

# 内蒙古赤峰地区金矿床中砷、锑、锰和锌的特征

胡宝群, 白丽红, 李满根, 孟显云

(东华理工大学地球科学系, 江西抚州 344000)

**摘要:** 研究了赤峰地区金矿床中不同介质中的 As、Sb、Mn 和 Zn 特征, 简要地讨论了各元素形成异常的机制, 指出了该区金矿床中这 4 种元素的基岩地球化学异常特点: As 异常为宽而低缓, Sb 异常为窄而高, Mn 和 Zn 异常为环带状, 这 4 种元素的垂向分带性不明显。本区金矿中的方铅矿中 Sb 含量特别高, 远高于其他硫化物中 Sb 含量。在本区残坡积物组成的土壤中 As、Sb、Mn、Zn 明显富集, 显著高于基岩中相对应的含量, 但是基岩、蚀变围岩及矿体上方的残坡积物中这些元素含量趋于均匀化, 大大地降低了这些元素对金矿的指示意义。

**关键词:** 金矿床; 化探; 前缘元素; 内蒙古赤峰

**中图分类号:** P632

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-8918(2009)04-0389-06

不同元素在金矿地球化学找矿过程中的指示意义相差较大, 即便是同一元素对金矿的指示意义也会受气候环境、地质环境和矿床成因等诸多因素的影响<sup>[1-4]</sup>。详细了解工作区内各种元素在金矿体上方的异常特征等是非常重要的, 可为不同地球化学找矿方法的指示元素确定、分析项目选择、异常评价等工作提供依据<sup>[4-8]</sup>, 是金矿化探的前期工作。

在内蒙古赤峰地区金矿地球化学找矿研究过程中, 根据各种元素在金矿体上方的异常特征, 可把与金矿关系较为密切的元素分为几组, 据各组元素对金矿的指示意义由大到小依次排列为: ①Bi; ②Au、Cu、Pb、Mo、W 和 Hg; ③As、Sb、Mn 和 Zn; ④Co 和 Ni<sup>[9-12]</sup>。该地区金矿中最佳指示元素铋的特征及指示意义已在相关的论文中进行了论述<sup>[11]</sup>。笔者研究的对象是其中的第 3 组元素, 第 3 组元素是前缘元素, 通常被认为是金矿的几个重要指示元素, 对隐伏矿体具有重要的指示意义。笔者试图通过对比背景区岩石、近矿蚀变围岩、矿体、单矿物及土壤中的 As、Sb、Mn、Zn 的含量, 研究这几种元素在金矿体上方的基岩和土壤地球化学异常特征, 并初步讨论异常形成的机制。本文中涉及的金矿包括: 红花沟金矿、莲花山金矿、柴胡栏子金矿和安家营子金矿等。

## 1 背景区各类岩石中的砷、锑、锰、锌、金

在矿区外围采集未遭矿化、蚀变的各种岩石, 分析其中的 As、Sb、Mn、Zn 和 Au 的含量, 了解背景区

中的各种元素的背景值, 作为对比的基础, 用于衡量矿化强度、圈定异常等。分析结果见表 1。

由表 1 中数据可知, 花岗细晶岩中 Mn 含量特别低, As 含量特别高, Zn 含量也是最高者; 其他岩石中各种元素含量变化差异性不大。剔除花岗细晶岩, 计算出背景区内的各种元素的含量均值, 近似地把平均值当成背景值, 则该区内的 As、Sb、Mn、Zn、Au 背景值依次是克拉克值的 1.99、0.7、0.4、0.9 和 2 倍。

## 2 矿体及近矿蚀变围岩中的砷、锑、锰、锌、金

把背景区、近矿蚀变围岩、矿体中的这几种元素含量进行对比(表 1), 可以了解这些元素由背景区→近矿蚀变围岩区→矿体的演化规律。

As 在这一演化系列中是逐渐、平稳地增加。在近矿蚀变围岩中的异常衬度为: 水泉矿区近矿蚀变花岗岩中为 1.53, 近矿蚀变流纹斑岩中为 2.51, 矿体中为 4.35; 红花沟 81 脉近矿蚀变围岩中为 1.11, 在矿体中为 3.02。由此可见, 这一系列的衬度是逐渐增加的, 衬度的大小与岩石类型还有一定的关联。总的看来, 无论在近矿蚀变围岩还是矿体中 As 的衬度值都不大(与 Bi 和 Au 相比<sup>[12]</sup>), 在矿体中最高为 4.35。

Sb 总的看来从背景区到近矿蚀变围岩区增加不大, 然而到矿体中则急剧增大。背景区到近矿蚀变围岩, 再到矿体的衬度值分别为: 水泉矿区近矿蚀变花岗岩中为 1.5, 近矿蚀变流纹斑岩中为 0.93, 矿

表 1 赤峰地区金矿中矿物和岩中砷、锑、锰、锌、金含量

10<sup>-6</sup>

位置		岩石及矿物	样品数	As	Sb	Mn	Zn	Au	
背景区	安家营子	太古界片岩、片麻岩	5	3.33	0.17	288	75	0.0077	
		斑状花岗岩	7	2.87	0.10	302	43	0.0085,	
		花岗岩中的片岩捕虏体	2	2.25	0.17	389	60	0.0005	
		流纹斑岩	6	5.00	0.16	218	49	0.0088	
		花岗细晶岩	2	19.6	0.22	38	86	0.0065	
	莲花山	混合片麻岩	2	1.60	0.16	234	49	0.0125	
	本区各元素含量均值(近似视为背景值)			22	3.38	0.14	278	54	0.0080
克拉克值,魏德波尔(1967)				1.7	0.2	690	60	0.004	
矿蚀石变及围岩	安家营子 (水泉矿区)	近矿蚀变斑状花岗岩	5	5.20	0.21	544	111	0.180	
		近矿蚀变流纹斑岩	9	8.50	0.13	423	469	0.127	
		矿体(含硫化物石英脉)	13	14.70	1.48	328	245	4.127	
	红花沟 81 脉	近矿蚀变花岗岩和闪长玢岩	8	3.74	0.33	454	125	0.012	
		矿体(含硫化物石英脉)	5	10.20	1.15	236	65	0.743	
单矿物	安家营子	黄铁矿(团块状)	6	19.35	6.75	24	197	63.161	
		黄铁矿(细脉状)	1	27.90	11.14	28	78	0.800	
		黄铁矿(星点状)	2	8.62	3.93			0.090	
		黄铜矿	3	8.07	7.74	65	3380	25.280	
		剔除硫化物后的近矿绿色蚀变物(以绿泥石为主)	3	1.03	0.09	1396	1009	0.005	
	红花沟 27.81 脉	黄铁矿	3	41.65	4.57	48	108	68.407	
		闪锌矿	2	10.63	7.20			0.287	
		方铅矿	4	5.86	553.6	5	360	11.184	
	检出限				2	0.2	30	10	0.002
	准确度(71GRD-40) / %				11.0	16.7	5.5	20	53

注:背景区金的测定用微珠比色法,矿体及矿物中的金测定是用原子吸收法;其他指标测试方法见[12]。

体中为 10.57;红花沟 81 脉近矿蚀变围岩中为 2.35,在矿体中为 8.21。

Mn 在近矿蚀变围岩中衬度值大于矿石中的衬度值,在矿石中甚至比背景值还低,它在这个系列中的变化规律是先增后降:水泉矿区近矿蚀变花岗岩衬度值为 1.96,近矿蚀变流纹斑岩的衬度值为 1.52,矿体中的衬度为 1.18;红花沟 81 脉近矿蚀变围岩的衬度值为 1.63,在矿体中的衬度值为 0.85。

Zn 从背景区到近矿蚀变围岩和矿体中的变化是复杂的,近矿蚀变围岩和矿体中的含量比背景值高出 2~9 倍不等,但总体上多是近矿蚀变围岩中的含量最高,有时在矿体内最高。

Au 在这个系列中,衬度值急剧增加,特别是由近矿蚀变围岩到矿体中,不同类型金矿的衬度增加规律也不相同。金的衬度值变化如下:水泉矿区近矿蚀变花岗岩中为 22.5,近矿蚀变流纹斑岩中为 15.9,矿体中为 515.9;红花沟 81 脉近矿蚀变围岩中为 1.5,在矿体中为 92.9。

红花沟金矿是石英脉型,安家营子金矿是蚀变岩型,在 2 个矿床中的不同地质体中的 As、Sb、Mn、Zn 含量有差异,甚至相差较大,但各种元素含量在这个系列中演变规律大体相同。可据基岩地球化学异常特征,把 As、Sb、Mn、Zn 分为两组:As、Sb 与 Au 异常形态相似,从背景区到近矿蚀变围岩再到矿体,

显示出正异常,异常衬度升高,但衬度升高程度相差很大,即异常强度和宽度相差较大,As 形成低缓的、宽度较大的异常,Sb 形成明显的、宽度小的异常;Mn、Zn 在近矿蚀变围岩中最高,背景区最低,它们形成环带状异常。

### 3 矿石矿物中的砷、锑、锰、锌和金

近矿蚀变围岩、矿体等都是由矿物组成,分析各种矿物中的微量元素含量,可进一步了解原生晕形成的机制。

本区金矿类型既有石英脉型又有蚀变岩型,但它们的矿体都是含硫化物石英脉,金主要赋存于硫化物中,其中的硫化物又以黄铁矿占 95% 以上。对主要矿石矿物:黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿及剔除硫化物后的近矿绿色蚀变物进行分析,其结果见表 1。因矿体中石英与硫化物紧密共生,薄片中共见石英含许多非常细小的硫化物,极难挑出纯净的石英,分析的结果令人怀疑,故未列入。

据黄铁矿的产状,可粗略地分为团块状——与石英成团块状且碎裂结构明显、细脉状——显示是后期充填状和星点状——呈立方体中细粒星点状均匀分布。以团块状者最为普遍,且是该区金矿的主在载体矿物,由表 1,可见团块状黄铁矿含金量达  $63.2 \times 10^{-6}$ ,这些含金量高的黄铁矿之中的 As 和

Sb 并不是三者中最高,这 3 种黄铁矿的数据显示 As、Sb 不与金品位成正比;但 Zn 含量在团块状黄铁矿中最高。

黄铜矿中 As 含量比团块状黄铁矿中的低,与闪锌矿、方铅矿中的 As 含量相近;金的含量也很高,但比团块状的黄铁矿低;黄铜矿以富 Zn 为特征,比除闪锌矿外其他硫化物矿物中的 Zn 含量高得多。

闪锌矿中的 As、Sb、Au 不太高。但其中锌的含量根本不是其他硫化物所能比的。

方铅矿中锑非常高,高出其他硫化物矿物中的 2 个数量级,是背景区的 3 954 倍,只要岩石或蚀变岩中含有 1/1 000 的这种方铅矿就足以形成相当明显的 Sb 异常。

剔除硫化物后的近矿绿色蚀变物(以绿泥石为主)中 As、Sb 低于区域背景值,而其中的 Mn、Zn 是背景值的 5.0 和 18.7 倍。其中的 Mn 含量远高于各种硫化物,Zn 的含量远高于该区主要载 Au 黄铁矿中的 Zn 含量,正是这个原因造成 Mn、Zn 在近矿蚀变围岩中的含量最高。

总体上看,除闪锌矿富 Zn 外,黄铁矿中以 As 和 Au 高为特征,方铅矿中以 Sb 高为特征、黄铜矿中以 Zn 高为特征、绿泥石为主的近矿绿色蚀变物中以高

Mn 和 Zn 为特征。

#### 4 典型矿区砷、锑、锰、锌和金的垂向变化

As、Sb、Mn、Zn 常作为前缘晕元素,在矿体上应显示出上部高含量、下部低含量的纵向变化规律。表 4 列出典型矿区同一条矿体的各中段矿体及黄铁矿中各种元素含量。较为遗憾的是开采完的坑道已封闭,无法对 81 脉等矿体各中段全面系统采样。据表 4 可知:As、Sb、Mn、Zn 并未显示出可辨认出的上高、下低的纵向演化规律。与其他元素一道,先求算线金属量,后用 C·B·格里格良法计算了矿体的轴向分带系数,这 4 种元素并不在分带系列的前缘元素的位置,它们杂乱地分布于元素分带系列之中<sup>[12]</sup>。

据表 2 还可进行两类矿床的微元素对比及探讨矿体与黄铁矿之间的微量元素的继承关系。

总体上来看,2 种类型的金矿微量元素含量无明显差异。在矿体中,As 在石英脉型略高,Sb、Mn、Zn、Au 在蚀变岩型中高。在黄铁矿中,As 在石英脉型金矿中的含量明显高于蚀变岩型,Sb 和 Zn 在蚀变岩型矿床中的矿体略高,Mn 在黄铁矿中总体含量在检出限上下,两者中金含量相近。

表 2 典型矿区 As、Sb、Mn、Zn、Au 含量的垂向变化

10<sup>-6</sup>

矿区	矿体中段	矿体						黄铁矿					
		样品数	As	Sb	Mn	Zn	Au	样品数	As	Sb	Mn	Zn	Au
红花沟 81 脉	七中	2	7.02	0.42	353	32	0.622	2	40.56	3.26	48	111	69.404
	八中	3	12.32	1.62	159	87	0.823	1	43.84	7.2	47	102	66.416
	总体	5	10.20	1.15	236	65	0.743	3	41.65	4.57	48	108	68.407
安家营子 (蚀变岩型)	一中	4	8.58	2.26	244	214	15.602	3	14.36	7.04	11.7	175	56.407
	二中	2	4.63	2.64	615	143	4.481	2	27.7	6.15	40	272	63.660
	三中	2	6.23	0.82	804	75	0.512	1	17.64	7.10	28	117	82.430
	总体	8	7.01	2.00	477	162	9.049	6	19.35	6.75	24	198	63.162

矿体和黄铁矿中的 As、Sb、Zn 有继承关系,而 Mn 则没有这种关系。

黄铁矿中的 As、Sb、Zn 高于矿体中的含量,矿体和黄铁矿中 As、Sb、Zn 在两种类型金矿中同步升降。

As、Sb、Zn 呈硫化物存在,它们在黄铁矿的高低是决定矿体的相应含量的因素之一,故在黄铁矿中的含量高时,矿体中的含量也会变高。但由于矿体中的微量元素含量不仅取决于硫化物中微量元素含量,而且与矿石中的硫化物含量有关,所以矿体中的 As、Sb、Zn 含量与黄铁矿的 As、Sb、Zn 成正相关,但不是简单的线性关系。

Mn 在金矿床中不呈硫化物产出,一般呈氧化物出现,所以在黄铁矿等硫物矿物中含量很低,接近于

检出限。Mn 的正正常出现只能表明蚀变的强烈程度,与金矿体含金量的高低无直接关系。只有当金矿矿体的含量与蚀变强度成正比时,金才可能与 Mn 的含量成正相关。蚀变岩型金矿蚀变强度及规模大于石英脉型金矿,所以在蚀变岩型金矿矿体中的 Mn 含量高于石英脉型金矿矿体的 Mn 含量。

#### 5 土壤中的砷、锑、锰、锌和金

土壤地球化学找矿方法是一种非常有效的金矿化探方法,土壤异常是在基岩异常的基础上演化而来的。笔者以安家营子金矿为例,研究土壤异常的特征,并探讨各种因素如何影响土壤异常的形成。

土壤地球化学研究剖面选取在安家营子金矿漏风矿矿区(即水泉矿区)第 3 勘探线,一般采样间距

表3 安家营子金矿水泉矿区第3勘探线中As、Sb、Mn、Zn和Au含量

10<sup>-6</sup>

样品号	98	100	101	102	103	104	105	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124	126
点距/m	0	20	10	10	10	10	10	10	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
As	5.16	6.91	7.56	8.40	13.08	13.24	12.72	12.12	11.40	10.80	9.72	9.36	11.95	9.92	12.12	16.49	12.36	13.73
Sb	1.15	1.10	0.72	0.67	0.98	0.67	0.72	1.20	1.20	1.01	0.58	0.72	0.89	0.68	1.01	1.92	1.25	0.79
Mn	290	367	445	445	445	524	553	510	410	346	273	496	517	433	496	470	445	337
Zn	50	55	55	43	55	97	175	132	57	43	43	97	446	86	55	82	152	152
Au	0.032	0.035	0.032	0.315	0.739	2.275	1.519	0.025	0.020	0.020	0.015	0.008	0.009	0.018	0.015	0.012	0.017	0.009

表4 土壤剖面As、Sb、Mn、Zn、Au特征参数 10<sup>-6</sup>

元素	As	Sb	Mn	Zn	Au
整个剖上变化特征	矿体上方未明显异常				矿体上方有明显异常
样点数	18	18	18	17(剔除特高含量)	14(剔除特高含量)
平均值(C <sub>0</sub> )	10.95	0.96	433	84	0.019
均方差(σ)	2.69	0.31	79	42	0.009
变异系数	0.25	0.32	0.18	0.50	0.47
异常下限(C <sub>0</sub> +2σ)	16.33	1.58	591	168	0.37
异常下限(C <sub>0</sub> +σ)	13.64	1.27	512	126	0.028

20 m, 矿体上方加密到 10 m, 采样线总长度 300 m, 远远超过矿体宽度及构造破碎蚀变带宽度之和, 进入到无矿的、未蚀变的围岩区。土壤为残坡积物, 过 80 目筛去除砾石、植物碎片等, 后晾干、测试。原子吸收法测试结果见表3。据表3可知: 除Au在101~106样号之间约50 m长度范围内表现出明显的正异常外, As、Sb、Mn、Zn并未见明显异常。

据表3计算出各元素在该长剖面中的平均含量(C<sub>0</sub>)、方差(σ)、变异系数、异常下限等(表4)。按一般的异常下限计算方法(C<sub>0</sub>+2σ), As、Sb、Mn、Zn在矿体上方无异常显示, 而Au在矿体上方显示出极为明显的正异常。即使用平均值加一倍的均方差作为异常下限值时, As、Sb、Mn在矿体上方及附近仍未显出正异常, 只是Zn在矿体上方显出极微弱的、宽度明显小于金异常的正异常。

因此, As、Sb、Mn、Zn对金矿找矿的指示意义不明显, 在本区土壤地球化学找矿过程中, 不宜作为金矿找矿的指示元素, 至少在大比例尺土壤地球化学找矿中指示意义不佳。

该研究中的土壤为残坡积物, 是该剖面附近的基岩、矿体等风化、搬运、堆积而成。与基岩中背景值相比, 土壤中As、Sb、Mn、Zn和Au明显富集, 富集系数分别为3.24、6.86、1.56、1.56、2.38, 其中尤以As、Sb、Au富集更为明显。

土壤中的As、Sb的含量不仅高于背景区的基岩含量, 而且高于近矿蚀变围岩, 与矿体中的含量相近。土壤中Mn的含量高于背景区的基岩及矿石中含量, 与近矿强烈蚀变岩中的含量相近。

土壤中的Zn含量变化复杂: 去除一个特高含量外, 用平均值加1倍均方差为异常下限在矿体上方出现极微弱的正异常; 在这条土壤剖面上可见1组9个与背景值相近、质量分数为(43~57)×10<sup>-6</sup>的含量点, 若以之计算出异常下限(C<sub>0</sub>+2σ)为57×10<sup>-6</sup>, 则会出现多个非矿异常, 结合其中一个特高含量, 推测这是由于其中的闪锌矿分布不均匀造成的; 由表1中后期脉岩花岗细晶岩中的Zn含量高出背景值59%, 也是造成非矿异常的原因之一。

As、Sb、Mn在硫化物矿物中的含量不高, 硫化物的分布不均匀, 尚不会引起它们的含量上大的起伏, 而闪锌矿中的Zn含量远不是硫化物中As、Sb、Mn含量所能比的, 故闪锌矿小幅度的分布不均匀会引起Zn含量较大幅度的变化。

## 6 讨论

各种矿物中微量元素的含量及地质体的矿物组成, 决定了该地质体的微量元素含量及分布。基于前述各种介质中的As、Sb、Zn和Mn的特征, 从矿物的微量元素研究入手, 可透彻了解地球化学异常形成的根源。

各种矿物中的微量元素含量、黄铁矿与矿体中微量元素的继承关系等与矿物的晶体化学学习性紧密相关。As、Sb常以硫化物和复硫化物矿物出现, 所以这2种元素主要富集于矿体中; 而Mn的主要矿物形式是氧化物, 因此它在矿体、硫化物矿物中的含量很低, 而在近矿蚀变围岩中较为富集; Zn在矿体中呈闪锌矿出现, 故在矿体中的含量比背景值高, 而锌在近矿蚀变围岩和剔除硫化物的绿色蚀变物中含量很高的事实, 可能暗示着有一部分锌是呈氧化物矿物形式存在, 这或许是锌的基岩地化异常复杂的原因。另外, 矿物的类质同象习性决定了方铅矿中富Sb、黄铜矿中富Zn<sup>[13]</sup>。

据以上各种矿物、岩石、矿体中的元素含量特征等, 可总结出各元素的基岩地球化学异常特征: ①Mn出现环带状异常: 在各种硫化物中的含量极低, 其背景值不高, 而在近矿绿色蚀变物中最高, 因此Mn从背景区到近矿蚀变岩、再到矿体中, 必然会形

成环带状的异常;②Zn 的异常特征总的看来类似 Mn 异常,也会出现环带状异常,但由于矿体的围岩不同,异常形态会有所改变;③Sb 出现窄而高的异常:由于锑在背景区和近矿绿色蚀变岩中含量极低,而到矿体中含量很高,特别是其中若有方铅矿时,则会在矿体处形成极为明显的 Sb 正异常,但其异常宽度仅与矿体的宽度相同;④As 出现宽而缓的异常:在各种硫化物中的含量比背景区和近矿绿色蚀变岩中都高,因此 As 的异常必然是逐渐升高的正异常,由于硫化物中 As 含量高背景值不太多(如 Sb 和 Au),故 As 异常不会太明显,因而其异常的特征是低缓的比矿体宽度大的异常;⑤Au 异常特征与矿床类型有关:在石英脉型金矿中形成窄而特别高的异常,由于背景区和近矿蚀变围岩区的金都不高,但到矿体中金含量是背景区的几十到数百倍,因此 Au 异常与 Sb 异常相似,形成窄而明显的异常,但其异常的衬度大于 Sb 异常衬度;在蚀变岩型金矿中因近矿蚀变物中含金量也很高,因此可形成特别宽而高的异常。

基岩(包括背景区岩石、近矿蚀变围岩、矿体等)风化变成土壤时,组成基岩中的矿物发生变化,造岩矿物将主要变成黏土,硫化物矿物将氧化成相应的氧化物或含盐类矿物,各种微量元素将重新分配,由原来基岩中主要受矿物的晶体化学习性控制,变到土壤中受晶体化学、黏土吸附、有机物化学反应等多种因素的影响。Au 在这一过程中相态发生明显变化,原来在矿体中 95% 为自然金相,而变成土壤后,土壤中有机物相、铁锰氧化物相、水溶相等相态总的 Au 含量已超过了自然金相的 Au 含量<sup>[9]</sup>;土壤中的 As、Sb 含量不仅远高于区域背景值,比近矿蚀变围岩中相应的含量还高出 2~3 倍,与矿体中的含量相近,在矿体上方土壤中不出现可辨认的异常;土壤中的 Mn 与基岩中 Mn 最高者——近矿蚀变岩的含量相近、高于基岩背景区和矿体中的相应含量;土壤中 Zn 含量变化复杂,受到基岩中矿体、闪锌矿分布的均匀程度、后期小脉岩等诸多因素的影响,且 Zn 的矿致异常衬度不高,又受其他非矿致的、可形成高衬度异常的因素影响,因此 Zn 在土壤及基岩地化找矿中的意义将大大降低。

土壤中 As、Sb、Mn 含量高于背景值,一般可以理解为受到矿化、蚀变的影响;但土壤中的这 3 种元素含量与基岩中最高含量相近,就必须考虑这 3 种元素在土壤形成过程中存在着吸附等物理化学作用促使它们富集。在地表环境中,As、Sb、Mn 比 W、Sn、Mo 等活泼,故很快从基岩中活化出来,由于黏土

矿物及有机质的作用而使它们在土壤中富集,它们强烈富集到与基岩中最高值相近的程度,掩盖了基岩中矿化及蚀变引起的异常,因此大大地降低这 3 种元素在金矿找矿中的意义。

总之,在土壤中 As、Sb、Mn 强烈富集,其中的含量与基岩中最高含量相近,使之对金矿指示意义明显下降,甚至也不能指示蚀变带的存在;土壤中的 Zn 受基岩影响大,因其矿致异常低,其他非矿致异常高,对金矿体的指示意义不明显。

## 7 结论

经过对赤峰地区金矿不同介质中的 As、Sb、Mn、Zn 特征的对比研究,剖析了它们在基岩及土壤中形成地化异常的机制,可得出以下基本结论。

(1) 本区金矿原生晕特征:As 异常特点是宽而缓,宽度为矿体加蚀变带的宽度,但衬度低;Sb 异常特征是窄而高,宽度仅与矿体相近,但衬度高;Mn 和 Zn 异常的特征是环带状,其含量在矿体和背景区岩石中低,而在近矿蚀变岩区最高。As、Sb、Mn、Zn 在矿体的纵向上无明显的分带性。

(2) 本区金矿中方铅矿的 Sb 含量特别高,远高于该区金矿床中其他硫化物相应的 Sb 含量。

(3) 在本区残坡积物组成的土壤中 As、Sb、Mn、Zn 明显富集,显著高于基岩中相对应的含量。但基岩、蚀变围岩及矿体上方的残坡积物中这些元素含量趋于均匀化,大大地降低了这些元素对金矿的指示意义。

此外,据近矿蚀变围岩及剔除硫化物的近矿绿色蚀变物中 Zn 含量特征,推测金矿床基岩中的 Zn 有 2 种主要的存在形式:在矿体中呈闪锌矿形式,而在近矿蚀变物中还有氧化态矿物形式。正是这种原因使 Zn 与 As、Sb 的异常不同、而与 Mn 的异常相似。

## 参考文献:

- [1] 刘崇民,马生明,胡树起,等. 火山热液型铅锌矿床岩石地球化学特征及预测指标[J]. 物探与化探,2008(2):154.
- [2] 朴寿成,张博文,师磊,等. 辽宁小塔子沟金矿床矿脉地球化学特征及找矿标志[J]. 物探与化探,2007,31(2):120.
- [3] Prendergast K. Application of litho geochemistry to gold exploration in the St. Ives gold field, Western Australia[J]. Geochemistry-Exploration, Environment, Analysis,2007,7(2):99.
- [4] 李惠. 石英脉和蚀变岩型金矿床地球化学异常模式[M]. 北京:科学出版社,1991.
- [5] Cameron E M, Hamilton S M, Leybourne H, et al. Finding deeply buried deposits using geochemistry[J]. Geochemistry-Exploration, Environment, Analysis,2004,4(1):7.

- [6] Garrett R G, Lalor G C, Vutchkov M. Geochemical exploration for gold in Jamaica; a comparison of stream sediment and soil surveys [J]. *Geochemistry-Exploration, Environment, Analysis*, 2004, 4 (2):161.
- [7] Wang Xueqiu, Wen Xueqin, Rong Ye, et al. Vertical variations and dispersion of elements in arid desert regolith: a case study from the Jinwozi gold deposit, northwestern China [J]. *Geochemistry-Exploration, Environment, Analysis*, 2007, 7(2):163.
- [8] Yilmaz H. Geochemical exploration for gold in western Turkey: success and failure [J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 2003, 80(1):117.
- [9] 胡宝群. 内蒙赤峰安家营子金矿微量元素特征 [J]. *矿产与地质*, 1997, 11(1):53.
- [10] 胡宝群. 安家营子金矿土壤地球化学的试验研究 [J]. *矿产地质*, 1998, 12(1):55.
- [11] 胡宝群, 白丽红. 内蒙古赤峰地区金矿床中铋的特征 [J]. *物探与化探*, 2000, 24(3):208.
- [12] 胡宝群. 内蒙古赤峰地区金矿床地质地球化学特征及找矿标志 [D]. 武汉: 中国地质大学, 1993.
- [13] 潘兆橹. 结晶学及矿物学 [M]. 北京: 地质出版社, 1984.

## CHARACTERISTICS OF As, Sb, Mn AND Zn IN GOLD DEPOSITS OF CHIFENG DISTRICT, INNER MONGOLIA

HU Bao-qun, BAI Li-hong, LI Man-gen, MENG Xia-yun

(Department of Earth Sciences, East China Institute of Technology, Fuzhou 344000, China)

**Abstract:** This paper has studied As, Sb, Mn and Zn characteristics of different rocks and minerals as well as soils in gold deposits of Chifeng area and briefly discussed the formation processes of their anomalies. It is shown that the primary anomalies of As are low and wide, those of Sb are narrow and high, and those of Mn and Zn assume the zoned form. All these four elements do not show obvious vertical zonation, and the Sb content is far richer in galena than in other sulfide minerals. It is also discovered that these elements are richer in soils than in rocks, but they tend to be uniform in soils above the rock, altered rocks and ores, which obviously decreases their indication significance for gold deposits in this area.

**Key words:** gold deposit; geochemical exploration; front elements; Chifeng in Inner Mongolia

作者简介: 胡宝群(1965 - ), 男, 教授, 博士, 岩矿地球化学专业。