿的良好前景。新疆哈密市白山北坡钨矿点成矿地质条件与东段甘、蒙地区钨矿的成矿地质条件十分相似, 有望进一步扩大为中小型规模。因此, 研究该钨矿点的地质、地球化学特征具有较大的找矿意义。

1 区域成矿地质背景

研究区位于库鲁克塔格微地块、北山裂谷构造带与阿北-敦煌地块的接合部位, 区域上称之为两地块夹一裂谷的构造格局。各单元之间以不同规模、不同性质的断裂分割, 库鲁克塔格微地块与北山裂谷构造带之间以赛里克萨依走滑断裂带为界, 北山裂谷构造带与阿北-敦煌地块之间以疏勒河隐伏断裂带为界 (王满仓等, 2007)。

区内出露最老地层为古元古代北山岩群, 为一套以火山岩-火山碎屑岩-碳酸盐岩建造为主的高级变质岩系, 属于塔里木地块结晶基底的组成部分。长城系古硐井岩群变质碎屑岩夹中基性火山岩地层不整合于北山岩群之上, 构成本区的变质盖层。早古生代沉积了寒武系含磷硅质岩-硅质岩-浊积岩-火山岩-碎屑岩-碳酸盐岩建造, 晚古生代堆积了巨厚的碎屑岩-碳酸盐岩-中基性-中酸性火山岩建造。

区内花岗岩类发育。晚元古代以中深变质的英云闪长岩 (锆石 U-Pb 年龄 907±72 Ma, 张飚等, 2006)、花岗闪长岩 (锆石 U-Pb 年龄 713±11 Ma、714±3 Ma, 张飚等, 2006) 为主; 加里东期以片麻状花岗岩 (锆石 U-Pb 年龄 444.3±1.4 Ma、412.6

收稿日期: 2007-02-13; **修回日期**: 2007-06-12

基金项目: 新疆维吾尔自治区招标项目“新疆哈密市北山白山一带 1∶5 万区域地质矿产调查”(XJQDZ2004-21)

作者简介: 王满仓 (1963-), 男, 陕西周至人, 高级工程师, 1988 年毕业于西安地质学院, 学士学位, 长期从事地质矿产综合研究和区域地质调查工作, 曾发表论文十多篇。通信地址: 710016, 陕西省西安市大兴东路 12 号, 陕西省地质调查院。电话: 029-86313938; E-mail: SXSddyjcb@sohu.com。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

±2.3Ma，张飚等，2006）为主；华力西中晚期以闪长岩、英云闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、钾长花岗岩（锆石U-Pb 年龄328.9±0.8Ma、248.6±0.6Ma 校培喜，2005）为主。其中，华力西中晚期的花岗岩与Cu、W、Sn、Mo 成矿关系密切。

北山裂谷构造带经历了∈、O-S、C-P$_3$ 次大规模的裂开与闭合，由早到晚自南向北迁移演化（周济元等，2000）。北山成矿带优越的地质、构造、地球化学条件，形成了大量的区域化探异常，并孕育了丰富的矿产。区内Cu、W、Sn、Mo 等元素异常的强度高、规模大，所形成的矿产也较多。通过综合分析，确定了8 个以铜、钨为主的找矿远景区，其成因类型分别为斑岩型铜钼矿、火山岩型铜-多金属矿、岩浆型铜镍矿和岩浆热液型钨锡矿等（图1，李文渊等，2006）。其中，2 号远景区有公婆泉斑岩型铜矿床及铜、钨异常；3 号远景区有黑山铜镍矿床及显著的钼、锌异常和遥感蚀变异常；4 号远景区有白山北坡钨矿点和钨异常；7 号远景区有鹰嘴红山钨矿床、新发现的国庆钨矿化带及有钨、锡、钼异常和遥感蚀变异常；8 号远景区有白山堂铜矿床、新发现玉山钨矿，且有明显的钨异常和铜、锡及遥感蚀变异常。

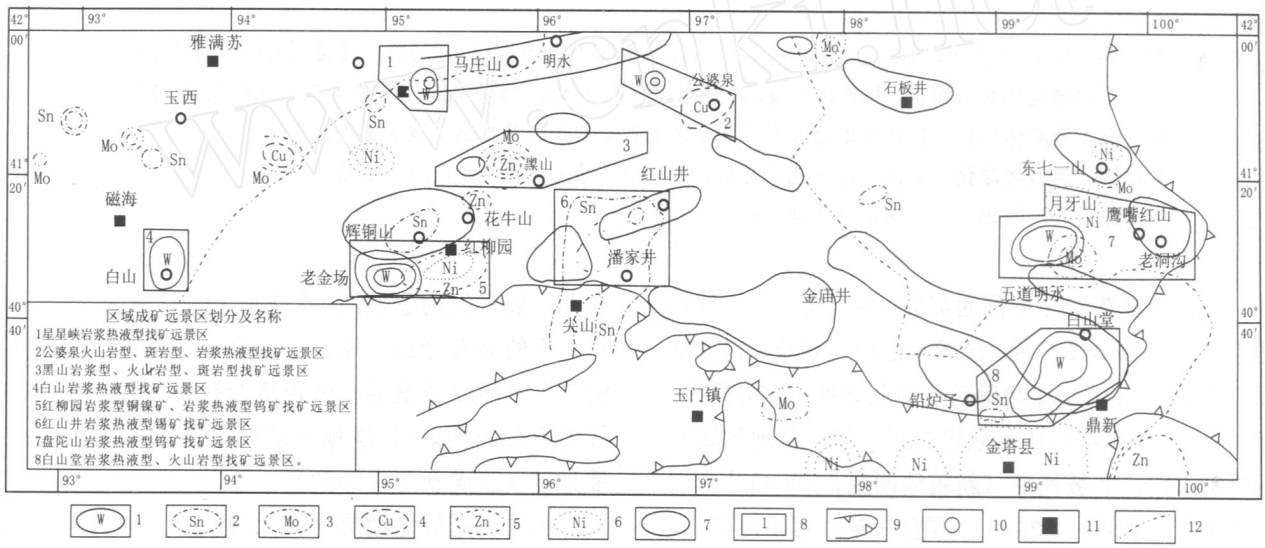

图1 新甘蒙北山Cu（多金属Ni）W、Sn、Mo 区域化探异常及矿产分布图

Fig.1 Schematic diagram showing Cu (multimetal Ni), W, Sn, Mo, regional geochemical anomaly and mineral resources distribution in Beishan

1. 钨异常（>2.78×10^{-6}）；2. 锡异常（>3.8×10^{-6}）；3. 钼异常（>2×10^{-6}）；4. 铜异常（>32×10^{-6}）；5. 锌异常（>68×10^{-6}）；6. 镍异常（>38×10^{-6}）；7. 矿致遥感蚀变异常；8. 远景区及编号；9. 第四系覆盖区；10. 大中型矿床；11. 县、镇；12. 省界

[资料来自“西北地区矿产资源找矿潜力”（西安地质矿产研究所，2006.5）略有修改]

2 矿区地质

白山北坡钨矿点位于北山构造带西段，新疆白山HS-2 综合异常区（图2，王满仓等，2006）。

2.1 地层

出露地层为下二叠统红柳河组（P$_1hl$），近东西向展布，总体为一套碎屑岩-火山岩-火山碎屑岩-碳酸盐岩沉积建造。其中，上部为灰绿色片理化蚀变安山岩；中部由灰色砾岩、含砾砂岩、砂岩、粉砂岩、千枚岩等构成完整或不完整的基本层序，局部夹片理化大理岩化灰岩，偶夹基性火山岩、火山碎屑岩；下部由含砾岩屑粗砂岩、细砂岩、砂质板岩、构成的沉积韵律层，底部为糜棱岩化含砾粗粒岩屑砂岩。总体构成浅变质河口湾粗碎屑岩、潮坪相碎屑岩-浅海陆棚相细碎屑岩、泥质碎屑岩、中酸性火山碎屑沉积岩-潮坪相碳酸盐岩沉积旋回。

2.2 构造

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

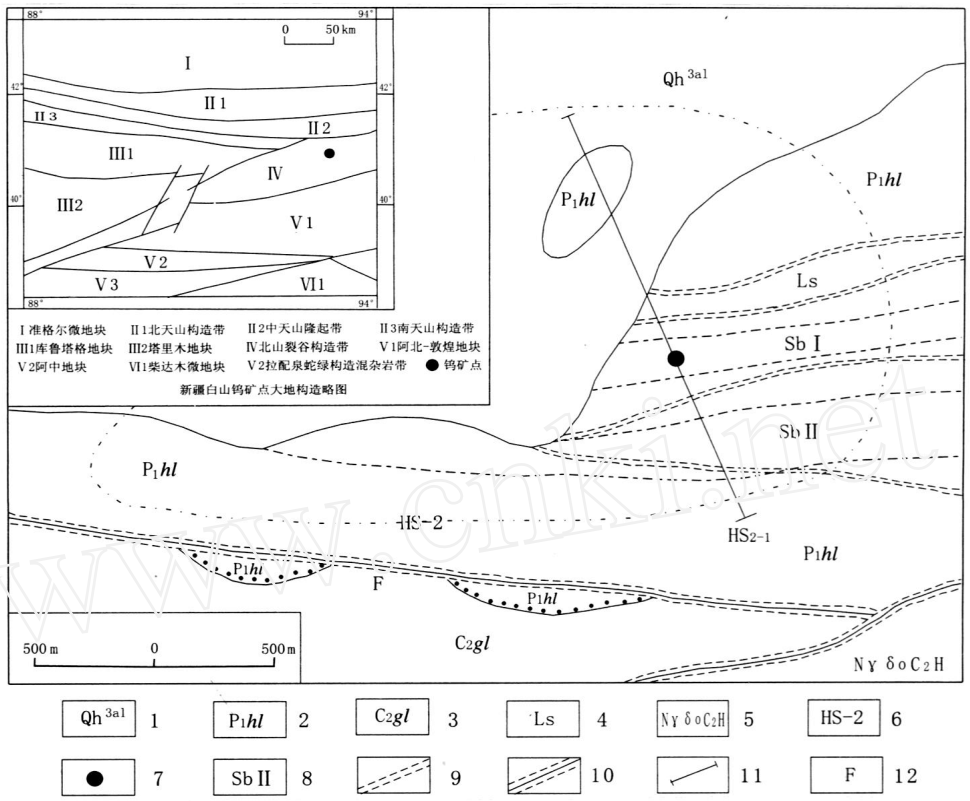

图 2　钨矿点及矿化蚀变带平面地质图

Fig. 2　Geological map showing tungsten occurrences and metallogenic alteration zones

1. 第四系上全新统; 2. 下二叠统红柳园组; 3. 上石炭统干泉组; 4. 红柳河组薄层状灰岩; 5. 片麻状英云闪长岩; 6. 1∶5 万综合异常; 7. 钨矿点; 8. 矿化蚀变位置及编号; 9. 韧性断层; 10. 脆韧性断层; 11. HS-1 地化剖面位置及编号; 12. 盐滩南- 白山西断裂

矿区断裂发育, 盐滩南-白山西韧脆性断裂带从钨矿点的南侧通过, 为白山微地体与北山晚古生代裂谷的边界断裂。

该断裂构造带产状向北陡倾, 长度数十千米、宽数十米至上百米, 沿断裂带发育有钙质糜棱岩、含绿泥石长英质糜棱岩、玄武质糜棱岩; 糜棱岩化花岗闪长岩、糜棱岩化玄武岩、糜棱岩化凝灰质砂岩; 碎裂岩化凝灰质砂岩等, 同时伴随发育构造分异石英脉、铁方解石脉、长英质脉等。沿断裂带两侧发育华力西中晚期 S 型花岗岩、I 型花岗岩及闪长岩体、岩脉侵入, 平行断裂分布, 且具糜棱岩化。

2.3　岩浆岩

位于矿点南侧, 由华力西早期片麻状英云闪长岩、花岗闪长岩和华力西中期花岗闪长岩体共同构成华力西期岩体群, 岩体具花岗结构、弱片麻状构造, 岩石中普遍含有闪长质包体, 多呈透镜状、长条状。岩石化学表明总体属于强钙碱性系列, 常量元素含量显示具有中-酸性侵入岩特征, 稀土元素特征显示二者具有同源岩浆演化特征, 岩石地球化学成果显示该岩体群形成于汇聚构造环境。

2.4　化探异常特征

钨矿点位于 AP17-4 号 1∶20 万土壤异常之中, 主成矿元素为 W, 最大值为 12×10^{-6}, 伴生元素 Au、As、Sb、Hg、Cu、Ag 等。经 1∶5 万水系沉积物加密测量圈定出 HS-2 号异常, 面积约 4.32 km^2。其中 Au 异常面积 0.81 km^2、最大值 6.7×10^{-9}; Ag 异常面积 3.37 km^2、最大值 847.8×10^{-9}; Cu 异常面积 0.71 km^2、最大值 78.65×10^{-6}, 但前人未分析 W 元素。

2.5　矿化特征

白山北坡钨矿点按 WO_3 质量分数大于等于 0.15×10^{-2} 的边界品位共圈定 3 条主矿体, 走向近东西, 倾向北倾, 倾角较陡。矿体呈长条状、透镜状, 厚度 0.63～4.5 m、长 120～724 m (代玉财等,

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2004)。

矿石自然类型为石英脉型，矿石具半自形、自形及他形粒状结构，稀疏浸染状构造、星点状构造。矿石矿物为白钨矿、黄铁矿、褐铁矿，偶见孔雀石；脉石矿物为石英、白云母、绢云母，少见方解石，绿泥石。

根据矿物共生组合关系、结构构造等特征将成矿作用划分为两个阶段：第一阶段是热液成矿期，形成石英-白云母-白钨矿-黄铁矿等矿物组合，为钨矿体生成阶段；第二阶段是表生成矿作用阶段，主要有氧化作用、风化淋滤作用等，形成褐铁矿-孔雀石-黄钾铁矾等氧化矿物组合。综合分析认为钨矿的成因类型属于与花岗岩有关的中-高温热液石英脉型。

3 岩石地化剖面测量及其找矿意义

HS-2-Ⅰ地化剖面布置在异常的中部，穿过浓集中心至异常之外，总长 2 105 m。剖面穿过红柳河组，横切多条韧性剪切带、两个钨矿化蚀变带及一条已知矿化体。基本采样间距为 45～50 m，对于矿化蚀变强烈地段加密采样。采样方法为多点组合、采样介质为新鲜基岩，共采集岩石光谱样品 47 件、平均采样密度为 1 件/44.7 m。样品采用原子吸收法，分析的报出限、灵敏度均符合相关规范要求。

3.1 剖面结构及岩石组合

HS-2-Ⅰ剖面划分为 3 个岩性段(表 1)。第Ⅰ岩性段褶叠厚度 450 m，由含砾砂岩、岩屑砂岩、长石岩屑砂岩、细砂岩、粉砂质板岩等组成较为完整的沉积韵律；第Ⅱ岩性段褶叠厚度 521.3 m，底部由含砾砂岩、岩屑砂岩、长石石英砂岩、粉砂质板岩、局部夹薄层状基性凝灰质砂岩等组成沉积韵律，中部

表 1 红柳河组剖面结构与钨元素含量分布表

Tab.1 Stratigraphic sequence of the Hongliuhe Formation and the distributions of tungsten elements

岩性段编号	褶叠厚度(m)	岩性柱状图	钨含量($\times10^{-6}$)	岩性组合及蚀变特征
Ⅲ	280		1.95	下部由灰色岩屑砂岩、长石石英砂岩、薄层状灰岩构成沉积韵律，上部由中—薄层状结晶灰岩组成。其中，灰岩中具有强烈的铁碳酸盐化、褐铁矿化等
			2.65	
			35.7	
Ⅱ	160	Si Si Si Si		上部由底部的灰色岩屑砂岩、长石石英砂岩组成；中部由灰色粉砂质板岩、顶部由硅质岩组成。其中底部的岩屑砂岩中具有强烈的褐铁矿化、硅化和碳酸盐化
	50.5		200	
	70.8		14.8	中部层位由灰绿色玄武岩组成，隐晶质结构、块状构造
	240		169	下部由杂色含砾粗砂岩、岩屑砂岩、长石石英砂岩、粉砂质板岩构成较为完整的沉积韵律。上部为灰色岩屑长石石英砂岩、粉砂质板岩形成沉积韵律。局部夹有薄层状中—基性凝灰质砂岩。下部层位构造破碎蚀变带发育，基本特征与岩段Ⅰ的上部层位相似
Ⅰ	300		172	下部含砾砂岩及岩屑砂岩，上部长石石英岩屑砂岩、粉砂岩。矿化蚀变规模大、强度高。主要蚀变有褐铁矿化碳酸盐化黄钾铁矾化硅化等。其中硅化表现形式为石英脉、脉体大者宽30～40cm，密度2～3条/m、小者几厘米，密度10～20条/m
	150		4.46	下部为杂色含砾砂岩、灰色岩屑砂岩、长石石英砂岩、细砂岩、灰色粉砂质板岩等构成沉积韵律，基本层序厚4～5m。上部单元的粉砂质板岩厚度达到3～4m，下部含砾粗砂岩厚度40～60cm。该段矿化蚀变不强烈

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

为块状玄武岩, 顶部由灰色长石岩屑砂岩、粉砂质板岩、硅质岩等组成沉积韵律; 第Ⅲ岩性段褶叠厚度 280 m, 由岩屑砂岩、长石岩屑砂岩、中—薄层状结晶灰岩等形成非韵律性沉积。

剖面中主要岩石类型有蚀变岩 (含石英脉)、岩屑砂岩类、糜棱岩化含砾砂岩类、凝灰质砂岩类、粉砂质板岩类、灰岩类、辉绿岩类、花岗岩类、玄武岩等 9 类岩石组成。前 3 类为主体, 主要分布于第Ⅰ岩性段的上部层位和第Ⅱ岩性段的下部层位。其中, 石英脉多为灰白色, 呈碎裂状, 裂隙及孔隙中见较强烈的蜂窝状褐铁矿化, 偶见黄铁矿化、孔雀石化等; 构造蚀变岩主要发育于构造破碎蚀变带内, 岩性为糜棱岩化岩石、糜棱岩及构造碎裂岩, 主要蚀变有硅化 (网脉状石英脉)、褐铁矿化、碳酸盐化、黄钾铁矾化等; 岩屑砂岩类主要有糜棱岩化、弱碳酸盐化粗—中粒岩屑砂岩及细粒长石岩屑砂岩两类。

3.2　成矿元素含量分布特征及其找矿意义

由表 1 知, 第Ⅰ岩性段上部层位和第Ⅱ岩性段下部层位的褶叠厚度分别为 300 m、240 m, 位列剖面岩性段褶叠厚度之首, 规模最大, 且蚀变强烈。其主要蚀变有褐铁矿化、铁碳酸盐化、黄钾铁矾化、硅化等。其中, 硅化的表现形式为石英脉, 大者宽约 30～50 cm, 延长数十米, 密度 1～2 条/m; 小者几厘米, 延长数米, 密度 8～15 条/m。

钨含量在第Ⅰ岩性段的上部层位为 172×10^{-6}、在第Ⅱ岩性段的下部、上部层位分别为 169×10^{-6}、200×10^{-6}, 分别是天山-北山成矿带钨平均含量 16.29×10^{-6} (李文渊等, 2006) 的 10.37～12.27 倍。因此, 上述岩性段的矿化蚀变强度高、规模大, 构成钨矿的矿源层。

表 2　地化剖面不同岩石组合中元素地球化学特征

Tab.2　Geochemical features of elements in various rock associations of geochemical profile

岩石代码	Cr	Pb	Zn	Cu	Mo	Bi	W	Ag	Sb	As	Au
1	19.23	27.67	59.92	74.82	2.75	9.36	125.5	838.7	0.64	77.65	2.46
2	54.61	14.9	77.71	44.36	1.46	0.9	50.36	103.5	1.07	97.55	1.12
4	146.1	8.35	64.09	30.87	0.48	0.31	34.76	129.5	1.01	20.02	1
3	26.58	16.41	55.69	18.32	1.37	0.45	15.73	66.67	0.29	11.06	0.93
9	126.5	7.91	90.11	31.52	0.71	0.24	8.93	58	0.65	3.83	0.9
5	92.16	15.37	66.55	20.06	0.47	0.27	4.71	57.17	0.15	10.08	0.9
8	19.54	20.87	101.4	17.48	0.58	1.56	3.69	807.6	0.3	4.08	0.78
7	231.4	7.39	83.68	40.28	0.75	0.17	2.49	49.25	0.27	1.26	0.9
6	13.42	7.57	12.45	4.45	0.35	0.23	2.32	163.8	0.51	17	1.5

注: 1. 石英脉及蚀变岩; 2. 硅化岩屑砂岩类; 3. 糜棱岩化含砾砂岩类; 4. 凝灰质砂岩类; 5. 粉砂质板岩类; 6. 灰岩类; 7. 辉绿岩类; 8. 花岗岩类; 9. 玄武岩类。

由表 2 看出, W 元素及其伴生的 Cu、Zn、Pb、Ag、As、Bi、Mo、Au 元素在石英脉及蚀变岩中的含量值排列第一位, 在硅化岩屑砂岩中排列第二位, 说明石英脉及蚀变岩和硅化岩屑砂岩是钨矿的赋矿岩石, 也是重要的找矿标志。

由表 3 看出, 异常区内 W、Ag、Cu 的相对富集系数、变异系数、标准离差位列前 3 位, 说明它们为强分异型元素, 表现为强烈后生地球化学富集特征。由此判断, 3 元素在红柳河组中的分布具有强烈的不均匀性, 存在高含量值 (点), 有可能在成矿有利地段形成矿化富集、或矿 (床) 化点。

由于成矿作用过程具有长期性、多期性和复杂性, 导致部分元素的含量在地质体中呈现富集或贫化。这种富集或贫化是基于元素背景值基础之上的高低变化, 与地质体之间存在着一定的函数关系。此种关系可用“数理统计”的方法来完成, 从而实现从定性预测到定量预测的目的。据此, 笔者从地球化学异常评价的特征和可操作性出发, 引入“元素矿化-蚀变叠加强度”概念, 并定义为: 元素矿化-蚀变叠加强度 (KD) 为一个评价单元内某元素含量值经“叠代剔除”统计计算, 剔除前平均值 (T1) 与剔除后平均值 (T2) 之比与剔除高含量点数 (N) 的乘积 (无高含量点时 N 取 1), 数学表达式为: $KD=(T1/T2)\times N$。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 3 地球化学剖面中元素地球化学特征参数

Tab. 3 Specific parameters of elemental geochemisty in geochemical profile

元素名称	天山-北山平均值①	剖面平均值②	相对富集系数	变异系数	标准离差
Ag	64.72	429.84	6.64	2.41	1036
As	9.6	46.3	4.82	3.46	160.2
W	16.26	60.82	3.74	1.39	84.5
Cu	20.71	43.51	2.10	3.24	140.9
Cr	40.54	51.45	1.27	1.6	82.48
Zn	55.17	67.06	1.22	0.75	50.06
Pb	17.21	18.47	1.07	1.01	18.68
Au	1.62	1.51	0.93	1.06	1.61
Ni	20.73	18.18	0.88	1.25	22.73
Bi	12.43	3.91	0.31	3.65	14.28
Mo	8.23	1.53	0.19	2.8	4.3
Sb	4.44	0.6	0.14	2.14	1.29

注: ①引自《西北地区矿产资源找矿潜力, 2006》; ②为全样品算术平均值表; ③统计样品数 47 件, 由新疆地矿局地球物理地球化学探矿大队实验室用原子吸收法分析, Au、Ag 为 $\times 10^{-9}$, 其他元素为 $\times 10^{-6}$。

对于绝大多数热液矿床而言, 元素富集地段的矿化蚀变强度高、规模大、种类多, 蚀变复杂, 则成矿潜力越大。因此, 元素矿化-蚀变叠加强度在一定程度上反映了成矿潜力的大小, 此值越大, 说明元素的富集程度越高、分异程度越强烈, 成矿的潜力越大。

基于上述“原理”, 分别统计了 Bi、W、Ag 等 10 种元素的地球化学参数, 并计算各元素的矿化-蚀变叠加值 (表 4)。

构造-地球化学研究成果表明, As、Sb (Hg) 是地球化学活动性较强的元素, 反映了区域构造-热液活动的强烈程度。研究区 As 元素的丰度值及矿化蚀变叠加值较大, Sb 元素的富集系数虽然较小, 但矿化蚀变叠加强度较大, 说明研究区经历了多期次的构造-热液活动。

由表 4 可知, Bi、W、Ag 在排序中位居前 3 位, 且 3 种元素处于多期次构造-热液活动的地质环境之中, 因而具有较好的成矿前景。

3.3 成矿元素 R 型聚类分析及其找矿意义

对地化剖面中分析数据进行 R 型聚类分析, 制作元素组合谱系图 (图 3)。按相关系数 0.3 截取, 元素组合划分为 3 组:

表 4 各元素矿化叠加强度排序表

Tab. 4 Superimposed intensity of mineralization of various elements

元素名称	剔除高值点数	剔除前最大值	剔除后最大值	剔除前平均值	剔除后平均值	矿化蚀变叠加强度	矿化蚀变叠加强度排序
Bi	13	97.26	0.74	3.91	0.32	158.8	1
W	14	200	38.7	60.82	9.3	91.55	2
Ag	9	5 049.9	193.6	429.84	78.18	49.48	3
As	6	1 072.7	37.13	46.3	9.12	30.46	4
Sb	7	8.21	0.68	0.6	0.24	17.5	5
Au	10	8.8	1.3	1.51	0.93	16.23	6
Mo	6	30	1.69	1.53	0.65	14.12	7
Cr	5	372.8	90.03	51.45	25.74	9.9	8
Pb	6	75.95	32.45	18.47	12.22	9.06	9
Ni	4	98.7	46.5	18.18	12.43	5.85	10
Cu	2	987	59.36	43.51	20.92	4.16	11
Zn	1	245.06	169.1	67.06	63.27	1.06	12

第一组: Cr、Ni、Pb、Zn, 其中 Cr-Ni 相关系数最大, 为 0.941。

第二组: Cu、Mo、Bi、W、Ag, 其中 Cu-Mo 相关系数最大, 为 0.978。

第三组: As、Sb、Au, 其中 As-Sb 相关系数最大, 为 0.946。

在 3 组元素组合中第一组与第二组关系较为密切, 第三组相对独立。

众所周知, 不同的地质背景形成不同的元素组合, 不同的元素组合代表了不同的地球化学成矿模式。第一组元素代表了基性—超基性岩或与之对应的火山岩的地球化学特征, 说明 Pb、Zn 的成矿作用与基性—超基性火山岩或与之对应的侵入岩有关; 第二组为中—高温元素组合, 代表了与中酸性岩体

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

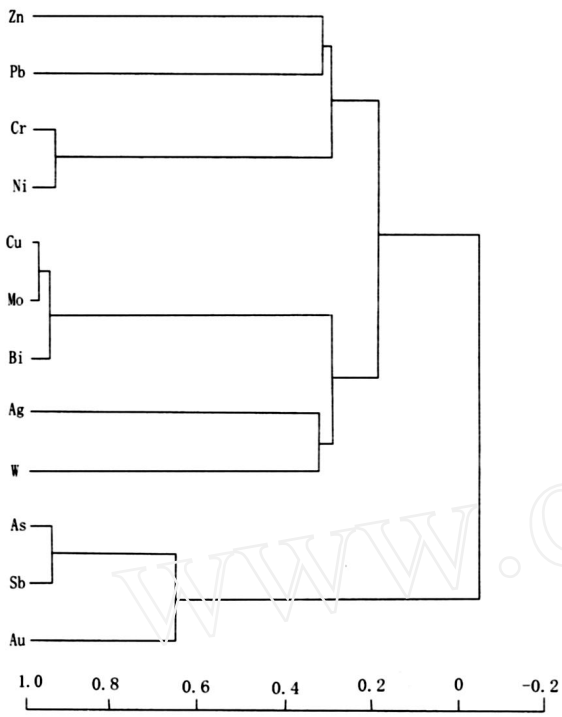

图 3　Ⅰ号地化剖面元素组合谱系图

Fig. 3　Composed lineage graph of elements from the geochemical profile No. 1

有关的地球化学特征, 说明该组元素的成矿作用与中酸性岩体有关, 成矿类型应为中—高温热液型或热液交代型; 第三组为中—低温元素组合, 代表了红柳河组碎屑岩的地球化学特征。其中, As、Sb 与后期构造-热液活动有关, 该组元素的成矿作用与韧性剪切带或构造蚀变带有关, 成矿类型应为韧性剪切带型或构造破碎蚀变带型金矿。

结合成矿地质背景综合分析认为研究区以第二组为主, 第三组次之。

3.4　成矿元素异常分带及其找矿意义地球化学异常浓度分带

3.4.1　地球化学异常浓度分带

找矿实践证明, 原生晕中成矿元素的含量达到矿石边界品位的十分之一以上时, 一般均能在异常范围内发现有关矿化体。因此, 将这一含量值确定为各元素异常的内带含量 (即异常内带), 然后依次以其含量的 1∶2 定为亚内带、亚外带、中带和外带。这种浓度分带有利于找矿评价, 可用来研究如何从多元素组合晕中确定主成矿元素和伴生元素。凡出现内带的地段, 一般有工业品位的矿 (化) 体存在; 凡出现亚内带以上含量的元素, 均可视为成矿元素异常, 且是重点找矿的对象; 仅出现中带以下异常含量的元素, 一般可视为伴生元素异常; 各元素外带含量的下限, 大体相当于矿区化探的异常下限; 亚外带含量可视为矿区背景 (叶天竺等, 2004)。

钨矿点边界品位为$WO_3 \geq 0.1\times10^{-2}$。按此计算, 则内带为$\geq 100\times10^{-6}$、亚内带 100×10^{-6}～50×10^{-6}、中带 50×10^{-6}～25×10^{-6}、外带 25×10^{-6}～12.5×10^{-6}、亚外带 12.5×10^{-6}～6×10^{-6}, 据此制作相应图件。图 4、5 分别是 Au、Ag, Cu、Sb 元素含量曲线图, 图 6 为 W、As 元素含量曲线及 W 浓度分带图。

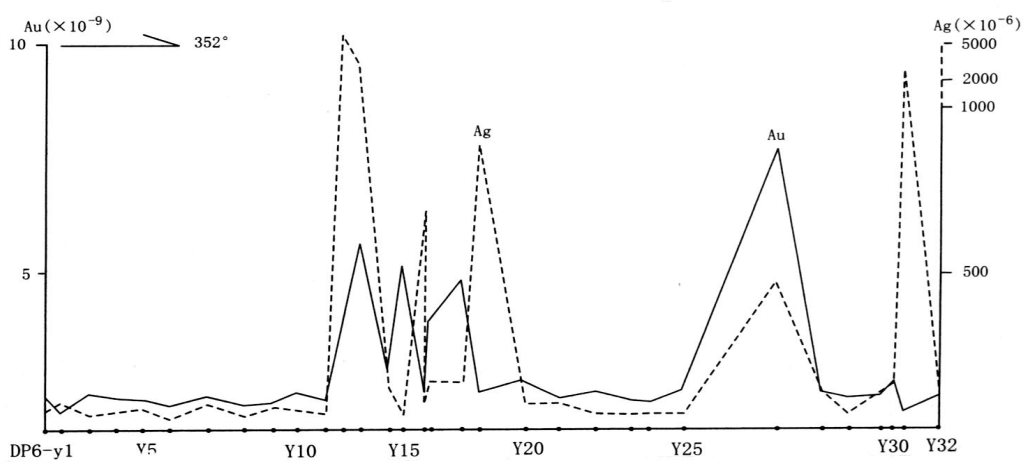

图 4　Ⅰ号地化剖面 Au、Ag 元素含量曲线图

Fig. 4　Content curves of Au and Ag elements in the geochemical profile No. 1

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

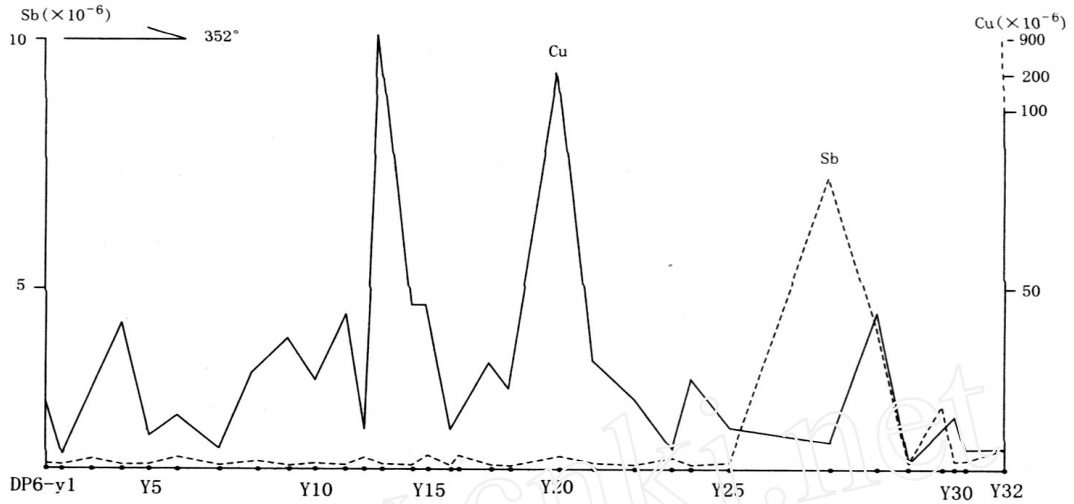

图 5 Ⅰ号化剖面 Sb、Cu 元素含量曲线图

Fig. 5 Content curves of Sb and Cu elements in the geochemical profile No. 1

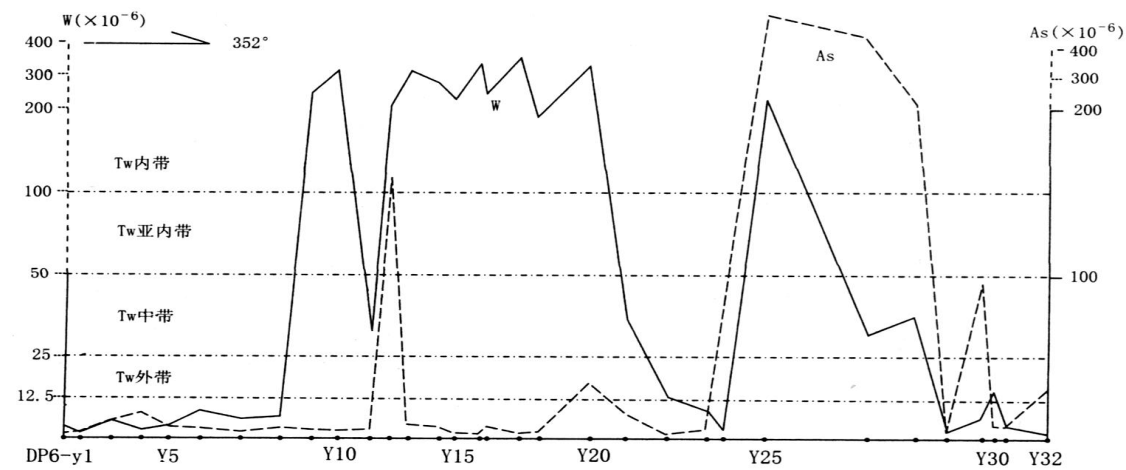

图 6 Ⅰ号地化剖面W、As 元素含量曲线及W 浓度分带图

Fig. 6 Content curves of W and As elements in the geochemical profile No. 1 and the concentration zoning of tungsten

由图 2、4、5、6 可知, HS2-Ⅰ地化剖面穿过两个矿化蚀变带 SbⅠ和 SbⅡ, 其中:

SbⅠ地表追索长度大于 1.8 km, 宽 100～250 m, 岩性为构造蚀变岩(含石英脉)和硅化变砂岩, 其中, 石英脉W 含量大于 200×10^{-6}; 蚀变岩W 32.7×10^{-6}、Ag 540.7×10^{-9}、Au 8.21×10^{-9}、As 1072.7×10^{-6}、Mo 4.63×10^{-6}、Sb 8.21×10^{-6}; 硅化变砂岩W 32.7×10^{-6}、Cu 43.15×10^{-6}。白山北坡钨矿点分布于该带之中。

SbⅡ地表追索长度大于 2 km, 宽 200～500 m, 岩性为石英脉及构造蚀变岩。其中, 蚀变岩中发育大量网脉状石英细脉。光谱分析结果显示, 该段除过 y11 号、y19 号样品钨含量分别为 32.4×10^{-6}、145.9×10^{-6}之外, 其余样品中钨含量都大于 200×10^{-6} (王满仓等, 2006)。

由此可见, SbⅠ、SbⅡ矿化蚀变带W 元素明显具有内带、亚内带、中带及外带, 且与之伴生的Au、Ag、As、Sb、Cu 也表现出较高的规模, 各元素套

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

合程度较高, 含量值也较高。其中, Au 最大值为 5.90×10^{-9}、Ag 最大值为 $5\,049.90\times10^{-9}$、Cu 最大值为 987×10^{-6} (王满仓等, 2006)。同时也说明研究区主成矿元素为W, 伴生元素为Au、Ag、Cu、As、Sb、Bi等; 两个蚀变带的蚀变类型基本相同, 主要有黄铁矿化、褐铁矿化、硅化、白云母化、孔雀石化、黄钾铁矾化等, 且处于同一地质-地球化学背景之中。

3.4.2　找矿意义

由图 3 可知, 研究区元素组合分为 3 组, 第一组: Cr、Ni、Pb、Zn; 第二组: Cu、Mo、Bi、W、Ag; 第三组: As、Sb、Au, 说明研究区原生晕是由多建造晕共同形成的。其中, 第一组元素所代表的基性—超基性岩或相对应的火山岩在矿区出露十分有限, 对钨矿的成矿作用影响不大, 可以忽略不计; 第二组为中—高温元素组合, 代表了与中酸性岩体成矿有关的热液元素组合, 与钨矿的成矿作用十分明显。此外, 从图 4、5、6 可以比较清晰的看出, 原生晕的元素组合具有水平分带特征, 从外至内依次为第二组中—高温元素, 出现内带、亚内带、中带、外带, 且规模大、强度高; 第三组为中—低温元素, 仅仅出现外带, 且规模小、强度低。这种特征显示钨矿体已经遭受剥蚀, 在地表或近地表有矿化体出露。

综合上述地球化学特征, 并结合钨矿点地质特征及矿体特征, 判断第二组元素为矿体中部或中上部地球化学晕、第三组为矿体尾部地球化学晕。计算结果表明 SbⅠ分带强度 (系数) 为 0.35 (有已知的钨矿体出露), SbⅡ分带强度 (系数) 为 21.11, 是 SbⅠ的 60 倍。由此可见, SbⅡ的地表或近地表有钨矿体或矿化体的存在。

4　结论

研究区位于北山晚古生代裂谷, 成矿条件十分有利。通过地质-地球化学特征综合分析认为 HS-2 异常区的主成矿元素为W, 伴生元素为Au、Ag、As、Sb、Cu、Mo, 成矿类型为与中酸性岩体成矿有关的中-高温热液型 (石英脉型); 肯定了 HS-2 号异常为矿致异常, 有工业钨矿体存在, 初步判断 SbⅡ蚀变带在地表有工业矿体或近地表有隐伏的工业矿体, 确定的找矿最佳地段为第二组与第三组原生晕重合的地段。

致谢: 论文是在陕西省地质调查院《新疆哈密市北山白山一带 1∶5 万区域地质矿产调查》项目工作成果的基础上编写而成, 属集体成果。同时, 感谢陕西省地质调查院教授级高级工程师董王仓, 成都理工大学朱迎堂博士在论文撰写过程中给予的悉心指导。

参考文献 (References):

西安地质矿产研究所. 西北地区矿产资源找矿潜力 [M]. 北京: 地质出版社, 2006.

王满仓, 张飚, 李维成. 等. 新疆北山西段裂谷演化及金成矿规律 [J]. 西北地质, 2007, 40 (2): 70-76.

张飚, 王满仓, 王北颖, 等. 新疆哈密市北山白山一带 1∶5 万区域地质报告 [R]. 陕西地调院, 2006.

校佩義, 黄玉华, 等. 新疆北山南部地区石炭- 二叠纪岩石地层单位厘定及沉积环境分析 [J]. 西北地质, 2006, 39 (1): 76-83.

周济元, 崔柄芳, 等, 甘新北山东段裂谷演化及金矿成矿规律 [J]. 火山地质与矿产, 2000, 21 (1): 7-16.

王满仓, 张飚. 等. 新疆哈密市北山白山一带 1∶5 万地质矿产报告 [R]. 陕西地调院, 2006.

代玉财, 等. 新疆北山金铜矿评价报告 [R]. 新疆地调院, 2004.

叶天竺, 等. 固体矿产预测评价方法技术 [M]. 北京: 中国大地出版社, 2004.

Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources. Prospecting potential of major metallic minerals in Northwest China [M]. Geological Publishing House, Beijing, 2006.

WANG Mancang, ZHANG Biao, LI Weicheng, et al. The rift evolution and heterogenic regularities of gold ores of the western part of Beishan in Xinxiang [J]. Northwestern Geology, 2007, 40 (2): 70-76.

ZHANG Biao, WANG Mancang, WANG Beiying, et al. 1∶50000 areal geology report of the area of Beishan and Baishan in Hami, Xinjiang [R]. Shaanxi Institute of Geologic Survey, 2006.

XIAO Peixi, HUANG Yuhua, et al. Analysis of sedimentary environment and ascertainment of Carboniferous-Permian lithostratigraphic unit in south area of Beishan, Xinjing [J]. Northwestern Geology, 2006, 39 (1): 76-83.

ZHOU Jiyuan, CUI Bingfang, et al. The rift evolution and

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

gold mine heterogenic regularity of eastern of Beishan in Gansu-Xinjing [J]. Volcanology and Mineral Resources, 2000, 21 (1): 7-16.

WANG Mancang, ZHANG Biao, et al. 1∶50000 areal geology and minerals report of the area of Beishan and Baishan in Hami, Xinjiang [R]. Shaanxi Institute of Geologic Survey, 2006.

DAI Yucai, et al. Au, Cu ores appraisal report of Beishan, Xingjiang [R]. Xingjiang Institute of Geologic Survey, 2004. 3.

YE Tianzhu, et al. The technology of solid minerals' prognostic and estimation [M]. Dadi China Publishing House, Beijing, 2004.

Application of Lithological Geochemistry Profiling in Ore Prospect ——An Example of HS-2 Anomalous Zone on Northern Slope of Baishan Mt. in Hami Area, Xinjiang

WANG Man-cang, LI Wei-cheng, ZHANG Biao, CUI Ji-gang, WANG Xiao-ping, WANG Bei-ying

(*The Institute of Geology Survey in Shaanxi, Xi'an* 710016, *China*)

Abstract: Based on 1∶50000 regional geological and mineral survey, 1∶10000 litho-geochemical profile measurement was carried out for tungsten (W) showings in the HS-2 anomalous zone on the northern slope of the Baishan Mt.On the basis of synthetic study on geology-geochemical characteristic, we have delineated two W mineralization alteration zones and inferred that industrial orebodies exist in Hami area, Xinjiang. Also, the future of ore prospecting in the anomalous zone key proportions have been discussed.

Key words: litho-geochemistry profiling; geochemical characteristics; tungsten mineralization conditions; Baishan Mt.; Hami area

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net