

# 森林沼泽区矿产资源地球化学勘查

金浚, 丁汝福, 陈伟民

(北京矿产地质研究所, 北京 100012)

摘要: 通过景观调查和中大比例尺化探方法试验, 对我国东北森林沼泽区景观地球化学特征、元素存在形式、迁移富集机制、影响因素、采样介质、采样粒度、采样方法等理论和方法技术问题进行研究, 提出该类地区元素表生分散富集的某些地球化学规律和中大比例尺化探工作方法。

关键词: 森林沼泽景观; 元素存在形式; 迁移富集机制; 化探工作方法

中图分类号: P632 文献标识码: A 文章编号: 1000-8918(2003)06-0431-04

森林沼泽是我国东北北部一种重要的自然景观, 分布面积约70万 km<sup>2</sup>。这些地区有得尔布干、大兴安岭、小兴安岭、老爷岭等重要成矿带通过, 成矿条件优越, 找矿潜力巨大。由于森林覆盖, 景观条件特殊, 地质工作程度低, 矿产资源勘查多年没有取得重大进展。矿产资源地球化学勘查一些重要的认识问题和方法技术问题一直没有得到切实解决, 对找矿效果产生严重影响。作者根据试验研究中取得的一些实际资料, 对其中某些问题进行探讨。

## 1 景观特征

我国东北北部寒温带湿润区的森林沼泽景观具有两大特点: 一是气候严寒, 存在连续多年冻土, 地表风化作用以物理风化为主, 以石海、石流坡、岩块、岩屑、水系碎屑沉积物为代表的碎屑介质系列发育, 物质以岩石矿物碎屑形式迁移, 形成碎屑异常; 二是地表水发育, 植被茂密, 各类采样介质富含有机质, 形成以粘土、腐殖土、软泥、水系泥炭沉积物为代表的表生介质系列, 元素以活动态形式迁移, 形成生物

成因异常和水成异常。

## 2 元素存在形式

得尔布尔铅锌矿和莫尔道嘎金矿试验区各类采样介质相态分析结果表明, 成矿元素及相关元素在介质中的主要存在形式有两类: ①以硫化物相、氧化物相、硅酸盐结合相<sup>[1]</sup>等形式存在的矿物相形式; ②以粘土吸附相、铁锰氢氧化物吸附相、有机络合物相等形式存在的元素活动态形式<sup>[2]</sup>。迁移分散过程中由于介质成分和物理化学条件变化, 元素存在形式和含量也会发生一定变化。

靠近矿体的上游水系沉积物中 Pb、Zn 主要以氧化物相、硅酸盐结合相为主, 硫化物相、粘土吸附相也占有一定比例(表1); Ag 以硫化物相和有机络合物相形式存在, 当介质中 Fe-Mn 元素含量较高时, Fe-Mn 氢氧化物吸附相将占有较大比例; 金在水系沉积物中主要以复合相金(裸露-半裸露自然 Au、碳酸盐包裹 Au、金属硫化物包裹 Au、褐铁矿包裹 Au、黄铁矿包裹 Au)、自然金、硅酸盐包裹金形式出

表1 得尔布尔铅锌矿水系沉积物异常样品铅锌银元素的相分析结果

元素	点号	采样部位	粒度目	全量	硫化物相	氧化物相	银盐相	结合相	有机络合物相	粘土吸附相	Fe-Mn 吸附相	相和	有机碳
Ag	47493	近矿	-4 ~ +20	1	0.63		0.1	0.12	0.39	0.02	0.02	1.26	1.03
	48492	下游		0.63	0.48		0.1	0.11	0.06	0.02	0.02	0.74	1.24
	47473	上游		1.5	0.26		0.1	0.11	0.23	0.05	0.61	1.4	
Pb	47493	近矿	-4 ~ +20	1240	108	771		144	10	50		1083	1.03
	47473	近矿		660	66	187		156	35	202		646	
	48492	下游		540	60	272		125	10	31		498	1.24
Zn	47493	近矿	-4 ~ +20	1200	66	399		451	61	77		1054	1.03
	48492	下游		641	26	186		358	5	50		625	1.24

注:  $\mu(\text{Pb, Zn, Ag})/10^{-6}$   $\mu(\text{有机碳})/\%$ ; 分析单位: 有色金属西北矿产地质测试中心。

表 2 矿化异常区水系沉积物异常样品金相分析结果

测区	点号	采样部位	粒度/目	全量	复合相	自然金	硅酸盐包裹金	有机络合物金	粘土吸附金	相和	有机碳
得尔布尔	48492	下游	-4 ~ +20	114	71		41	1.7	0.7	114.4	1.24
	45501	下游	-40	1900	1730		160	9.2	4.6	1904	2.74
莫尔道嘎	48863	下游	-20 ~ +60	57		44	11	1.3	1	57.3	

注  $\mu(\text{Au})/10^{-9}$   $\mu(\text{有机碳})\%$  ;分析单位 :有色金属西北矿产地质测试中心。

现 活动态金在水系沉积物样品金元素的总量中只占较小比例(表 2)。

水系泥炭沉积物中金属元素的存在形式比较复杂。Pb、Zn 在硅酸盐结合相、氧化物相中占有较大比例 粘土吸附相含量有较大幅度增加(有些样品中超过硅酸盐结合相和氧化物相含量),有机络合物相含量与硫化物相也占有一定比例;部分样品中 Ag 的硫化物相占有较大比例,Fe-Mn 吸附相和有机络合物相等元素活动态形式含量也较高。这些数据表明水系泥炭沉积物所携带的地球化学信息包含较多表生地球化学信息。水系泥炭沉积物中复合相金、硅酸盐包裹金等原生状态下形成的稳定形式在金总量中占有重要地位(分别 56.62% ~ 98.6% 和 1.06% ~ 38.55%),而活动态金占有份额较少。含

金矿物微粒或载体矿物微粒是金在泥炭沉积物中的重要形式,有机质络合的活动态金不占主导地位。

沟谷坡积物保留了硫化物、氧化物、硅酸盐结合相等矿物相形式,同时粘土吸附相、Fe-Mn 氢氧化物吸附相、有机络合物相等元素活动态形式的比例有较大幅度增加。

矿化地段残坡积层中 Pb、Zn、Au 等主要成矿元素基本保留了元素在矿体中的存在形式,Pb、Zn 为硫化物相、氧化物相、硅酸盐结合相,Au 为复合相在元素总量中占有较大比例,Ag 则主要以 Fe-Mn 吸附相、硫化物相形式出现。

综合成矿元素在成矿空间不同部位、不同采样介质、元素不同相态含量变化,归纳出次生分散过程中元素存在形式演化规律(图 1)<sup>[3]</sup>。

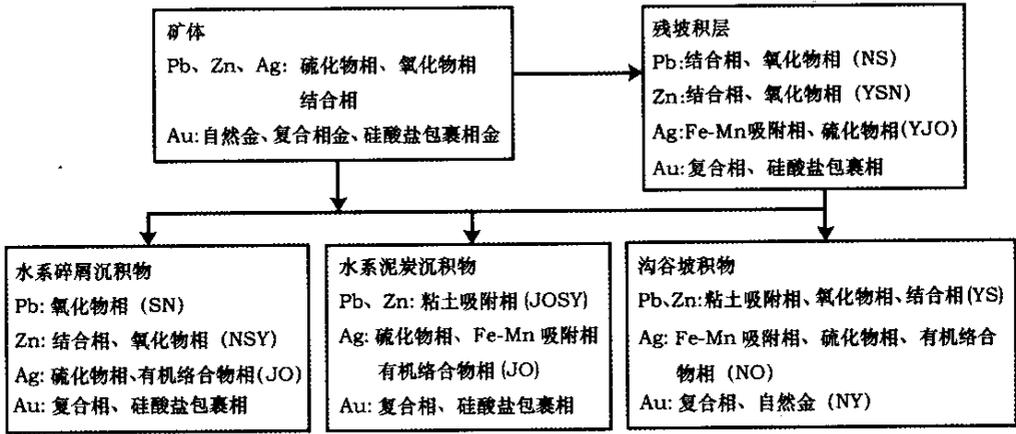


图 1 元素迁移分散过程中存在形式演化

S - 硫化物相 ;O - 氧化物相 ;J - 硅酸盐结合相 ;N - 粘土吸附相 ;Y - 有机络合相

### 3 元素迁移富集机制

#### 3.1 残坡积层元素分散富集

森林沼泽区残积景观条件下,背景地段和矿化地段残坡积物中元素显示出不同的分散模式。背景地段残积层、腐殖层物质组分与下部基岩相比,多数元素趋于富集,这与土壤富含吸附能力强的有机质、Fe-Mn 氢氧化物和粘土矿物有关。总体上 Ag、As、Sb、Hg、Cu、Mo 等元素富集于腐殖层,其元素含量变化趋势为:腐殖层 > 残积层 > 基岩;Pb、Zn、Co、Ni、Au (Ag) 等元素富集于残积层,其元素含量变化趋势为:残积层 > 腐殖层 > 基岩。富集系数 Pb 为 1.2 ~ 1.9;

Zn 为 1.1 ~ 1.6 ;Ag 为 1.3 ~ 4.2 ;Au 为 1.1 ~ 5.3 ;As 为 1.51 ~ 1.58 ;Co 为 1.28 ~ 1.56 ;Ni 为 1.18 ~ 1.9。不同基岩分布区元素分散、富集的趋势和程度有一定差异。由于偏酸性地表水的淋溶作用,矿化地段表层疏松沉积物与下部基岩相比,成矿元素及相关指示元素普遍贫化,除 Ag、Zn 在腐殖层中高于残积层外,其元素含量均为基岩 > 残积层 > 腐殖层。贫化系数:Pb 为 0.05 ~ 0.19 ;Zn 为 0.11 ~ 0.15 ;Ag 为 0.18 ~ 0.95 ;Au 为 0.39 ~ 0.57。背景地段和矿化地段残坡积层中元素分散模式的这种差异,导致背景地段元素含量增高,而矿化地段残坡积物中元素含量降低,致使土壤地球化学异常衬度减弱,这是

森林沼泽区影响土壤测量效果的因素之一。

### 3.2 矿化异常水系元素迁移分散

据得尔布尔铅锌矿水系沉积物测量方法试验剖面数据粗略估算,靠近矿体的水系碎屑沉积物 Pb、Zn、Ag、As 等元素含量大体相当于相关矿体或矿化岩石的 24%、26%、22%、20%。迁移搬运过程中元素在水系碎屑沉积物中的含量不断衰减,变化梯度较大,次生分散规律性明显,元素之间的相关关系和元素存在形式也得到一定程度的继承。水系碎屑沉积物测量异常的流长可达 2 000 m。

### 3.3 元素在两类水系沉积物中的分布分配

由于元素存在形式及地球化学行为的差异,导致 2 组元素富集于不同采样介质中:Pb、Zn、Mn、As、Sb、W、Mo、Au 和部分 Ag 富集于水系碎屑沉积物,Ag、Cu 和部分 Au、Zn、Hg 富集于水系泥炭沉积物。

## 4 有机质对化探异常的影响

试验资料表明,有机质对金属元素携带、吸附、络合,使介质元素背景含量增高,可以形成较高含量地球化学异常,图 2 是太平川试验区水系沉积物测量次生富集异常的一个实例。该类次生富集异常的特点是:①同一采样点泥炭和 -60 目富含有机质的细粒样品元素含量高,而粗粒水系沉积物样品元素含量低;②不同元素高含量点的空间位置不同;③据物相分析资料,该类次生富集异常元素存在形式主要为元素活动态形式;④运用“漂洗法”采样可以

消除有机质吸附所产生的影响。有机质对金属元素的富集作用还会使异常含量、元素组合、相关关系和异常结构发生歧变,浓集中心发生较大偏移,对地球化学异常形成干扰,增加异常评价和异常查证难度。

## 5 采样介质

矿化地段水系沉积物测量试验结果表明,以水系碎屑沉积物作为采样介质获得的异常信息明显,元素分散规律性强,变化梯度明显,对成矿地段(主要是浅部矿体)有较好指示作用。因此,水系碎屑沉积物是森林沼泽区中比例尺地球化学测量最佳采样介质。以水系泥炭沉积物作为采样介质,矿化地段虽有异常显示,但异常范围宽,变化梯度小,浓集中心不明显,异常结构发生畸变,异常中心发生偏移。因此,森林沼泽区中比例尺化探应该尽量避免采集泥炭沉积物。

沟谷坡积物代表沟谷两侧一定范围内的物源,对成矿地段有一定指示作用。在中比例尺工作阶段,当无法采集水系沉积物时,沟谷坡积物可以作为第二采样介质。

## 6 采样粒度

据 4 个试验区 34 个测点 135 件水系沉积物测量样品试验结果,Pb、As、Sb、Mn、Mo(及 Au、Ag、Zn)等元素主要富集于 -4 ~ +60 目、-10 ~ +60 目粒级(概率为 46% ~ 71%)。矿化地段异常显示良好,对确定成矿地段有明显指示作用,可以作为该类地区最佳采样粒度。鉴于 1:5 万化探工作面积较小,勘查目标和矿种比较明确,其采样粒度可以针对测区的具体情况制定。寻找铅锌、金、钨、钼等矿床可以选择 -4 ~ +60 目或 -10 ~ +60 目作为采样粒度,以铜、银、锌、汞矿床为主要勘查目标的测区粒度可以适当放细,勘查目标矿种不明确或包含上述两类矿床时,可同时取 -4 ~ +60 目和 -60 目 2 种粒级,分析相应的指示元素(表 3)。

据测试结果,部分样品 Au、Ag、As、Sb、Pb、Zn、Cu 等元素富集于 -60 目粒级水系沉积物,有时还出现高含量点。物相分析显示其存在形式为复合相 Au、氧化物相、Pb-Zn 结合相等形式。虽然这部分样品数量较少,不能作为代表性粒级,但有时会提供重要的找矿信息,在异常查证中应给予足够重视。1:5 万沟谷坡积物测量试验结果表明,指示元素多富集于碎屑层顶部。富集粒度:-4 ~ +60 目或 -10 ~ +60 目。

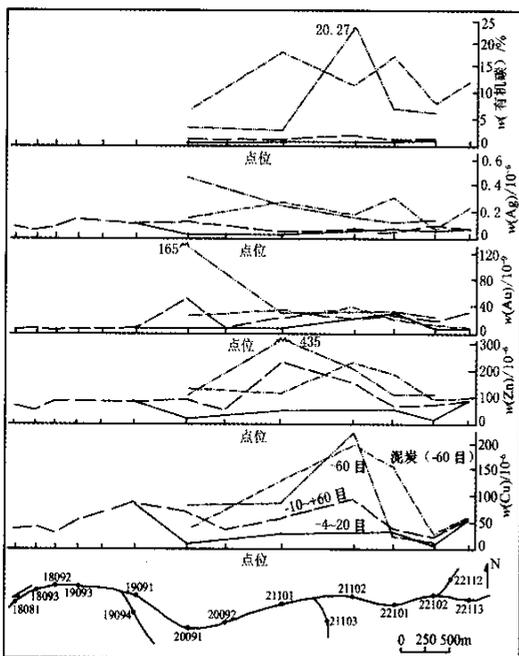


图 2 万寿数据异常区水系沉积物测量试验剖面

表3 水系沉积物测量采样粒度试验代表性结果

测区	点号	位置	粒度/目	Au	Ag	As	Pb	Zn	Mn	有机碳
莫尔道嘎 金矿	48861	近矿	-4 ~ +20	29	0.08	4.7	17	35	202	1.96
			-40 ~ +60	15	0.16	6.8	30	148	253	2.30
			-40 ~ +60	21	0.22	7.8	54	120	340	4.56
			-60 ~ +80	19	0.19	10	41	194	403	6.10
			-60 ~ +80	28	0.2	12	50	160	494	6.75
48863	近矿	-20 ~ +60	57	0.29	19	20	36	713		
		-60	9.5	0.33	16	13	59	571		
得尔布尔 铅锌矿区	47492	近矿	-4 ~ +20	45	1.8	21	235	717	4170	11.43
			-20 ~ +40	38	1.8	24	300	838	5710	9.48
			-40 ~ +60	78	1.7	20	293	814	4030	8.91
			-60 ~ +80	38	2.0	17	228	792	2840	10.30
			-80	106	2.4	11	215	744	1930	11.26
47493	近矿	-4 ~ +20	64	1.0	48	1240	1200	1.43%	1.03	
		-20 ~ +60	44	1.3	13	910	1050	9870	3.09	
		-60	41	1.0	24	355	746	2950	5.06	

注  $\mu(\text{Au})/10^{-9}$   $\mu(\text{有机碳})/\%$   $\mu(\text{其它})/10^{-6}$  ;分析单位 :有色金属西北矿产地质测试中心。

## 7 采样方法

为了消除有机质影响,研制了适用于该类地区水系沉积物测量的“漂洗采样法”。试验结果表明,样品经过漂洗,有机碳含量明显降低,与成矿有关的部分信息得到增强。有些样品经过漂洗,虽然样品中与有机质结合的金属元素被去除,元素总量有所降低,但仍保留较强的有效信息。漂洗采样法操作简便易行,并可以针对不同矿种、矿床类型、介质成分和元素在存形式上的差异,在操作上适当掌握漂洗程度,优化找矿效果。

## 8 森林沼泽区 1: 5 万化探方法

森林沼泽区 1: 5 万化探采用以水系沉积物测量为主、沟谷坡积物测量为辅的基本工作方法。沿 I ~ II 级水系、沟谷布点,采样部位是径流水系、缓流水系、滞留水系、季节性干沟、掩埋型干沟。采样介质为水系碎屑沉积物样品,使用漂洗法采样,尽量去除泥炭和腐泥。采样粒度可以根据工作区基岩种类、主攻矿种、自然景观等因素,选择 -4 ~ +60 目、-10 ~ +60 目和 -20 ~ +60 目等粒级,也可以通过试验确定;采样密度(3 ~ 5)点/km<sup>2</sup>。沟谷坡积物测量采样部位是沟谷底部,采用剖面式多点采样法。采样时应穿过腐殖层,取碎屑层顶部样品。采样粒度可选择 -4 ~ +60 目、-10 ~ +60 目等粒级,也可以通过试验确定。采样密度(4 ~ 6)点/km<sup>2</sup>。

## 9 大比例尺地球化学测量

大比例尺地球化学测量采集残积层土壤、岩屑样品,采样粒度 -10 ~ +60 目。应该注意选择合适的采样部位,采集能够代表测点附近基岩组分的样

品,并注意采样层位和采样介质的一致性。在倒石堆、石海、石流坡发育地段,可以采集岩块之间的细粒物质。在冻土发育地段或运积物覆盖地段,应加大采样深度,必要时使用采样钻。

## 10 结论

(1)森林沼泽区同时存在着碎屑介质和表生介质系列。前者形成碎屑异常,主要反映介质物源原生状态下的地质特征和地球化学特征;后者形成生物成因异常和水成异常,反映介质物源表生状态下的地质特征和地球化学特征。

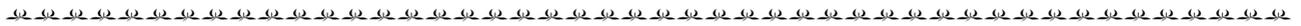
(2)森林沼泽区采样介质中元素有继承原生状态下的矿物相形式和表生条件下形成的元素活动态形式。硫化物相、氧化物相、自然金等矿物相形式是来自矿体的直接信息,对浅部矿体有明显指示作用;元素活动态形式是具有远程指示作用的间接找矿信息,有可能指示隐伏矿体,但由于其成因复杂,需要根据元素不同相态含量、元素间相关关系、异常所处景观环境和地质条件等对异常进行综合评价。

(3)森林沼泽区景观条件复杂,影响因素众多。正确选择采样部位、采样介质和采样粒度是矿产资源地球化学勘查取得成效的关键。通过试验研究确定,水系碎屑沉积物是该类地区 1: 5 万化探最佳采样介质,对于多数元素来说 -4 ~ +60 目或 -10 ~ +60 目为最佳采样粒级,宽缓沟谷中具有常年流水的主流水系是最佳采样部位。无法采集到水系沉积物的地段,可以取沟谷坡积物样品。泥炭是森林沼泽区常见介质,由于富含有机质、吸附性强,经常使化探异常隐含众多干扰信息,致使异常结构发生歧变。工作中运用“漂洗法”采样可以有效消除有

**Abstract** : Stream sediment survey with density of 1 sample /km<sup>2</sup> led to the delineation of a Pt ,Pd , Au geochemical anomaly belt in Sujiaying -Zejiaping area. The distribution of Pt was completely coincident with the Pd and Au anomalies which are obviously controlled by NNW- or NS-trending structures. It is inferred from the size and intensity of Pt ,Pd and Au anomalies that some PGE deposits may occur in Sujiaying-Zejiaping area.

**Key words** : geochemical characteristics of Pt ,Pd anomaly ;Xianglushan ;Guizhou Province

作者简介:成杭新(1964 - )男,博士,教授级高工。地球探与信息技术专业,主要从事勘查地球化学和环境地球化学的研究工作。



上接 434 页

机质影响。

(4)1: 20 万区域化探、1: 5 普查化探、大比例尺化探是矿产资源地球化学勘查不可逾越的 3 个工作阶段。每个阶段既有其特定的目标任务、工作内容和 工作方法,又有其互相关联、互相影响的一面。只有在总体目标的指导下,制定好每个阶段的任务、内容和方法,特别要重视不同工作阶段方法技术、工作内容和资料的衔接,才能逐步缩小靶区,使找矿工作不断深入,获得预期的勘查成果。

项目实施过程中得到中国地质调查局牟绪赞教授级高工、奚小环教授级高工、肖桂义高工、物化探研究所任天祥教授级高工和西北有色地质研究院龚美菱教授级高工的帮助和指导,谨致诚挚谢意。

参考文献:

- [ 1 ] 龚美菱. 相态分析与地质找矿[ M ]. 北京:地质出版社,1994.
- [ 2 ] 金浚,龚美菱. 元素有效相态提取与活动态组分探测技术应用研究[ J ]. 有色金属矿产与勘查,1999 ( 5 ) 289 ~ 294.
- [ 3 ] 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 ( 4 ) 50 - 55.
- [ 4 ] 任天祥,伍宗华,姜荣生. 区域化探异常筛选与查证的方法技术[ M ]. 北京:地质出版社,1998.
- [ 5 ] 汪明启,刘应汉,任天祥,等. 中国东北大兴安岭森林沼泽区永冻条件下多金属矿床周围元素表生分散规律和区域地球化学勘查方法研究[ A ]. 第 30 届国际地质大会论文集[ C ]. 北京:地质出版社,1998,182 ~ 195.
- [ 6 ] 王学求,卢荫麻,程志中,等. 金属活动态测量的理论与方法——走向 21 世纪矿产勘查地球化学[ M ]. 北京:地质出版社,1999.

## GEOCHEMICAL MINERAL EXPLORATION IN FOREST-SWAMP AREAS

JIN Jun ,DING Ru-fu ,CHEN Wei-ming

( Beijing Institute of Geology for Mineral Resource Beijing 100012 ,China )

**Abstract** : Based on investigation of landscape characteristics and test of middle-large scale geochemical exploration methods in forest-swamp areas within Northeast China , the authors studied some theories and methods for ore prospecting , such as characteristics of landscape geochemistry , modes of occurrence of elements and mechanism and factors affecting their migration and concentration , and media , granularity and methods for sampling. Some regularities governing secondary geochemical dispersion and enrichment are summarized , and some geochemical exploration methods are suggested for this area.

**Key words** : forest-swamp landscape ; mode of occurrence of elements ; mechanism of element migration and concentration ; geochemical exploration method

作者简介:金浚(1944 - )男,1967年毕业于中国科学技术大学,教授级高级工程师,长期从事矿产资源地球化学勘查研究工作。

万方数据