

高寒草甸区东部地表疏松层中金、砷、锑的存在形式

杨少平, 孔牧, 赵传冬

(中国地质科学院 地球物理地球化学勘查研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要: 高寒草甸区主要分布在青海省南部和四川省西北部地区, 其东部主要为中浅切割山区, 地表疏松层主要由残坡积土和水系沉积物组成。金矿化主要指示元素 Au、As、Sb 的存在形式以比较稳定的相态(硫化物及稳定的结晶质铁氧化物态和硅酸盐残渣态)为主外, 有机结合态占有比较重要的地位。表明在高寒、低山—丘陵的景观条件下, 生物地球化学作用是 Au、As、Sb 迁移、富集的重要因素之一。

关键词: 高寒草甸区; 地表疏松层; Au、As、Sb; 存在形式

中图分类号: P632 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2004)03-0233-04

高寒草甸区是我国特有的景观区, 是广义的高寒山区的次级景观区, 主要分布在青海省南部的玉树、果洛和四川省西北部的甘孜、阿坝地区, 面积约 20 万 km²。其突出特点是相对高原腹地海拔较低, 草甸植被发育, 地形起伏较小, 第四系覆盖较为广泛。研究区位于高寒草甸区东部的青海省班玛县达卡乡, 该区一直是青海省地质找矿工作的困难地区。

地表覆盖层中元素存在形式研究是覆盖区地球化学勘查中非常重要的基础性工作, 对高寒草甸区亦如此。此项研究将对该区的地球化学找矿具有重要的指导作用。任天祥等在青海省玉树地区开展的研究中发现, 在硅酸盐介质区 Cu 的主要淀积形式是结合氧化铜态; 在碳酸盐介质区, Cu 多呈自由氧化铜形式沉淀^[1]。李洪祥在四川甘孜地区 2 个多金属矿区和 1 个钨矿区进行了冷提取 Cu 的试验研究, 初步探讨了高寒草甸区地表疏松物中化学风化的强度变化特征^[2]。刘大文等在四川省西北部若尔盖草原上进行过金属元素活动态提取法的研究, 获得了该区一些元素活动态的背景值等基础性资料^[3]。

1 研究区矿化特征

扎陇金矿点是研究区内最重要的一个原生金矿化产地, 矿区共发现金矿(化)体 6 条。矿(化)体含金在 $(2.3 \sim 37.8) \times 10^{-6}$, 宽数十厘米至数米, 延长只有几米至十几米。金矿化体的分布与石英闪长玢

岩脉密切相关, 随岩脉的尖灭而尖灭; 同时脉岩的破碎程度、蚀变强度也与矿化体的含金量呈正相关关系。与金矿化作用密切相关的蚀变为黄铁矿化和硅化^①, 在地表表现为褐铁矿化。金矿化的主要伴生元素为 As、Sb。另外, 在研究区内还有陇亚及年萨弄金矿点, 其金矿化特征与扎陇类似。区内还有一个小型砂金矿床, 产在扎陇、陇亚、年萨弄金矿点下游的夏曲河中。

2 地表疏松层中元素的存在形式

研究区内, 地表疏松层主要由土壤和水系沉积物组成。因此, 主要研究了土壤残坡积层和水系沉积物中 Au、As、Sb 的存在形式。

按照周丽沂研制的方法^②, 3 元素循序提取了 5 种存在形式, 依次为: 水溶及碳酸盐结合态、有机结合态、非晶质铁氧化物结合态、硫化物及稳定的结晶质铁氧化物结合态和硅酸盐残渣态。

为了方便各个元素之间的对比, 对 3 元素均进行了偏提取率转换, 偏提取率 = $w_{\text{偏量}}/w_{\text{全量}} \times 100$ 。

2.1 金

研究区 Au 的偏提取率平均值列于表 1 中, 从中可见如下规律。

(1) 不管是基岩、土壤, 还是水系沉积物, 其中的 Au 均以硅酸盐残渣态为主; 其次为硫化物及稳定的结晶质铁氧化物结合态。两者的偏提取率加

① 赵双喜, 宋金波, 陈建洲. 青海省班玛县达卡岩金普查报告, 1997.

② 周丽沂. 应用于勘查地球化学某些痕量超痕量快速灵敏度分析方法和技术的研究, 1990.

收稿日期: 2003-11-26

基金项目: 原地矿部定向项目“青海省高寒草甸区化探异常查证方法研究”(地科定 98-18)

起来占到 80% 以上。

(2) 在异常区水系沉积物中,从粗粒(- 5 ~ + 20 目)→中粒(- 20 ~ + 60 目)→细粒(- 60 目),水溶及碳酸盐结合态、非晶质铁氧化物结合态和硅酸盐残渣态的 Au 偏提取率呈现不断下降的趋势;有机结合态的偏提取率最高值出现在中粒级段;硫化物及稳定的结晶质铁氧化物结合态的偏提取率最高值出现在细粒级段。

(3) 背景地区, Au 偏提取率的分布模式完全改变,硅酸盐残渣态的极大值出现在中粒级段;而其他相态则在这一粒级段出现极小值。

(4) 在矿化地段,从基岩→残积层→坡积层→草皮层,水溶及碳酸盐结合态、有机结合态、非晶质铁氧化物结合态中的 Au 具有十分相似的分布模式;基本上是在残积层中出现偏提取率的最大值;硫

化物及稳定的结晶质铁氧化物结合态的分布模式虽然与前者不同,但富集层位依然是残积层;只有硅酸盐残渣态在残积层中的偏提取率最低。

(5) 在非矿地段, Au 偏提取率的分布有所不同。从基岩→残积层→坡积层→草皮层,只有非晶质铁氧化物结合态的分布模式发生了改变,呈不对称的“V”字型分布,最小值位于坡积层中;其他相态的分布模式与前者基本上相似。

以上表明,在研究区地表疏松层内,比较稳定状态的 Au 占有十分重要的地位,是物理风化占优势地位的体现;有机结合态高比例出现的粒级段与砂金的主要粒级基本吻合,这是砂金有机成因的有力证据;残积层是最活跃的表生地球化学作用的载体, Au 的表生变化在这个层位中最活跃, Au 的化学风化作用具有较大的强度。

表 1 达卡研究区不同介质 Au 偏提取率一览

%

水系沉积物	区 段		异 常 区					背 景 区				
	相态编号		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	粗粒	样品数	6					4				
		平均值	2.2312	6.7640	1.2093	9.37486	80.4206	2.8568	6.022	1.3156	7.88454	81.9211
	中粒	样品数	6					4				
		平均值	1.6603	8.5551	0.5493	9.14843	80.0869	2.3016	5.4598	0.9984	6.9948	84.2455
	细粒	样品数	5					4				
平均值		1.6031	6.4947	0.4286	17.2363	74.2373	3.43	8.3792	2.6162	16.1561	69.4185	
土 壤	区 段		矿 化 地 段					非 矿 化 地 段				
	相态编号		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	基 岩	样品数	3					7				
		平均值	0.317	7.7627	0.1713	16.1996	75.5493	2.3163	9.6087	1.3446	12.8769	73.8535
	残积层	样品数	3					5				
		平均值	5.5626	11.0174	0.5138	41.2646	41.6417	4.9394	13.8564	1.2262	19.0505	60.9275
	坡积层	样品数	2					2				
		平均值	1.6319	8.5003	0.3461	28.6528	60.8689	0.2373	8.2961	0.1745	20.7835	70.5087
	草皮层	样品数	3					7				
平均值		2.2236	10.0286	0.8568	17.8977	68.9933	2.0209	8.85041	1.171	15.8406	72.1171	

注:相态编号:1—水溶及碳酸盐结合态;2—有机结合态;3—非晶质铁氧化物结合态;4—硫化物及稳定的结晶质铁氧化物结合态;5—硅酸盐残渣态。表 2、表 3 同。

2.2 砷

研究区 As 的偏提取率平均值示于表 2 中,从中可见如下规律。

(1) 不管是基岩、土壤,还是水系沉积物,其中的 As 均以硅酸盐残渣态为主;其次为硫化物及稳定的结晶质铁氧化物结合态。两者的偏提取率加起来占到 75% 以上。这一点与 Au 十分类似。

(2) 在异常区水系沉积物中,从粗粒(- 5 ~ + 20 目)→中粒(- 20 ~ + 60 目)→细粒(- 60 目),有机结合态、非晶质铁氧化物结合态和硫化物及稳定的结晶质铁氧化物结合态 As 的偏提取率呈现不断上升的趋势,最高值出现在细粒级段;硅酸盐残渣

态 As 的偏提取率则呈现正好相反的分布态势,最高值出现在粗粒级段;水溶及碳酸盐结合态 As 的偏提取率最低值出现在中粒级段,最高值出现在粗粒级段。

(3) 进入背景地区以后,水系沉积物中水溶及碳酸盐结合态、有机结合态和非晶质铁氧化物结合态 As 偏提取率基本维持着异常区的分布模式;硫化物及稳定的结晶质铁氧化物结合态和硅酸盐残渣态 As 偏提取率在各粒级间差别不很大,前者在中粒级段略低,而后者在这一粒级段略高。

(4) 在矿化地段,从基岩→残积层→坡积层→草皮层,水溶及碳酸盐结合态、有机结合态、硫化物

及稳定的结晶质铁氧化物结合态 As 偏提取率均呈不对称的“V”字形分布,基本上在坡积层中出现最小值,有机结合态的最大值出现在草皮层中,其他两个相态的最大值则出现在基岩中;硅酸盐残渣态的分布模式则与它们相反,在坡积层出现极大值。

(5)在非矿地段,有机结合态最大值出现在基岩中,其值达到 19.437 5%,是各土壤层的 2~3 倍,其原因尚不清楚。其它 4 种相态 As 偏提取率的分布基本上继承了矿化地段的模式。

以上表明,在研究区地表疏松层内,比较稳定状态的 As 占有十分重要的地位,达到 70% 以上;在岩石风化过程中,70% 以上的 As 没有被释放出来。草皮层中有机结合态 As 的明显增加,是生物地球化学

作用影响 As 在表生条件下活动性的直接证据。

2.3 锑

研究区不同相态 Sb 偏提取率平均值列于表 3 中,从中可见以下特点。

(1)在水系沉积物中,不管是异常区还是背景区,从粗粒(−5~+20 目)→中粒(−20~+60 目)→细粒(−60 目),有机结合态 Sb 都占有十分重要的地位,偏提取率高达 31.317 1%~46.748 7%;并具有相似的分布模式,在中粒级段出现最高值。

(2)水系沉积物中水溶及碳酸盐结合态和硫化物及稳定的结晶质铁氧化物结合态 Sb 在不同粒级中具有相似的分布模式,均在中粒级段出现最小值。同时,异常区和背景区内,硫化物及稳定的结晶质铁

表 2 达卡研究区不同介质 As 偏提取率一览 %

	区 段		异 常 区					背 景 区				
	相态编号		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
水 系 沉 积 物	粗粒	样品数	6					4				
		平均值	0.77129	9.4027	2.6414	10.3861	76.7985	1.0668	13.2408	2.0478	14.57	69.0746
	中粒	样品数	6					4				
		平均值	0.5045	12.1934	2.756	11.8213	72.7248	0.7233	14.6473	2.1067	12.2419	70.2807
	细粒	样品数	5					4				
		平均值	0.5879	13.1139	3.0821	13.3077	69.9083	1.0195	15.3956	2.9148	17.2075	63.4626
土 壤	区 段		矿 化 地 段					非 矿 化 地 段				
	相态编号		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	基 岩	样品数	3					7				
		平均值	0.85893	14.2378	6.2369	38.5323	40.1341	0.88056	19.4375	6.03106	17.5915	56.0594
	残积层	样品数	3					5				
		平均值	0.1339	9.26514	3.4934	33.6619	53.4456	0.1055	8.35401	2.1218	12.4201	76.9985
	坡积层	样品数	2					2				
		平均值	0.1337	8.68391	4.9192	19.7378	66.5254	0.1356	7.1615	2.9752	19.7945	69.9332
	草皮层	样品数	3					7				
		平均值	0.2347	16.2292	2.9214	24.8503	55.7644	0.2557	5.4401	2.7788	24.0114	67.514

表 3 达卡研究区不同介质 Sb 偏提取率一览 %

	区 段		异 常 区					背 景 区				
	相态编号		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
水 系 沉 积 物	粗粒	样品数	6					4				
		平均值	2.4586	31.3171	4.8369	23.3173	38.0701	3.4563	44.1121	6.0726	21.3203	25.0387
	中粒	样品数	6					4				
		平均值	2.2773	44.1673	4.4332	21.7295	27.3927	3.1443	46.7487	4.7706	20.1915	25.1448
	细粒	样品数	5					4				
		平均值	2.6384	40.8221	3.9681	24.0848	28.4865	3.3307	41.0279	5.0048	23.1826	27.454
土 壤	区 段		矿 化 地 段					非 矿 化 地 段				
	相态编号		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	基岩	样品数	3					7				
		平均值	1.2608	20.3242	4.7833	27.3099	46.3219	2.6726	27.7473	6.1679	23.2752	40.1371
	残积层	样品数	3					5				
		平均值	0.8295	22.4102	6.3215	31.4118	39.027	2.9177	35.186	5.9084	21.6149	34.373
	坡积层	样品数	2					2				
		平均值	2.0832	31.9442	8.371	20.5419	37.0597	1.4376	31.5841	4.6124	26.4267	35.9393
	草皮层	样品数	3					7				
		平均值	2.7085	23.7787	6.3387	24.5956	42.5785	3.3528	30.0253	5.726	23.6313	37.2646

氧化物结合态 Sb 偏提取率相当;但异常区水溶及碳酸盐结合态 Sb 偏提取率比前者低 1/3 左右。

(3)在基岩与土壤系统中,不管是矿化地段还是非矿地段,硅酸盐残渣态成为最主要的 Sb 相态,其偏提取率高达 34.373% ~ 46.321 9%;其次为有机结合态和硫化物及稳定的结晶质铁氧化物结合态,偏提取率均达到 20% ~ 30% 强。

(4)矿化地段有机结合态 Sb 偏提取率水平略低于非矿地段的水平;非晶质铁氧化物结合态和硫化物及稳定的结晶质铁氧化物结合态 Sb 偏提取率水平略高于非矿地段的水平。

以上表明,在研究区地表疏松层内,存在着促使 Sb 变得较为活跃的表生地球化学环境,尤其是土壤和岩石碎屑自山坡被冲刷到河道中以后,约 1/3 的稳定状态的 Sb 转入到有机结合态中,从而显示出生物地球化学作用在研究区 Sb 的表生迁移、富集中占有十分重要的地位。

3 初步结论

在高寒草甸区东部,Au、As、Sb 的存在形式以硫化物及稳定的结晶质铁氧化物态和硅酸盐残渣态为主,是研究区内物理风化作用占优势的反映。同时,

有机结合态也占有比较重要的地位;尤其是其有机结合态 Sb 比率高达 20% 以上,进入水系以后,更高达 40% 以上;在高寒低山—丘陵区,生物地球化学活动在金矿化主要指示元素 Au、As、Sb 表生迁移、富集过程中起着重要作用,尤其是对 Sb,更是起着举足轻重的作用。因此,有机结合态 Au、As、Sb 有可能在此景观区的地球化学勘查中发挥重要的作用。

地科院地球物理地球化学勘查研究所中心试验室提供样品分析测试结果,青海省地勘局提供了研究区地质矿产资料,在此一并致谢。

参考文献:

- [1] 任天祥,李明喜,徐耀先,等.高寒山区表生作用地球化学特征及区域化探方法的初步研究[J].地质论评,1983,29(5).
- [2] 李洪祥.四川甘孜地区丘状高原表生地球化学若干特点[J].物探与化探,1985,9(1).
- [3] 刘大文,王学求,程志中,等.金属活动态与地球气测量技术在高寒草甸区的试验研究[A].谢学锦,邵跃,王学求,走向 21 世纪矿产勘查地球化学[C].北京:地质出版社,1999. 246 - 256.
- [4] 王越.中国市县手册[M].杭州:浙江教育出版社,1987.

MODES OF OCCURRENCE OF Au, As and Sb IN THE UNCONSOLIDATED OVERBURDEN ON THE EASTERN PART OF THE COLD GRASSY HIGHLAND

YANG Shao-ping, KONG Mu, ZHAO Chuan-dong

(Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000, China)

Abstract: Spread in Yushu and Guolou areas in southern Qinghai Province and Ganzi and Aba areas in western Sichuan Province is mainly the cold highland covered with grass, called the cold grassy highland. To the east of these areas is shallowly-moderately dissected mountains. The unconsolidated overburden is composed of residual soil, cinosol and stream sediments. The modes of occurrence of the major indicator elements for gold mineralization, namely Au, As and Sb, occur mainly in such stable forms as sulfides, crystalline iron oxides and silicate residues, and subordinately as organically bound metals. It is held that, under the conditions of low temperature, cold grassy highland and low mountains or hills, the migration and enrichment of Au, As and Sb are mainly attributed to biogeochemical activities.

Key words: cold grassy highland; unconsolidated overburden; modes of occurrence of Au, As and Sb

作者简介: 杨少平(1953 -),男,1978年毕业于北京大学,教授级高工,长期从事不同地质地理景观区勘查地球化学基础理论和方法技术研究工作。